



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

Nota Técnica nº 15/2020/CTBio/DIBIO/GABIN

Vitória-ES, 31 agosto de 2020

Assunto: 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.

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;
Defensorias Públicas,
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 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 monitorar 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 Antepaia 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

26/09/2017 - 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 (RRDM) 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. A referida análise apresenta a seguinte conclusão:

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.

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.

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 ao CIF visando adequado cumprimento integral da Cláusula 165 do TTAC. Na referida Nota Técnica são apresentadas as seguintes conclusões:

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 apresente 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 apresente 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 todas as sinonímias presentes em relatórios e planilhas de dados brutos), coordenadas atuais, coordenadas antigas (em caso de alteração).

4. FUNDAMENTAÇÃO/ANÁLISE TÉCNICA/PARECER

4.1 Objetivos

A presente Nota Técnica tem por finalidade apresentar ao Comitê Interfederativo - CIF uma avaliação do Relatório Anual (2018/2019) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, elaborado pela Rede Rio Doce Mar - RRDM, FEST/UFES e entregue pela Fundação Renova em 19/11/2019 - OF.NII.112019.8380.

Esta avaliação traz principalmente:

- Verificação da aderência dos dados apresentados no Relatório Anual com o Termo de Referência - TR 4 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 indicativos e direcionamentos quanto aos impactos do desastre da SAMARCO na biodiversidade e seus habitats estudados;

O Relatório Anual é composto por um conjunto de relatórios técnicos organizados em 17 relatórios individualizados (RT-16 RRDM/NOV19 a RT-32 RRDM/NOV19).

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. A saber:

RT-16: Sumário Executivo

RT-17: Anexo 1 – Ecotoxicologia

RT-18: Anexo 3 – Análise abiótica e biótica no Ambiente Dulcícola

RT-19: Anexo 3 - Análise abiótica e biótica no Ambiente Marinho

RT-20: Anexo 4 - Praias

RT-21: Anexo 5 - Manguezal

RT-22: Anexo 5 - Restinga

RT-23: Anexo 6 - Megafauna

RT-24: Anexo 7 - Ictiofauna Dulcícola

RT-25: Anexo 7 - Ictiofauna Marinha

RT-26: Anexo 8 – Sedimentação em Abrolhos

RT-27: Integração Abiótica dos Ambientes

RT-28: Integração a partir de Índices Ecotoxicológicos

RT-29: Integração da Biodiversidade do Ambiente Dulcícola

RT-30: Integração da Biodiversidade do Ambiente Marinho

RT-31: Integração da Biodiversidade da Zona Costeira

RT-32: Integração nas Unidades de Conservação

Apêndices: Protocolo de Amostragem e Protocolo de Análise em laboratório.

4.2 Considerações da CTBIO sobre as informações apresentadas no Relatório Técnico

Diante desta análise, a CTBIO entende que o Relatório Anual do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - PMBA, atende o estabelecido no Termo de Referência 4 e suas alterações, bem como o Plano de Trabalho apresentado.

Este primeiro ano de monitoramento, extenso e intenso, será a linha de base, necessária para com a continuidade do monitoramento. Permite identificar os impactos agudos e crônicos devidamente relatados na sequência e resumidos na conclusão desta nota técnica.

Medidas de compensação não foram analisadas no âmbito desta nota técnica e não estão devidamente previstas no TTAC, havendo necessidade de manifestações específicas.

Entendeu este Grupo de Análise pela necessidade de uma outra dinâmica de acompanhamento, que não sejam apenas os extensos relatórios anuais, que levam meses para serem analisados, e quando o são, já estão com informações defasadas, como é o caso agora, já recebendo um relatório Semestral. Neste contexto se enquadra a necessidade de concretização do banco de dados e informações previsto no TR4 para o acompanhamento temporal mais efetivo. Tais alterações e proposições virão no bojo da discussão de revisão do TR4, previsto para acontecer a partir de agosto de 2020.

A metodologia de vários relatórios por ano, extensos e complexos, agravados pelo envio extemporâneo de vários documentos de revisão dos relatórios encaminhados pela Fundação Renova, geraram dificuldades para as equipes que analisaram e elaboraram esta nota técnica.

4.2.1 - RT-16: Sumário Executivo

Apresenta de uma forma esquemática como foram conduzidos os estudos, de acordo com os anexos do Termo de Referência - TR-4 e subdivididos em projetos, porém foram apresentados integrados por anexos e finalmente integrados por ambientes, dulcícolas, costeiros e marinhos.

Em síntese, observou-se uma resposta direta da biota às forçantes físicas e químicas dos ambientes, bem como a variabilidade temporal e espacial de índices e indicadores de impacto que apontam para a qualidade do ambiente.

As regiões da Foz do Rio Doce, Baixo Rio Doce próximo à foz e a porção da plataforma interna da APA Costa das Algas e Revis de Santa Cruz, foram apontadas como os principais hotspots de impacto associados aos rejeitos de minério, baseado em indicadores abióticos, bióticos e toxicidade (bioacumulação e biomarcadores).

Os critérios para a análise de indicadores e de interpretação quanto às condições ambientais, foram definidos com base na comparação com dados pré rompimento da barragem, dados pré Programa de Monitoramento da Biota Aquática na porção Capixaba, valores de referência na legislação brasileira ou internacional, comparação com dados de literatura específica e distribuição espacial durante o PMBA.

4.2.2 - RT 17: Anexo 1 – Ecotoxicologia

O Anexo 1 encontra-se subdividido em 06 subprojetos - Ambiente Dulcícola, Marinho, Praia, Manguezal, Microbiota e Aves.

Destaca-se que a análise do subprojeto de Microbiota não ocorreu devido a insuficiência de corpo técnico especialista na CTBIO no período destinado à análise.

4.2.2.1 - Análise dos Subprojetos Ambiente Dulcícola e Ambiente Marinho

4.2.2.1.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Em relação à malha amostral: Cumprida Esta foi reajustada mediante alinhamentos que constam na Nota Técnica nº

8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio (22/03/2019) e foram cumpridas as análises das estações amostrais conforme ajustado;

Em relação à periodicidade: Cumprida. Foi realizada a periodicidade semestral, campanhas de período chuvoso e período seco.

Em relação à Metodologia: Parcialmente cumprida. Alguns estudos propostos pelo TR4 não foram realizados e as justificativas no relatório não abrangem todos os estudos que ficaram sem resultado. Essa questão foi assinalada dentro do item “Encaminhamentos de alterações ou complementações” e deve ser corrigida no próximo relatório.

Em relação aos Resultados: os resultados alcançados encontram-se aderidos aos objetivos propostos pelo TR4, entretanto, alguns processos de análise de dados e construção de informações, principalmente as que envolvem a integração com dados pretéritos, necessitam de ajustes. Alguns apontamentos foram realizados no item de Análise Geral. Solicita-se que seja revisto o formato de apresentação das informações para o próximo relatório anual, de forma que se busque um formato mais objetivo e assertivo. Pois, no formato apresentado, muitas vezes o texto extenso e numerosas tabelas e gráficos dificultaram a compreensão das informações.

4.2.2.1.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Análise Físico-Química da Água:

No Subprojeto do Ambiente Dulcícola, ao tratar dos resultados químicos, é concluído que *“Todos os parâmetros químicos mensurados (COD, sulfato, alcalinidade e composição iônica) na água das estações dulcícolas estão de acordo com o estabelecido na resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, para águas doces de Classe 2”*. **Encaminhamento:** Solicita-se que seja revista essa conclusão, pois, dentre as variáveis mencionadas, a legislação em questão apresenta limites apenas para sulfato e COT especificamente em água salobra e salina. Os demais parâmetros analisados não apresentam suporte na norma utilizada.

Foi relatado no texto do Subprojeto do Ambiente Dulcícola que o modelo de multiparâmetro utilizado para aferir parâmetros físicos na água não previa a medida de salinidade e foi justificado que a condutividade elétrica é uma medida equivalente à salinidade e por essa razão não há prejuízo à análise. **Encaminhamento:** Entende-se que a salinidade pode influenciar no parâmetro condutividade elétrica, contudo, esse não poder ser visto como medida equivalente de salinidade, desta forma solicita-se que essa justificativa não conste em documentos futuros. Além disso a equipe técnica entende que a ausência deste parâmetro para o meio dulcícola não traz prejuízo à análise.

No Subprojeto do Ambiente Marinho foi relatada a ausência de dados físicos para todas as estações amostrais na 1ª Campanha devido problemas com o cabo do CTD. Nesse mesmo subprojeto verificou-se que os resultados de Oxigênio Dissolvido (OD) quantificado na 2ª Campanha (Janeiro/2019) está na unidade de porcentagem (%) - saturação. **Encaminhamentos:** 1) Solicita-se que não conformidades como problemas no cabo do CTD seja prontamente restabelecida para que não sejam afetadas as interpretações dos resultados do PMBA. 2) Em relação à expressão do resultado de OD da 2ª Campanha solicita-se que seja alterada, em documentos futuros, a unidade para mg/L para facilitar a comparação com a legislação pertinente (Resolução CONAMA nº 357/2005).

No Subprojeto do Ambiente Marinho, na Página nº 346 conclui-se que: *“O Mn na fração total apresentou resultado semelhante, com muitas estações apresentando valores significativamente maiores (VIX1, CA1, CA4, DEG1, DEG2, FRD6, ABR1), sendo a estação FRD6 a que apresentou maior diferença/efeito (Figura 159h)”*, solicita-se que seja verificado o resultado da estação FRD10, pois parece ter apresentado diferença ainda maior que a FRD6, bem como verificar que a estação em Abrolhos que apresentou valor significativamente maior foi ABR04 e não ABR01. **Encaminhamento:** Ajustar no próximo Relatório Anual do PMBA,.

A compreensão quanto ao cenário real da sazonalidade nas campanhas executadas foi prejudicada pela falta de dados, por exemplo, de precipitação. **Encaminhamento:** Para aperfeiçoar o processo de construção das informações e auxiliar o entendimento quanto ao comportamento do ambiente, solicita-se que os próximos documentos de análise de dados contemplem os dados de precipitação, uma vez que é de conhecimento a relação entre o aumento da pluviosidade e o consequente aumento da disponibilidade de contaminantes no recurso hídrico.

Análise Físico-Química do Sedimento:

No Subprojeto do Ambiente Dulcícola, na Figura nº 50 verifica-se que o gráfico do Manganês Total da estação Rio Doce Foz está invertida com a do Cromo Total da mesma estação. **Encaminhamentos:** para seguir o mesmo padrão das demais estações e facilitar a visualização solicita-se adequar a posição dos gráficos nos próximos relatórios .

No Subprojeto do Ambiente Marinho, verifica-se na Tabela nº 68 (Página nº 354) que algumas estações amostrais (VIX2; CA3; CA5 e FRD10) não apresentam resultados das análises de concentrações de metais no sedimento. O texto do relatório também não apresenta justificativa para a ausência desses dados. **Encaminhamentos:** Verificar e corrigir no próximo Relatório Anual do PMBA, a inconsistência ou esclarecer o motivo da ausência de amostras para essas estações amostrais.

Coleta de Organismos para Análise de Bioacumulação e Biomarcadores:

No Subprojeto do Ambiente Dulcícola, em relação aos estudos de larvas de quironomídeos e girinos de anfíbios foi esclarecido no texto do relatório sobre a dificuldade de coleta destes organismos na 1ª Campanha (Setembro/2018) devido a baixa abundância. Já na 2ª Campanha (Janeiro/2019) o relatório foi claro em informar sobre o sucesso de coleta das larvas de quironomídeos, inclusive foi possível verificar os dados de análise no tópico de resultados, todavia, para os girinos de anfíbios, apesar de na página nº 139 relatar que foi possível amostrar quantidades suficientes para a realização das análises, o item de resultados não traz as informações desse grupo.

Encaminhamentos: Solicita-se esclarecimentos a respeito dos resultados deste grupo e sugere-se para a revisão do TR4 que seja

reavaliada a indicação específica desse grupo para análise, uma vez que a abundância é um fator importante quando se trata da escolha de um biomonitor.

Para o Subprojeto do Ambiente Marinho não foram coletados poliquetas e molusco devido à dificuldade metodológica durante a coleta e triagem minuciosa do sedimento nas condições de embarcação. **Encaminhamentos:** sugere-se para a revisão do TR4 que seja reavaliada a indicação específica desse grupo para análise, uma vez que a abundância é um fator importante quando se trata da escolha de um biomonitor.

Bioacumulação de Metais:

Dentro do Subprojeto do Ambiente Dulcícola, em relação à comunidade planctônica, em ambas as campanhas verificou-se que para algumas estações amostrais (LLI, LJA e RDF) não foi possível coletar a quantidade de *pools* determinados pelo TR4 (05 *pools*). **Encaminhamentos:** Solicita-se que, no próximo Relatório Anual do PMBA, seja esclarecido no texto as possíveis implicações de prejuízo na comparação com as demais estações amostrais em que foram possíveis coletar a quantidade indicada.

Dentro do Subprojeto do Ambiente Dulcícola, foi realizada comparação de níveis de metais acumulados nos organismos planctônicos (fitoplâncton e zooplâncton) coletados nas campanhas do PMBA com valores pretéritos à chegada da lama obtidos para o zooplâncton coletado na costa. Entende-se que esse procedimento fragiliza a interpretação dos dados, por exemplo, a interpretação dos níveis de Cd, descritos na Página nº 226: “*Os níveis de Cd destacaram-se no fitoplâncton ($1,461 \pm 0,147$ mg/kg peso úmido) e no zooplâncton ($0,440 \pm 0,145$ mg/kg peso úmido) amostrados em RDR na campanha 1 (Figura 71). Todos os valores de Cd encontrados no fitoplâncton e no zooplâncton estão acima ou igual ao valor mensurado em momento pretérito ao rompimento da barragem ($0,0011$ mg/kg peso úmido) (Tabela 17).*” não parece adequado. **Encaminhamentos:** Buscando consistência e segurança nas afirmações sugere-se que os dados pretéritos sejam utilizados apenas para comparação com organismos de mesmo grupo funcional e de mesmo ambiente. Sugere-se ainda que, quando os dados pretéritos forem inexistentes, essa situação seja informada no texto do relatório e que se realize apenas uma comparação espacial e temporal dentro das campanhas realizadas pelo PMBA; e que este 01 ano de monitoramento seja utilizado como baseline.

Dados de crustáceos e peixes foram comparados com valores máximos pretéritos de ambientes denominados no texto como “reconhecidamente contaminados por metais”, todavia, os estudos foram apenas citados em forma de bibliografia, sem adicionar mais elementos que subsidiem uma comparação fundamentada. **Encaminhamentos:** Para não condicionar obrigatoriamente a interpretação da equipe técnica à leitura das bibliografias utilizadas na correlação com os dados do PMBA solicita-se que nos próximos relatórios sejam informados os elementos principais dos estudos (ex: área de estudo, n amostral...).

Os dados de bioacumulação em crustáceo e peixes são contrapostos com os limites preconizados pela RDC nº 42 da ANVISA. **Encaminhamentos:** Como o objetivo da CTBIO é atuar no que concerne à preservação e conservação da biodiversidade e não sobre a área de saúde humana, sugere-se que os próximos relatórios não contemplem somente os resultados da correlação com os limites da ANVISA mas também a análise biológica e ecológica.

Biomarcadores de Exposição e Efeito:

Segundo a lista de biomarcadores analisados, Quadro 15 (Página nº 149), consta que para zooplâncton foi analisada a composição iônica corporal, contudo não foi identificada a descrição dos resultados; para larvas de quironomídeos foi informado que as amostras encontram-se em análise (pg 285) e para camarão também não foram localizados os resultados desse biomarcador. **Encaminhamentos:** Esclarecer sobre os resultados desse biomarcador e descrever no próximo relatório anual.

Dano de DNA: foram realizadas as análises de sítio AP e Micronúcleo. Quanto ao MN na hemolinfa de crustáceos, essa análise foi comprometida pelas dificuldades enfrentadas em campo no processamento das lâminas, que apresentaram um baixo nº de hemócitos e comprometimento da integridade estrutural destas células. **Encaminhamentos:** como essa análise de MN na hemolinfa de crustáceos apresentou inconsistência, sugere-se que seja revista a sua manutenção na continuidade do monitoramento.

Biomarcadores de desregulação endócrina: vitelogenina e proteínas da zona radiata. Foi informado (Página nº 155) no item de metodologia que foram realizadas análises de vitelogenina e proteína da zona radiata em amostra de plasma sanguíneo de peixes. No item de resultados são apresentadas as concentrações de vitelogenina, todavia, o texto não apresenta uma explicação sobre o que essas concentrações representam. Quanto aos resultados de proteína da zona radiata, esse não foi identificado nas tabelas de resultados apresentadas e nem no decorrer do texto do item de biomarcadores. **Encaminhamentos:** No próximo relatório, esclarecer os resultados de vitelogenina; esclarecer sobre a efetividade desse biomarcador para o monitoramento; esclarecer se foi realizada uma integração destes dados com os estudos populacionais de peixes; e esclarecer se foram quantificadas as proteínas da zona radiata. Ressalta-se que foi solicitado no Workshop de Alinhamento do Plano de Trabalho e aprovado pela CTBIO que as análises de biomarcadores de desregulação endócrina fossem realizados a posteriori desse 1 ano de monitoramento, através de um planejamento amostral específico e adequado, caso os resultados das avaliações dos estudos populacionais em peixes detectassem impactos negativos na reprodução das populações destes. Desta forma, solicita-se esclarecimento sobre a razão de não ter sido realizado um Plano de Trabalho específico para esse estudo conforme acordado.

De forma geral verificou-se, dentro do universo de biomarcadores analisados, que os mais responsivos foram a peroxidação lipídica (LPO), a metalotioneína (MT), dano ao DNA (sítio AP) e alterações morfológicas. **Encaminhamentos:** Sugere-se para a revisão do TR4 que seja realizada uma análise dos biomarcadores que foram mais eficientes para serem mantidos nos próximos anos do PMBA, de

forma a buscar uma resposta mais concisa e determinante.

Existem tabelas com algumas inconsistências, têm valores descritos sem o desvio ou erro padrão, por exemplo, Tabela nº 47 (Página nº 293). Também foi possível verificar estações que não apresentaram resultados para determinados biomarcadores devido a falta de amostra. **Encaminhamentos:** No próximo relatório, revisar as tabelas com os resultados de biomarcadores e esclarecer quanto ao motivo de não ter sido obtida amostra suficiente para a análise, justificar por exemplo, se a metodologia proposta no TR4 está com alguma inconformidade em relação ao volume de amostra a ser coletado.

Ensaio Ecotoxicológicos Normatizados:

O TR4 solicitou a análise específica com *Danio rerio* para investigar efeitos sobre os ovos, embriões e larvas, todavia foi solicitada a eliminação destes ensaios pela RRDM, que justificou a inviabilidade de coleta, armazenamento, conservação e transporte de quantidades de amostras necessárias para análise, e a supressão desses estudos foram deferidos na NT 08/2019 da CTBIO. **Encaminhamentos:** Para controle sobre o Plano de Trabalho aprovado por esta CTBIO e suas alterações, solicita-se que sejam evidenciadas essas circunstâncias, em que se executa escopo diferente do acordado para que o histórico das decisões da CTBIO fiquem devidamente registrados e estejam claras para os executores e supervisores do PMBA.

Foi possível verificar a partir dos resultados que alguns dos ensaios realizados apresentaram-se inconclusivos ou pouco responsivos, com é o caso por exemplo dos ensaios com o embrião e o adulto de *Danio rerio* (apenas a larva apresentou sensibilidade), bem como os ensaios com microalgas e outros. **Encaminhamentos:** Avaliar quais os ensaios mais representativos a serem mantidos na revisão do TR4 a fim de buscar respostas mais direcionadas e conclusivas às perguntas a serem respondidas.

Na Página nº 845 é informado “No caso do setor APA, é importante considerar a presença de atividades sabidamente poluidoras no entorno dele, como a presença do estaleiro Jurong, do Portocel e da fábrica de celulose Suzano AS. Assim, não há como afirmar se o impacto neste setor vem do rompimento da barragem do Fundão ou de outras fontes.” **Encaminhamento:** Ressalta-se que nos processos de licenciamento dos empreendimentos supracitados há dados de estudos do ambiente abiótico e ecotoxicológicos, desta forma, sugere-se para os próximos relatórios, utilizar esses dados para fins de correlação e melhor entendimento do ambiente para os próximos documentos.

4.2.2.1.3 - Análise Geral

Ambiente Dulcícola

Em relação à matriz água: dos parâmetros físico-químicos analisados, e cujos padrões encontram-se definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, verifica-se apenas que a variável Oxigênio Dissolvido (OD) apresentou valor abaixo do preconizado (5,0 mg/L) na estação da Lagoa Monsarás (LMO), em ambas as campanhas. Possivelmente essa condição é em detrimento da característica local, que apresenta entrada de água marinha na lagoa, assim, o aumento de salinidade promove a diminuição da solubilidade de oxigênio. Quanto aos metais analisados, os resultados indicam que a Lagoa Monsarás é uma das estações que merecem atenção, pois metais como Cádmio Total e Manganês Total apresentaram valores acima do preconizado pela legislação. As estações amostrais da Lagoa Monsarás, Lagoa Nova e Lagoa do Areal, segundo o relatório, foram as mais representativas em relação à concentração de metais. O relatório indica ainda, por meio das análises estatísticas, que a sazonalidade contribuiu de forma significativa para a distribuição de alguns metais, na Campanha 1 (período seco) observou-se os valores mais elevados de Arsênio, Ferro e Zinco; e na Campanha 2 (período chuvoso) de Cádmio, Cromo e Cobre. Em comparação com dados pretéritos uma informação de destaque refere-se às concentrações de Ferro, Cromo e Manganês, cujas concentrações observadas nas campanhas encontram-se próximos aos valores encontrados anteriormente a passagem do rejeito.

Em relação à matriz sedimento, dos metais analisados que possuem limites definidos na Resolução CONAMA nº 454/2012 conclui-se que todos os metais apresentaram valores em conformidade com a legislação supracitada. Destaca-se que metais - chaves desse monitoramento como Ferro e Manganês não apresentam limites definidos na legislação e por essa razão precisam ser melhor comparados com dados pretéritos para proporcionar uma compreensão mais assertiva de seu impacto no ambiente. Além disso, análises estatísticas evidenciaram de forma geral, concentrações de metais mais elevadas na estação no rio Doce em Linhares indicando uma área hotspot. Comparação com dados pretéritos, indicaram um aumento nas concentrações de Cromo e Manganês, principalmente na região do rio Doce em Linhares e um decréscimo de Ferro ao longo do tempo em toda a malha amostral.

Em relação ao resultado da análise de ecotoxicidade nas matrizes água e sedimento (ensaios normatizados) verificou-se de forma geral que o sedimento das estações do rio Baixo Guandu e da foz do rio Doce apresentaram toxicidade mais acentuada do que a água. Também observou-se que o efeito tóxico predominante foi crônico, e o organismo mais sensível foi o microcrustáceo *Daphnia magna*, isso significa que as concentrações mais baixas das amostras de água e elutriato de sedimento foram capazes de promover um decréscimo significativo no número de neonatos (efeito sobre a reprodução). Destaca-se ainda que nesse organismo foi possível verificar efeito agudo (sobrevivência) quando estes foram expostos ao elutriato de sedimento da estação amostral no rio Doce em Linhares. Outro organismo que evidenciou toxicidade aguda foi a larva do peixe *Danio rerio* em amostras de elutriato de sedimento do rio Baixo Guandu e do rio Doce na Foz. Segundo análises estatísticas, foi possível observar correlação da toxicidade na água com elementos como Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo e Arsênio no ponto amostral da foz do rio Doce na campanha do período seco (Campanha 1). Destaca-se também que a análise desses estudos levou em consideração dados pretéritos, que corroboraram com o resultado encontrado, indicando predomínio de efeito tóxico crônico em dafnídeo. Cabe ressaltar que ensaios com microalga foram descartados por apresentar inconsistências na determinação da toxicidade;

Em relação à concentração de metais na biota aquática, os resultados indicam: **(a) em organismos da base da cadeia trófica** (zooplâncton) que os níveis de alguns metais estão mais elevados em relação às amostras coletadas antes do rejeito chegar. Destacam-se: o Arsênio nas estações amostrais no rio Doce em Regência e na Foz e nas Lagoas do Areão e Monsarás principalmente na campanha 2 (período chuvoso); Cádmio, Cobre, Chumbo, Ferro, Mercúrio apresentaram concentrações acima da média dos dados pretéritos à chegada do rejeito na maioria das estações amostrais, dentre esses metais alguns apresentaram comportamento mais elevado no período seco e outros no período chuvoso, ou seja, não se verificou um comportamento sazonal único para todos os metais mensurados. Destaca-se que a concentração de Manganês na maioria das estações amostrais esteve abaixo da média dos dados pretéritos à chegada do rejeito. **(b) em camarões** a bioacumulação avaliada em diferentes tecidos (brânquia, hepatopâncreas e músculo) evidenciaram um padrão semelhante entre si. Destaca-se que para esse grupo não há dados pretéritos antes da passagem de rejeito. De forma geral não se verificou um padrão de sazonalidade para a maioria dos metais bioacumulados, todavia, o mercúrio merece destaque com as concentrações mais elevadas no período seco (Campanha 1); e o Arsênio e Manganês no período chuvoso (Campanha 2). Outros pontos de destaques são: a bioacumulação de Ferro mais elevada nas estações mais próximas da foz do rio Doce; do mercúrio nas regiões das lagoas adjacentes ao rio Doce (principalmente na Lagoa Nova e Areão) e na estação do rio Doce em Linhares; e Arsênio e Cádmio bioacumulados em camarões da estação do rio Doce em Regência. **(c) em peixes** a bioacumulação também foi mensurada em diferentes tecidos. Os dados de bioacumulação para esses organismos também não foram comparados com dados pretéritos à chegada do rejeito no rio Doce, desta forma, não há uma compreensão específica do cenário antes e depois do impacto. Destaca-se que foi utilizada uma literatura de ambientes contaminados como norteadora, e essa comparação, segundo o relatório, evidenciam os metais Cádmio, Cromo, Cobre, Ferro e Zinco como discordantes das médias utilizadas como base. Outro ponto que merece destaque é a influência da sazonalidade na bioacumulação de metais nos tecidos dos peixes carnívoros, principalmente para o Arsênio e Manganês em relação ao período seco (Campanha 1) e Cádmio, Ferro e Zinco no período chuvoso (Campanha 2). O relatório também indica, pela análise estatística realizada, que as estações amostrais no rio Doce em Regência e nas Lagoas do Areal e Areão requerem atenção nas próximas campanhas.

Dentre os diversos biomarcadores analisados, de forma geral verificou-se que o biomarcador que evidencia a exposição dos organismos aos metais pesados, por meio da quantificação da proteína metalotioneína (MT) e o biomarcador que indica efeitos de dano oxidativo através da análise da peroxidação lipídica – LPO, foram os que apresentaram melhores respostas ao grupo de organismos analisados. Em organismo da base da cadeia trófica (plâncton) destaca-se que os efeitos foram mais elevados nas estações amostrais no rio Doce em Linhares, Regência e na Foz e que os efeitos foram, de forma geral, mais elevados no período seco (Campanha 1). Em relação ao camarão, os organismos coletados na Lagoa Monsarás, Lagoa Juparanã, Lagoa Nova e no rio Doce na Foz indicam efeitos mais elevados, principalmente na campanha 1, realizada no período seco. Nos peixes onívoros/herbívoros verificou efeito de dano oxidativo mais acentuado em fígado dos animais da Lagoa Juparanã e no rio Doce em Linhares, principalmente na campanha 1 (período seco) e indicou que esse grupo respondeu a maior exposição aos metais pesados (quantificação de metalotioneína) nas regiões do rio Doce em Linhares e na Foz e nas lagoas Areão e Monsarás. Com exceção da Lagoa Monsarás, os efeitos nos peixes onívoros/herbívoros foram mais elevados na campanha 1 (período seco). Quanto aos efeitos observados no grupo de peixes carnívoros, estes também indicam as estações amostrais no rio Doce Linhares e rio Doce Foz como pontos de atenção devida a maior concentração dos biomarcadores de efeito de dano oxidativo e de exposição aos metais pesados. Nesse grupo não se verifica um padrão sazonal bem definido. Destaca-se ainda que no grupo de peixes, o biomarcador de efeito oxidativo em proteínas (PCO – oxidação de proteínas carboniladas) no músculo desses organismos, apresentou boa resposta, indicando níveis mais elevados de oxidação de proteínas nos peixes carnívoros da Lagoa Juparanã e no rio Doce na Foz no período seco (campanha 1) e nas lagoas do Limão e Monsarás no período chuvoso (campanha 2). Outro biomarcador em peixes que também deve ser destacado, por apresentar boas respostas, é o de dano morfológico. Esse biomarcador indicou nos fígados dos peixes dulcícolas analisados frequentes lesões como necrose, congestão de vasos sanguíneos, alterações nucleares de hepatócitos e infiltrado inflamatório. Segundo dados do relatório, não se observou influência da sazonalidade nesses efeitos.

Ambiente Marinho

Em relação à matriz água, a análise dos parâmetros físico-químicos apenas foi possível na campanha 2 (período chuvoso) devido a um problema com o aparelho na campanha 1 (período seco). Desta forma, o único resultado obtido, realizado no período chuvoso, indicou que as variáveis físico-químicas encontram-se de acordo com os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Quanto aos metais analisados, os resultados indicam que alguns metais ultrapassaram o limite da legislação em algumas estações da malha amostral: Cobre Dissolvido nas regiões de Guarapari e Vitória no período seco (campanha 1); Mercúrio Total na maioria das estações amostrais no período seco (campanha 1), incluindo estações amostrais na região da APA Costa das Algas até Abrolhos; Ferro Dissolvido em várias estações amostrais no período seco, incluindo estações amostrais desde Guarapari até Abrolhos. Em relação às concentrações de Ferro, destaca-se que os valores mais elevados foram observados em dois pontos localizados na foz do rio Doce (FRD3 e FRD6) e em um ponto em Degredo (DEG1); e Manganês Total em uma estação amostral da foz do rio Doce (FRD10) e outra em Degredo (DEG2) no período chuvoso (campanha 2). Análise estatística foi realizada para verificar a influência da sazonalidade, e esta indicou que elementos como Arsênio, Cádmio, Manganês, Chumbo e Zinco apresentaram níveis mais elevados no período chuvoso (campanha 2), enquanto o Cobre, Ferro e Mercúrio foram mais elevados no período seco (campanha 1). Outro ponto de destaque é o resultado das análises estatísticas para avaliar a distribuição espacial dos metais analisados, que indicam padrões diferentes para cada metal, todavia, em uma perspectiva geral foram observados que metais como Cromo, Ferro e Manganês foram significativamente mais elevados nas estações amostrais próximas da Foz do rio Doce; e o Cobre foi mais elevados nas estações amostrais mais ao sul (região de Guarapari e Vitória). Em relação à comparação dos resultados desse monitoramento com dados pretéritos observou-se (a) a concentração da maioria dos metais na região próxima à Foz do Rio Doce, especialmente Cr, Fe e Mn, mostraram picos muito elevados logo após a chegada do rejeito

e diminuíram cerca de 1 ano após o evento; (b) Apesar da diminuição do nível de Ferro em relação aos dados pretéritos, esse continua com concentrações elevadas na localidade da Foz do rio Doce.

Em relação à matriz sedimento, dos metais analisados que possuem limites definidos na Resolução CONAMA nº 454/2012 conclui-se que todos os metais apresentaram valores em conformidade com a legislação supracitada. Quanto à análise espacial e temporal observou-se que as concentrações de alguns metais, como Arsênio, Cromo, Cobre, Ferro, Chumbo e Zinco foram mais elevadas no sedimento de pontos próximos à foz do rio Doce, e quanto a sazonalidade, verificou-se de forma geral que os níveis de metais no sedimento estão significativamente mais elevados no período chuvoso (campanha 2). Quanto à comparação com dados pretéritos, destaca-se que o Cromo continua apresentando concentrações mais elevadas do que o encontrado antes da chegada do rejeito, mesmo após 4 anos do evento, e para os demais metais analisados não foi possível uma correlação com dados pretéritos devido às diferenças metodológicas de processamento e análise de dados entre os estudos.

Em relação ao resultado da análise de ecotoxicidade nas matrizes água e sedimento (ensaios normatizados) verificou-se que o efeito tóxico predominante foi crônico, e o ensaio embrio-larval de ouriço (*Echinometra lucunter*) foi o mais sensível para amostras de água e elutriato de sedimento, já no sedimento bruto o ensaio com o copépoda *Nitokra* sp apresentou boa resposta. Ambos organismos indicaram toxicidade de todas as amostras coletadas em ambas as campanhas. Outros pontos de destaque são: (a) amostras de água e elutriato de sedimento da Revis de Santa Cruz mostraram toxicidade aguda com o bioindicador *Poecilia vivípara*; (b) ensaios com microalga foram descartados por apresentar inconsistências na determinação da toxicidade; (c) os ensaios revelaram maior toxicidade associada ao sedimento em comparação com a água; (d) de forma geral a sazonalidade não indicou um padrão temporal; (e) ao menos em uma das campanhas todas as estações amostrais foram classificadas como “moderadamente tóxica” à “tóxica”.

Em relação a concentração de metais na biota aquática: (a) em organismos da base da cadeia trófica, as análises estatísticas indicam que a sazonalidade leva a diferentes padrões de acumulação dos metais e o padrão espacial deve ser avaliado dentro de cada campanha. No fitoplâncton observou-se de forma geral picos de Cádmio e Manganês nos organismos coletados em Barra Nova na campanha do período seco (campanha 1), e picos de Cádmio e Ferro nas localidades mais ao sul, desde Guarapari até a Foz do rio Doce na campanha do período chuvoso (campanha 2). Análises de bioacumulação em zooplâncton indicaram que as estações na região da APA Costa das Algas à Barra Nova apresentaram considerável contaminação por metais, especialmente para o Ferro que demonstrou padrão espacial relacionado à foz do rio Doce. Dados pretéritos indicam que o Ferro antes da chegada do rejeito apresentava uma média de concentração de 15 mg/kg de peso úmido aproximadamente nesses organismos, após a chegada do rejeito atingiu concentrações acima de 1.000 mg/kg de peso úmido, e apesar dos dados desse um ano de monitoramento indicar uma considerável diminuição das concentrações bioacumuladas, as concentrações de Ferro continuam acima do encontrado antes do evento nas regiões da APA da Costa das Algas e Foz do rio Doce. (b) a bioacumulação em camarões indica que a maioria dos metais, de forma geral, apresentaram seus maiores níveis nos organismos coletados durante a campanha do período seco (campanha 1). Alguns pontos de destaque: Manganês e Chumbo no hepatopâncreas de camarões foi maior nos espécimes coletados na estação amostral em Vitória na campanha 1; Cobre e Arsênio foram mais elevados nas estações da APA Costa das Algas e Foz do Rio Doce; as concentrações bioacumuladas de Cádmio e Ferro foram mais elevadas na campanha do período chuvoso (campanha 2). Análises estatísticas também indicaram que os valores de Ferro em todos os tecidos analisados apresentam suas maiores médias nos organismos coletados na região da Foz do rio Doce. Quanto ao comparativo dos dados desse monitoramento com valores pretéritos, obtidos das expedições que ocorreram antes da chegada do rejeito, verificou-se aumento das concentrações para a maioria dos metais analisados, todavia, na escala temporal, os níveis foram decaindo e os dados desse monitoramento evidenciam valores com o padrão encontrado nas expedições anteriores, exceto para o Ferro que continua com valores acima do encontrado antes do rejeito chegar. (c) em peixes a bioacumulação também foi mensurada em diferentes tecidos e em diferentes grupos. No caso das espécies agrupadas como herbívoras/onívoras (grupo 1), com exceção do elemento Ferro e do Cádmio todos os metais demonstraram níveis mais elevados no período seco (campanha 1), demonstrando um padrão de sazonalidade. O Cádmio variou significativamente entre as campanhas, apresentando níveis mais elevados na campanha 1 em Itaúnas e Degredo e na campanha 2 na região de Guarapari, Vitória e APA Costa das Algas. No caso do Ferro, as concentrações foram significativamente mais elevadas na campanha 2 nas localidades de Guarapari (em todos os tecidos analisados); no fígado dos espécimes na região da APA Costa das Algas; e no músculo dos organismos na região da Foz do rio Doce. Em relação ao grupo trófico das espécies carnívoras (grupo 2), os metais Zinco e Cobre foram os elementos com concentrações mais elevadas no fígado de peixes coletados na campanha 1 (período seco), e as médias desses elementos foram maiores na região da APA Costa das Algas e foz do rio Doce. Outro ponto de destaque é a concentração de Ferro nos tecidos dos peixes carnívoros que se apresentou mais elevada na campanha 2 e análises estatísticas indicaram um padrão de bioacumulação associado à foz do rio Doce. Em relação à comparação com dados pretéritos, obtidos em amostragens antes da chegada do rejeito, destaca-se: os níveis de Ferro no músculo dos peixes de ambos os grupos tróficos estudados permanecem com concentrações maiores que os valores encontrados antes da ocorrência do evento, principalmente nas localidades de Guarapari, APA Costa das Algas e foz do rio Doce; e de forma geral, os níveis de Cromo e Manganês no músculo dos peixes carnívoros coletados na campanha 1 (período seco) foi significativamente maior do que os níveis nos peixes coletados antes do evento. (d) em corais e hidrocorais os níveis de Cd, Cr e Fe mensurado em fragmentos de *Mussismilia hartii* foram significativamente maiores na campanha 2 (período chuvoso), e como essa campanha foi realizada no verão, o relatório traz a justificativa de que o aquecimento pode elevar as atividades metabólicas e, consequentemente promover uma maior absorção dos metais do ambiente. Destaca-se ainda que a variabilidade da bioacumulação de metais em corais foi mais influenciada, de forma geral, pela sazonalidade do que pelas particularidades espaciais dos pontos de amostragem em Abrolhos. Todavia, o aumento de concentração corporal de metais na campanha 2, também observado em *Millepora alcicornis*, indicou maior bioacumulação do elemento Ferro no Recife costeiro (ABR01). Quanto aos dados pretéritos, o relatório traz uma comparação com dados de estudos realizados em 2013/2014, indicando que na campanha 1 as concentrações são similares ou inferiores à concentração de metais amostrados antes do rompimento da barragem; e na campanha 2 os níveis de Cd e Cr foram maiores do que amostrado antes do rompimento.

Dentre os diversos biomarcadores analisados, da mesma forma que para o ambiente dulcícola, de forma geral também se verificou que o biomarcador que evidencia a exposição dos organismos aos metais pesados (quantificação da proteína metalotioneína – MT) e o biomarcador que indica efeitos de dano oxidativo (análise da peroxidação lipídica – LPO) foram os que apresentaram melhores respostas ecotoxicológicas ao grupo de organismos analisados. De forma geral, **em organismos da base da cadeia trófica:** o fitoplâncton respondeu com maior dano em lipídios (LPO) e maior indução de enzimas metabolizadoras de metais (MT) em populações coletadas na região da APA Costa das Algas e em Abrolhos, enquanto no zooplâncton a maior indução de estresse fisiológico ocorreu na localidade da APA Costa das Algas, Degredo e Barra Nova. De forma geral, o fitoplâncton apresentou resposta fisiológica mais elevada na campanha 2 (período chuvoso), enquanto no zooplâncton a resposta mais acentuada foi na campanha 1 (período seco). Outro ponto a ser destacado para os plânctons refere-se a correlação das localidades com maior contaminação por Ferro, Cádmio, Chumbo e Mercúrio com o maior estresse fisiológico mensurado pelos níveis de LPO e MT. **Nos camarões:** os danos oxidativos em lipídios e proteínas foram maiores na campanha 1 (período seco), em especial nos locais mais distantes da foz, como nas estações em Vitória (sul) e Itaúnas (norte); os biomarcadores de LPO e MT medidos no hepatopâncreas dos camarões coletados nas estações de Vitória e APA Costa das Algas apresentaram valores mais elevados. Além dos danos em lipídios e níveis de metalotioneínas, danos no DNA também se mostrou uma variável com boa resposta, principalmente relacionada à campanha 1 (período seco) nas localidades de Vitória e Degredo, na campanha 2 (período chuvoso) as localidades da foz do rio Doce e de Itaúnas mostraram concentrações mais elevadas para esse tipo de dano. **Nos peixes:** os biomarcadores que apresentaram melhor resposta foram a enzima antioxidante catalase (CAT) e a enzima do metabolismo energético malato desidrogenase (MDH) no tecido branquial. O pico dessas enzimas foi, principalmente, observado nas localidades de Itaúnas, APA Costa das Algas e foz do rio Doce, indicando um maior efeito ecotoxicológico nos organismos coletados nesta região. Outro ponto de destaque indicado pelos resultados é a evidência do fator temporal sobre a variabilidade de efeitos dos biomarcadores em peixes carnívoros do que o fator espacial. Além disso também foram avaliados os danos histopatológicos, em que os resultados indicam maiores alterações nas brânquias de espécimes coletados na região da foz do rio Doce e Degredo. Quanto a análises dessas alterações no fígado dos peixes, foram observados tipos semelhantes de alterações em ambas as campanhas, sendo as mais frequentes: congestão de sinusoide, necrose, alterações nucleares e alterações citoplasmáticas. Nas brânquias, os danos histológicos foram mais elevados durante o período chuvoso principalmente nas estações próximas da foz. Destaca-se que para os estudos de biomarcadores não há dados pretéritos para comparação do ambiente antes e após a chegada do rejeito. **Em corais:** os níveis de LPO em amostras do coral *Mussimilia hartii* e do hidrocoral *Millepora alcicornis* foram similares entre os pontos dentro da área de Abrolhos e de forma geral o dano oxidativo em lipídios foi maior na campanha 1 (período seco). Além disso, verificou-se que a atividade das enzimas envolvidas na calcificação (Ca-ATPase e Mg-ATPase) foi estimulada na campanha 2 (chuvosa) para as duas espécies, o que corrobora com a ideia de que os corais estão aumentando seu metabolismo relacionado à calcificação em resposta a exposição aos níveis mais elevados de metais. Nenhum branqueamento foi observado nos recifes amostrados.

4.2.2.2 Análise dos subprojetos: Monitoramento Ecotoxicológico do Ambiente Praial

4.2.2.2.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Em relação à malha amostral: **Cumprido.** Esta foi realizada conforme preconizado e em consonância com o que consta na Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio (22/03/2019) e foram cumpridas as análises das estações amostrais conforme ajustado;

Em relação à periodicidade e frequência amostral: **Cumprido.** Foi realizada a periodicidade semestral, ou seja, as campanhas de período chuvoso e período seco.

Em relação à Metodologia de Parâmetros físico-químicos: **Cumprido.** Todos os parâmetros exigidos foram mensurados, utilizando-se uma sonda multiparâmetros. O parâmetro condutividade elétrica foi mensurada, embora não exigida.

Em relação à Metodologia de Metais no ambiente: **Cumprido.** Foram analisados todos os metais solicitados no TR4 (As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg) além do Zn que não consta no TR4.

Em relação a quantificação de metais em organismos do ambiente praial: **Cumprido.** Foram coletados os seguintes organismos: (i) poliqueta (n=6); (ii) anfípoda (n=5 pools, 5 indivíduos por pool); (iii) o isópoda *Excirolana* sp. (n=5 pools, 5 indivíduos por pool); (iiii) o caranguejo *Ocypode quadrata* (n=6). Está em conformidade com o TR4 porém, o poliqueta e caranguejo apresentaram um N menor que o requerido pelo TR4, o que foi justificado no relatório.

Em relação a análise de biomarcadores em organismos do ambiente praial: **Cumprido.** Foram quantificados os biomarcadores de efeito, como danos oxidativos em lipídeos (lipoperoxidação – LPO), em proteínas (proteínas carboniladas – PCO somente em *Ocypode quadrata*) e no DNA (Sítios AP somente em *Ocypode quadrata*), além do biomarcador de exposição, representado pelos níveis de metalotioneínas (MT). A análise em poliquetas ficou prejudicada pela ausência de indivíduos nas coletas.

4.2.2.2.2 Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para os resultados de concentração de metais em caranguejos de ambiente praial, não há descrição dos resultados e nenhuma interpretação dos valores contidos nas tabelas. Para os metais zinco, cádmio e cromo, a comparação feita entre a concentração de metais encontradas nos caranguejos foi feita com dados na literatura a partir de dados de ambiente manguezal, o que parece ser inadequado. Também há dúvidas quanto à interpretação de dados sobre a concentração de ferro nos caranguejos. Está descrito no relatório que, na campanha 2 (Jan/Fev 2019), as concentrações foram maiores em relação à campanha 1 (Set/Out 2018). Além disso, foi descrito que

houve bioacumulação de ferro (Fe) no hepatopâncreas e músculo, o que foi mais evidenciado nos pontos mais próximos à Foz do Rio Doce (DSR e DNP). Porém, observando os gráficos correspondentes, este padrão espacial não ficou tão evidente, pois os maiores valores de concentração de ferro foram mensurados em pontos mais afastados da costa. Apresentar No próximo relatório.

Quanto aos biomarcadores, fica sugerido a realização de testes estatísticos de comparação de médias (e.g. PERMANOVA) para avaliar mais robustamente os padrões espaciais e temporais encontrados. Esta análise foi feita para comparar as concentrações de metais em sedimento e na água.

4.2.2.3 Análise Geral

Na Campanha 1 (Set/Out 2018), somente o ferro dissolvido encontrava-se em desconformidade com o preconizado pela legislação em 3 pontos amostrais: ARP (Putiri), DNP (Povoação) e DNG (Guriri). Na Campanha 2 (Jan/Fev 2019), detectou-se concentrações de Fe, Mn, Hg e Zn acima dos limites permitidos na legislação brasileira para alguns pontos. As concentrações de ferro aumentam com o tempo, principalmente nos pontos mais distantes da foz. Todos metais aumentaram suas concentrações no período chuvoso, possivelmente devido ao maior runoff associado à este período.

Em relação aos metais no sedimento do ambiente praiar, a concentração de todos os metais quantificados nas amostras de sedimento coletadas durante as duas campanhas (2018 e 2019) estão em conformidade com a concentração estabelecida pela resolução CONAMA 454/2012, exceto ferro (Fe) e manganês (Mn) que não estão na lista da legislação e, portanto, não há limite definido. A concentração de metais no sedimento indica que os metais Cu, Fe, Mn e Pb apresentaram um padrão espacial com maiores concentrações no sedimento coletado nos pontos mais ao Sul, com destaque, as praias de Refúgio e Putiri, onde estão situadas em Unidades de Conservação.

Nos anfípodas, em geral, Fe e Mn tiveram concentrações altas, na maioria das estações amostrais na campanha 2 (Jan/Fev 2019). Em geral, valores nas estações amostrais próximas à desembocadura não foram os mais altos. Para os isópodes, os indivíduos do ponto DSC (Comboios) apresentaram as maiores concentrações de As, Cu, Mn e Zn, além do Fe que, também, mostraram um incremento em relação à campanha 1. Assim com anfípodas, as maiores concentrações foram na estação chuvosa mas valores máximos não foram nas estações mais próximas à desembocadura do Rio Doce. Para os poliquetas, a falta de dados prejudica comparação mas maiores valores mais afastados da desembocadura e não ficou muito clara a interpretação dos resultados.

Foram observados nos anfípodas os maiores níveis de dano oxidativo em lipídios (Lipoperoxidação - LPO) na campanha 1, nos organismos coletados em DSC – Comboios ($4,45 \pm 1,47$ nmol MDA/mg proteína), enquanto, na campanha 2, os maiores valores são encontrados nos indivíduos coletados em DNG - Guriri. Para os isópodes, os maiores níveis de dano lipídico (LPO) foram encontrados nos indivíduos coletados em DNPI (Pontal do Ipiranga), seguido do ponto DSC (Comboios) na campanha 2. Para os caranguejos (*O. quadrata*), os resultados que mais se destacaram foram o aumento de dano lipídico (LPO) no tecido branquial nos animais coletados nos pontos ao sul da Foz do Rio Doce.

4.2.2.3 Análise dos Subprojetos: Monitoramento Ecotoxicológico do Ambiente Manguezal

4.2.2.3.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Em relação à malha amostral: **Cumprido**. Esta foi realizada conforme preconizado e em consonância com o que consta na Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio (22/03/2019) e foram cumpridas as análises das estações amostrais conforme ajustado;

Em relação à periodicidade e frequência amostral: **Cumprido**. Foi realizada a periodicidade semestral, ou seja, as campanhas de período chuvoso e período seco.

Em relação à Metodologia de coleta dos organismos: **Parcialmente Cumprido**. Nos manguezais, em cada ponto amostral foram coletados os caranguejos guaiamum (*Cardisoma guanhumi*) (n=6) e o caranguejos-uçá (*Ucides cordatus*) (n=6). Isto está em conformidade com o TR4, apesar do N amostral ter sido menor, o que foi devidamente justificado no documento. Outras adaptações na estratégia de coleta tiveram que ser realizadas mas sem prejuízos ao estudo. Por exemplo, uma nova espécie teve que ser incluída (caranguejo vermelho - *Goniopsis cruentata*, n=6), pertencente ao mesmo nível trófico da espécie substituída. A inclusão desta nova espécie, deve-se ao fato da inexistência de *U. cordatus* no ponto referente à Foz do Rio Doce. Também um novo ponto de coleta na região de Revis Santa Cruz (RSC2) foi incluído. Isso se deve ao fato de que um dos caranguejos utilizados para o monitoramento (*Cardisoma guanhumi*) não foi encontrado no ponto amostral previamente planejado (RSC1).

Em relação a análise de biomarcadores em organismos do ambiente manguezal: **Cumprido**. Foram realizadas análises dos níveis de lipídios peroxidados (LPO) a partir da quantificação dos níveis de malondialdeído (MDA), através do método TBARS em hepatopâncreas de ambos os caranguejos e percebeu-se níveis elevados na campanha 2, quando comparada à campanha 1.

4.2.2.3.2 Encaminhamentos de alterações ou complementações

A interpretação dos dados ficou prejudicada com a inclusão de dados de literatura para comparação tidos como controle. Porém, não há detalhes sobre o que foi considerado controle.

4.2.2.3.3 Análise Geral

Em relação ao ferro, foi notado um aumento deste metal em brânquias e hepatopâncreas dos caranguejos, na campanha 2 (verão, jan/fev 2019), em relação à campanha 1 (inverno, set/out 2018). Em relação ao manganês (Mn), houve um aumento dos níveis deste metal, na campanha 1 quando comparada à campanha 2, em praticamente todos os tecidos analisados. No hepatopâncreas, também foi verificado um aumento de cromo (Cr) na campanha 1 em relação à campanha 2. Em relação ao zinco (Zn), foi observado um aumento deste metal em todos os tecidos (brânquias, hepatopâncreas e músculo), para todos pontos monitorados na campanha 2 em comparação à campanha 1, demonstrando um perfil sazonal de acumulação deste metal.

Foi verificado que houve contaminação em todos os tecidos (brânquias, hepatopâncreas e músculo) dos caranguejos avaliados, sendo que a contaminação parece estar relacionada, principalmente, com os seguintes metais: ferro (Fe), cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn). Pela análise de correlação (PCA), ficou evidenciado um efeito sazonal, onde os metais ferro e zinco apresentaram níveis mais altos na estação seca (Campanha 1, set/out 2018), em relação à estação chuvosa (Campanha 2, jan/fev 2019), enquanto manganês e cromo indicaram valores maiores, na estação chuvosa (jan/fev 2019) em relação à estação de seca (set/out 2018). A correlação entre metais e os biomarcadores mostrou que existiram diversas correlações positivas, demonstrando relação causa/efeito entre a bioacumulação dos metais nos tecidos dos caranguejos e o surgimento de danos bioquímicos nos mesmos.

4.2.2.4 - Análise do Subprojeto de Aves

4.2.2.4.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Em relação à malha amostral: A malha amostral do subprojeto de aves foi consideravelmente alterado no Plano de Trabalho da RRDM (11.07.2018 SEI 3611283) se comparado com o Termo de Referência 04 - Anexo 01 (SEI 0502067), no entanto a alteração não foi analisada e aprovada na Nota Técnica 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio (SEI 4787186). Dessa forma faz-se necessário apresentar o fundamento técnico e a aprovação realizada para a alteração, visto que o trabalho apresentado no relatório foi realizado utilizando a metodologia apresentada no referido Plano de Trabalho. A alteração diminuiu de 13 para 3 as áreas de amostragem, o que reflete em uma diminuição de 260 para 60 amostras de indivíduos para a análise de toxicologia nas aves. Considerando essa uma diminuição extremamente alta, considero fundamental o registro da justificativa técnica de tal alteração. O relatório descreve que não há coletas prévias ao acidente e que, portanto, as comparações serão realizadas entre as coletas das diferentes áreas. Nesse contexto, torna-se ainda mais importante uma malha amostral mais consistente e com uma quantidade maior de áreas amostradas. A forma de apresentação das localidades onde foram amostradas as aves (Quadro 19 e Quadro 20) também não permite concluir sem conhecimento prévio se são comparáveis. Dessa forma, devem apresentar um mapa com as áreas amostrais e uma tabela com as diferentes estações e locais amostrados em cada uma mostrando as correspondências das áreas.

Em relação à periodicidade: A periodicidade foi atendida, tendo sido realizadas coletas no período seco (Campanha 1 - setembro/outubro 2018) e no período chuvoso (Campanha 2 - janeiro/fevereiro 2019).

Em relação à Metodologia: O relatório apresenta na metodologia que “A captura das aves foi realizada com o uso de redes com malha de 20 mm ou 35 mm, medindo 6, 9, 12 ou 18 m de comprimento por 3 m de altura. Estas redes foram instaladas nos diferentes ambientes das áreas pré-definidas, com auxílio de hastes de alumínio e cordas (Figura 516 à Figura 523). A quantidade de redes utilizadas variou conforme as condições ambientais dos locais de coleta, tendo sido utilizadas no máximo dez redes”. No TR e no Plano de Trabalho estava especificada na metodologia que deveriam ser utilizadas 10 redes de 12 metros, dessa forma, deve ser justificada no próximo relatório anual do PMBA a alteração na metodologia. No TR e no Plano de Trabalho as penas devem ser coletadas e mantidas secas em temperatura ambiente. No relatório foi descrito que as penas foram refrigeradas e posteriormente congeladas. Solicita-se justificar a alteração. A forma de apresentar os indivíduos coletados não permite analisar se correspondem à metodologia, visto que estava prevista a coleta de no mínimo 2 indivíduos da mesma espécie, por área de amostragem, por estação do ano. Também em cada grupo alimentar deve ser coletada pelo menos uma espécie em cada ponto amostral. O relatório não apresenta a análise se esses critérios foram atendidos e nem apresentam os dados de forma a ser facilmente observado. Apresentar no próximo relatório.

Em relação aos Resultados: Os resultados dos indivíduos coletados foram apresentados de forma descritiva e bruta, sem nenhuma sintetização ou comparação entre os dados que permita analisar se foi atendida a metodologia recomendada no TR4 e no Plano de Trabalho. Os dados de contaminação também foram apresentados com uma análise bem simplificada, no entanto, como não há dados pretéritos, maiores análises somente serão possíveis após alguns anos de coletas. Não foram apresentados resultados de análise de contaminação em: músculo peitoral, fígado e osso (fêmur). Também não foram apresentados os dados e nem análises de conteúdo estomacal (FO e FO%, N e N%, M e M%) e de bioacumulação ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$), conforme Faria et al. (2016), como previsto no TR4 e no Plano de Trabalho. Apresentar análise comparativa no próximo relatório.

4.2.2.4.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Sugiro rever a diminuição de 13 para 3 áreas amostrais e se isso atenderá os objetivos finais do monitoramento. Os resultados devem ser apresentados de forma a permitir analisar se está sendo atendido o TR4 e o Plano de Trabalho. A metodologia deve ser seguida conforme TR e Plano de Trabalho ou então justificadas as alterações.

4.2.2.4.3 - Análise Geral

Considero necessária uma reestruturação do relatório para que ele possa ser analisado à luz do TR4 e do Plano de Trabalho (SEI 3611283), permitindo concluir se foram atendidas as metodologias. Em relação à análise dos resultados, por não incluírem dados pretéritos, considero que maiores conclusões somente serão possíveis após alguns anos de monitoramento. No entanto os dados já obtidos poderiam ser melhor apresentados se realizadas análises sintéticas dos dados e apresentações mais visuais, que permitam um entendimento mais fácil dos resultados. Adicionalmente, faz-se necessária a realização de análises estatísticas, possivelmente multivariadas, devidamente descritas e referenciadas, que venham a sustentar estatisticamente as conclusões apresentadas, por exemplo, sobre a variação espacial e temporal dos contaminantes, bem com a variação entre as diferentes guildas, conclusões essas para as quais o relatório aqui apreciado não apresentou estudos estatísticos subsidiários. Com essa descrição, realizar uma análise do que representam os resultados em termos de impactos existentes no meio ambiente e nas áreas de uso desses grupos.

4.2.3 - RT 18A: Anexo 3 – Análise Abiótica e Biótica no Ambiente Dulcícola

O Anexo 3 dulcícola foi subdividido, no Plano de Trabalho, em sete subprojetos, e o relatório anual da RRDM do Anexo 3 foi composto por 12 relatórios, sendo que dois destes não são referentes diretamente a um dos subprojetos, a saber, RT-18A_Introdução e RT-18L_Discussão Integrada. A forma de envio do relatório facilita a leitura, entretanto pode trazer consequências negativas em relação à análise de atendimento a metas e produtos, uma vez que estes podem estar pulverizados em mais de um relatório. Desta forma, caso seja observado que alguma parte de um determinado relatório tenha sido construída para atendimento de alguma meta ou produto e os mesmo não tenha sido identificado, solicita-se que seja informado no respectivo texto e referenciado o documento ao qual ele se relaciona. Os relatórios foram analisados da seguinte forma (Projeto no Plano de Trabalho. Ref Relatório RRDM):

Projeto: composição e estrutura da comunidade fitoplancônica dulcícola. Ref RT-18G.

Projeto: composição e estrutura da comunidade zooplancônica dulcícola. Ref RT-18H.

Projeto: composição e estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas. Ref RT-18J.

Projeto: caracterização da comunidade perifítica fluvial e lacustre do baixo rio doce, Espírito Santo. Ref RT-18I.

Projeto: caracterização limnológica de lipídeos totais, ácidos graxos e das concentrações totais de C, N e suas razões isotópicas no seston e sedimentos. Ref RT-18E.

Projeto: caracterização limnológica dos ecossistemas fluviais, lacustres e estuarinos do baixo Rio Doce. Ref RT-18F e RT18B.

Projeto: integração flúvio-estuarina: fluxos hidrológicos. RT-18C, RT-18D e RT-18K.

4.2.3.1 - Análise do Subprojeto: RT 18B - Anexo 3 Dulcícola – Limnologia.

4.2.3.1.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Informações de Caráter Geral

O relatório aplica estatística básica descritiva por ponto, porém sem justificativa para a adoção do método, observado, que cada mês que espera-se que os resultados sejam diferentes, de acordo com características climáticas e locais. Solicita-se para o próximo relatório que se atente a justificativa dessa questão, por exemplo apresentando uma correlação com vazão e precipitação na bacia de contribuição para enriquecer a análise.

Também não foi observado a análise da relação entre os parâmetros no sentido de entender as condições do ambiente e sua evolução. Solicitamos que essas relações, quando observáveis nos dados, sejam ressaltadas, apresentadas em tópico específico no próximo relatório.

Observado ainda que os ambientes aquáticos lênticos da área em monitoramento são, tanto distintos em característica como o seu uso e ocupação do solo; dessa forma, não ficou claro o objetivo da análise integrada dos parâmetros analisados comparando-os com os ambientes lóticos, devendo os responsáveis pelo próximo relatório serem mais objetivos quanto aos objetivos dessas comparações, comparando situações semelhantes ou justificando quando o fizerem de outra forma.

Atendimento a Metas:

*Submeta 1: Coleta de água para análises hidroquímicas e registro de parâmetros físico-químicos na coluna d'água em 10 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Coleta mensal em 1, 2 ou 3 profundidades distintas (superfície, meio e fundo). **Atendida.***

*Submeta 2: Coleta de sedimento para análises hidroquímicas em 10 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Coleta mensal de amostras de sedimento com busca fundo van Veen/Ekman. **Atendida.***

*Submeta 3: Registro de parâmetros físico-químicos na coluna d'água na coluna d'água em 10 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Registro in situ de dados com perfilagem com sonda multiparâmetros e CTD. **Atendida.***

Atendimento a Produtos:

Coluna d'água: Perfil térmico; Turbidez; Oxigênio dissolvido; Potencial Redox; pH; Condutividade elétrica; Salinidade; Concentração de Material Particulado em Suspensão - MPS; Concentração de nutrientes (nitrogênio, fósforo e silício); Concentração de clorofila a; Concentração de matéria orgânica dissolvida cromófora - MODC; Concentração de elementos traço nas frações total e dissolvida (Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Al)*. **Atendido.**

Sedimento de fundo: Granulometria; Teor de matéria orgânica; Concentração de elementos traço nas frações total e dissolvida (Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Al)*. **Parcialmente atendida.** Não foram apresentados resultados referentes à granulometria, o que consideramos ser importante para a análise da situação do ambiente e seus impactos devendo esta ser apresentada no próximo relatório, bem como a justificativa para ausência no documento aqui analisado. Salientamos que a Concentração de elementos traço não foi apresentada no referido relatório, porém foi apresentada no relatório RT-18F, dessa forma, solicitamos que casos como esse sejam expressamente salientados no relatório, para facilitar a análise pela equipe..

Análise da variação espaço-temporal do ambiente físico-químico com ênfase nas concentrações do material dissolvido e particulado na coluna d'água dos ecossistemas aquáticos dulcícolas e estuarino do Baixo Rio Doce (amostragem mensal).

Atendido.

Análise espaço-temporal da variação do sedimento depositado na calha fluvial e no fundo dos lagos (quanto a granulometria e composição) dos ecossistemas aquáticos dulcícolas e estuarino do Baixo Rio Doce (amostragem mensal). **Atendido.**

Análise da variabilidade espaço-temporal considerando a integração dos dados da coluna d'água e sedimentos de fundo com os dados de vazão fluvial. **Não atendida.** Não foram apresentadas análises integrativas entre dados de coluna d'água e dados de sedimentos com os dados de vazão fluvial. Entretanto, não causa prejuízo para entendimento do relatório. Solicitamos que no próximo relatório sejam apresentadas análises integrativas entre dados de coluna d'água e sedimentos com os dados de vazão fluvial em tópico específico, salientando os possíveis impactos que representa.

4.2.3.1.2 - Encaminhamentos

Item 2 - Página 27: Segundo parágrafo, reorganizar, informações confusas. Substituiu-se "Material Particulado em Suspensão" por "Sólidos Dissolvidos", sem explicação. Alterada forma de análise laboratorial dos nutrientes e do sedimento. Não apresentada clorofila-a na metodologia, entretanto a análise foi executada. **Encaminhamentos:** realizar os ajustes apontados e inserir a descrição da metodologia de clorofila-a, no próximo relatório.

Item 3.1.1.1: Variáveis com correlação muito alta, normalmente, não devem ser consideradas como correlatas pois, como no caso de turbidez e sólidos em suspensão, são compostas pelos mesmos elementos ambientais lidos nos aparelhos, no caso, partículas em suspensão (TOMAZONI et al, 2005). **Encaminhamentos:** Solicitamos para o próximo relatório: Retirar análises de correlação entre turbidez e sólidos em suspensão, realizadas no decorrer do relatório. Apresentar valores de referência CONAMA 357/2005 e comparar com os valores encontrados. Recomenda-se que as Tabelas 03 a 23 sejam substituídas ou sumarizadas em gráfico do tipo box-plot.

Não está claro se os valores de Carbono Total apresentados são referentes ao carbono orgânico. Em caso afirmativo, em Regência, considerando água salobra, alguns valores se encontram acima do VMP. **Encaminhamento:** deixar claro no texto se o carbono considerado é o orgânico, conforme Plano de Trabalho, e adequar o VMP para águas salobras.

Fosfato e silicato não possuem valores limítrofes na CONAMA 357/2005. **Encaminhamento:** apresentar no próximo relatório os resultados de fosfato e silicato em relação à linha de base ou, na inexistência destes dados, comparados com outras bacias.

Figura 2: Não é possível observar os VMPs para MPS e temperatura. Corrigir a legenda, onde se lê "transparência", substituir por "temperatura da água".

Item 3.1.3.2 - Figura 3: inserir quebra nos gráficos A e B para que o outliner não impossibilite a observação do restante das leituras.

De acordo com a CONAMA 357/2005, quando o N for o fator limitante para eutrofização, como é o caso, seus valores não podem ultrapassar o limite de 2180 ug/L, sendo que os valores observados variaram entre 2051,58 a 6203,72 ug/L, com média de 3153 ug/L e mediana de 2877,11 ug/L. **Encaminhamento:** no próximo relatório, apresentar explicação / justificativa quanto esta observação no texto e realizar a discussão pertinente. Relacionar OD com turbidez e temperatura, em gráfico de correlação.

Página 54, sexto parágrafo, indica que o fósforo é o fator limitante para desenvolvimento de fitoplâncton, entretanto o Rio apresenta razão de N:P indicativa de enriquecimento de fósforo (página 53, terceiro parágrafo). **Encaminhamento:** Solicitamos no próximo relatório justificativa de qual é o fator limitante e embasar com os dados apresentados no relatório e; apresentar regressões de valores de clorofila-a VS nitrogênio e fósforo, para cada uma das estações separadamente.

Figura 8: excluir "clorofila", apresentado na Figura 9.

Item 3.1.5: Encaminhamento: Apresentar no próximo relatório discussão sobre as implicações do Rio Doce produzir mais nutrientes e menos silício que o Rio São Francisco, com uma conclusão que justifique a inserção desta análise.

Item 3.2.1: Dados dos gráficos de turbidez (Figuras 16, 19 e 21), idealmente, não são melhor representados no tipo de gráfico utilizado no relatório, por não haver um perfil completo, a cada metro, dos valores de turbidez. Como são apenas 3 leituras por período, a interpolação apresentada no gráfico não corresponde à realidade da distribuição da turbidez pela coluna d'água. **Encaminhamento:** Considerar na próxima versão do relatório apresentar a turbidez em gráfico que não interpole os dados. Considerar também alterações no

texto, como na página 75, terceiro parágrafo: substituir "1%" por "zona eufótica" ou "1% da radiação fotossinteticamente ativa".

Item 3.2.2: Figuras 22 e 29: concentrações de OD atípicas, que podem estar relacionadas a erro de leitura. **Encaminhamento:** Conferir dados e ajustar, bem como discutir dados em tópico específico no próximo relatório.

Item 3.2.3: Parágrafo 2: O ambiente em questão é lântico, neste caso, a resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite de 50 ug/L de fósforo total para águas de Classe II. **Encaminhamento:** Ajustar o texto para o limite CONAMA correto quando apresentá-lo no próximo relatório.

Os limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para série nitrogenada dependem dos valores de pH da área de estudo. **Encaminhamento:** No próximo relatório apresentar os valores da série nitrogenada, para todos lagos, com os valores de pH e em relação aos limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005, bem como os valores de clorofila-a.

Figura 33: É observado que a concentração de clorofila-a máxima, de 8 ug/L, foi encontrada em 5 metros abaixo da zona eufótica e a 2 metros abaixo do limite da zona de mistura. **Encaminhamento:** No próximo relatório apresentar discussão em tópico específico do que pode significar esta observação, uma vez que é inesperado que a maior concentração de clorofila seja encontrada abaixo da zona eufótica.

Item integração (numerar, conforme padrão do relatório): Parâmetros físicos: Apresentar no próximo relatório explicação sobre possíveis causas da qualidade melhor do Lago Nova em relação aos demais, de modo que haja clareza em relação à razão pela qual o mesmo se encontra em condições ambientais mais favoráveis, indicando possíveis aportes de sedimento, duração, em quais locais houve e mencionando outras possíveis causas, não relacionadas ao rompimento da barragem. A avaliação de correlação entre turbidez e MPS novamente é colocada em destaque, sugere-se que busque-se outras correlações com possíveis que sejam mais informativas e estas sejam colocadas no próximo relatório.

Parâmetros físico-químicos: Avaliação estatística dos valores de OD entre os Lagos não é necessária, uma vez que tratam-se de ambientes distintos com profundidades e zonas naturalmente anaeróbias de extensões distintas.

Item 3.2.4: E20 - Lago Juparanã: Substituir "Lagoa Nova" por "Lago Juparanã". Explicar / justificar no próximo relatório os parâmetros apresentados.

Item 3.2.4.1: Justificar, no próximo relatório, o motivo de não apresentar dados de pH e condutividade no sedimento para as campanhas de outubro/18 a janeiro/19.

Item 3.3.1: E25 e E25a: substituir no início do parágrafo o nome "Areal" por "Monsarás".

Item 3.3.2: O próximo relatório deve apresentar discussão sobre os dados.

Item 3.3.3: Considerar no próximo relatório: Ponderar carbono orgânico em relação à CONAMA 357/2005. Corrigir o limite CONAMA para fósforo total, considerar águas salobras. Inserir limites da CONAMA para série nitrogenada.

Itens 3.3.5 e 3.3.6: No próximo relatório, apresentar os dados acompanhados dos referências.

Figura 66: Apresentar no próximo relatório justificativa para a ausência de dados até fevereiro/19.

Apresentar no próximo relatório discussão sobre o índice de desenvolvimento de margem, que, no caso de Monsarás, é maior, ou seja, a lagoa está mais suscetível aos efeitos da margem, lixiviação, etc; bem como para os lagos e lagoas em relação à área de drenagem de cada uma delas, das influências antrópicas.

Item 3.4: Tabelas 81 a 85: No próximo relatório, justificar a ausência de dados do período seco e se possível, apresentá-los. Apresentar também os dados das tabelas por meio de gráfico de linhas das medianas de todos parâmetros, após normalização para aproximar as escalas.

Na Tabela 85, é possível observar que a passagem da pluma de rejeitos carregou consigo uma quantidade maior de fósforo do que o normalmente é observado na bacia. **Encaminhamento:** Apresentar no próximo relatório discussão sobre a possível relação fósforo e rejeito, uma vez que no texto é indicado que a fonte do fósforo é mais relacionada a atividades agrícolas. caso existam, apresentar possíveis fatores relacionados aos rejeitos que possam mobilizar fósforo na coluna d'água.

Apresentar no próximo relatório dados de pluviosidade em estações próximas e relacionar às flutuações de leituras dos parâmetros elencados.

4.2.3.1.3 - Análise geral/conclusões:

De um modo geral, o relatório é descritivo, não apresenta hipóteses ou tenta explicar os dados apresentados no sentido de esclarecer as condições ambientais e seus impactos ou alterações decorrentes do desastre, desta forma, grande parte dos parâmetros aparentam não possuir função clara para gestão ambiental, conservação ou não ajudam a identificar o nexo causal com o aporte de rejeitos da Samarco. Não há integração entre os parâmetros de qualidade de água e de sedimento. A separação de metais e orgânicos desta parte do relatório não contribui para o entendimento sistêmico da situação ambiental do Rio Doce e sistema lacustre associado no estado do Espírito Santo.

Dentre os objetivos preconizados no Plano de Trabalho, em relação à análise de dados, não houve integração dos dados de sedimento aos dados de coluna d'água, considerando também a pluviosidade e vazão fluvial (dados advindos do subprojeto de fluxos hidrológicos), não havendo aferição das possíveis causas e influências de eventos de ressuspensão de sedimentos, como chuvas fortes, à alterações na qualidade da água. A discussão sobre esta integração deve constar no próximo relatório.

Projeto: Integração Flúvio-Estuarina: Fluxos Hidrológicos

No Plano de Trabalho foram estipuladas quatro subdivisões compreendidas pelo “Projeto Integração Flúvio-Estuarina: Fluxos Hidrológicos”, sendo 1: “Subprojeto Caracterização hidrológica global para compreensão do aporte de água doce no ambiente estuarino-marinho do Rio Doce”, 2: “Subprojeto Monitoramento de vazões e descargas sólidas no estuário do Rio Doce”, 3: “Subprojeto Determinação dos fluxos de água, nutrientes e metais do sistema fluvial para o sistema estuarino-marinho” e 4: “Subprojeto Subsídios à compreensão global das relações de causa e efeito do conjunto de ações realizadas na bacia hidrográfica do Rio Doce sobre o aporte de fluxo de água, sedimentos e nutrientes no sistema estuarino-marinho”. Verifica-se que a estrutura do relatório apresentado não corresponde ao proposto no Plano de Trabalho.

Presume-se que os relatórios apresentados pela RRDM para atendimento ao Projeto Integração Flúvio-Estuarina: Fluxos Hidrológicos foram divididos entre os documentos:

RT-18D, referente aos Fluxos Globais (Subprojeto 1),

RT-18C, referente ao monitoramento de Fluxos de água e Sedimentos (Subprojetos 2 e 3),

RT-18K, referente às Ações na Bacia (Subprojeto 4).

Encaminhamento: Solicitamos realizar os esclarecimentos sobre a reestruturação do Projeto em tópico específico no próximo relatório.

O desmembramento do subprojeto em três documentos dificultou a análise e o entendimento dos processos sistêmico dos fluxos de água. A finalidade geral deste subprojeto é realizar a relação de toda a informação gerada nos demais subprojetos e apresentá-la de forma integrada, salientando e evidenciando as correlações e implicações de aportes de contaminantes VS. fluxos de água na bacia. Assim, com a estrutura adotada e a ausência de algumas análises imprescindíveis, entende-se que o subprojeto de Integração Flúvio-Estuarina: Fluxos Hidrológicos **não atendeu** ao seu objetivo geral, devendo esta situação ser considerada no próximo relatório.

4.2.3.2 - Análise ao Subprojeto: RT 18D - Anexo 3 Dulcícola – Caracterização Hidrológica Global.

4.2.3.2.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Referência: Subprojeto 1 do Plano de Trabalho.

Atendimento a objetivos:

Subsidiar à compreensão das relações chuva-vazão nas diferentes sub-bacias/regiões hidrográficas que compõem a bacia do Rio Doce e o consequente aporte de água na seção de controle rio-estuário em Linhares. **Parcialmente Atendido.** O relatório apresenta duas avaliações paralelas, de pluviosidade e de fluviometria e, apesar de fazer a curva chave para vazão nível e apresenta as relações de precipitação e aumento de nível, não estabelecendo uma relação clara entre ambas. Solicitamos que esta relação deve ser apresentada no próximo relatório.

Atendimento a metas:

Submeta 1: Levantamento, espacialização e compilação de dados das estações pluviométricas e fluviométricas em operação na bacia do Rio Doce. **Atendido.**

Submeta 2: Análise dos dados hidrológicos das diferentes regiões e sub-bacias que compõem o Rio Doce. **Atendido.**

Submeta 3: Análise do caminhar do fluxo de água de montante até a seção de controle. **Atendido.**

Atendimento a produtos:

Caracterização hidrológica global para compreensão do aporte de água doce no ambiente estuarino-marinho do Rio Doce: Dados hidrológicos das estações fluviométricas e pluviométricas em funcionamento na bacia do Rio Doce; Posicionamento geográfico das estações; Dados de funcionamento das estações pluviométricas e fluviométricas – responsáveis pela operação das mesmas, forma de obtenção e transmissão de dados e os procedimentos que devem ser executados para obter seus dados hidrológicos; Mapas pedológicos e de uso do solo da bacia do Rio Doce; Altimetria ao longo da calha do Rio Doce. **Atendido.**

Caracterização hidrológica global para compreensão do aporte de água doce no ambiente estuarino-marinho do Rio Doce: Espacialização das estações pluviométricas e fluviométricas; Compilação dos dados hidrológicos e de funcionamento de cada estação; Escolha das estações que servirão de base para os trabalhos das etapas subsequentes; Análise da qualidade dos dados e facilidade de se obter os dados hidrológicos em tempo real; Compilação de mapas pré-existentes; Refinamento de mapas a partir de dados colhidos no campo; Estabelecimento de relações chuva-vazão nas sub-bacias/regiões hidrográficas que compõem a bacia do Rio Doce; Avaliação das mudanças do hidrograma entre as estações fluviométricas em funcionamento na calha do Rio Doce; Estabelecimento da velocidade média da água nos trechos ao longo da calha do Rio Doce; Avaliação das relações entre as chuvas nas sub-bacias/regiões hidrográficas e o fluxo d'água que aporta no estuário. **Atendido parcialmente.** Não foram identificados no relatório a compilação de mapas pré-existentes, o refinamento de mapas a partir de dados colhidos em campo e o estabelecimento da velocidade média da água nos trechos ao longo da calha do Rio Doce.

4.2.3.2.2 - Encaminhamentos

Os itens a seguir enumeram questões detectados do relatório, muitas delas correspondendo a erros de digitação de falta de dados básicos gráficos. Novamente faltou a correlação entre parâmetros e conclusão quanto a hipótese se as condições ambientais encontradas sugerem alterações ou impactos relevantes. Esta questão deve ser apresentada nos próximos relatórios, bem como o atendimento das solicitações, sugestões e correções abaixo elencadas.

Item 2.1.2.1: Apresentar as estações fluviométricas selecionadas em função das ottobacias nível 5-6 e sua relação com as áreas de drenagem, apresentando em mapa as micro bacias contempladas pelas estações selecionadas e as não contempladas.

Página 33: Parágrafo 2: Explicar como foi realizada a transposição de dados das bacias com amostragem para as demais.

Item 2.1.2.2: Página 35: Parágrafo 2: Corrigir o ano das datas.

Item 2.1.3.2: Apresentar método de validação do MDE interpolado por meio de spline e o erro associado. Explicar se o modelo manteve os valores máximos e mínimos de altimetria medida.

Figura 7: alterar a cor do contorno da Bacia do Rio Doce para preto e manter a linha fina, para que a mesma não interfira no entendimento da elevação máxima.

Item 2.1.3.3: Figura 10: alterar a cor dos pontos das estações fluviométricas de modo que possuam maior contraste. Indicar sub bacias que não possuam estações selecionadas.

Tabela 6: Explicar se a área de drenagem da ottobacia informada corresponde à onde a estação está localizada ou à área de drenagem efetivamente à jusante da estação. Explicar melhor qual o limite de jusante para estabelecimento da área.

Explicar como foi avaliado o escoamento superficial e as perdas para águas subterrâneas e evaporação.

Item 3.1.1.1: Figura 16: A presença de áreas circulares pode indicar comprometimento da interpolação, portanto sugere-se que sejam testados outros métodos de interpolação e sejam alteradas as potências das mesmas. Inserir o Rio Doce nos mapas.

Item 3.1.1.2: Inserir nos gráficos linha com a média do último ano.

Item 3.1.1.3: Tabela 11 a 22: Dados sem unidade. Tabela 11: Dados de Piracicaba muito superiores aos demais, excedendo 1000 mm/dia. Entende-se que para sua validação e utilização deva haver ao menos outra estação próxima. Considerando-se que o recorde de pluviosidade em 24h é de 1825 mm, na Ilha da Reunião, há o entendimento que este dado possui erro de leitura, o que pode interferir negativamente na modelagem.

Item 3.1.2.2: Tempo de detenção hídrica em reservatórios normalmente é ser calculado por meio de modelagem hidrodinâmica específica. Deve ser apresentado no relatório a forma de cálculo utilizada para definir o tempo de detenção apresentado e ser realizada a devida ressalva, caso seja um tempo de detenção estimado ou aproximado. Justificar a utilização, em algumas campanhas, da estação Tumiritinga.

Item 3.1.1.3 a 3.1.2.2: Descrever a relação entre pluviosidade e fluviuosidade e entre sedimentos e qualidade de água.

4.2.3.2.3 - Análise Geral

O subprojeto apresentado apresenta potencial de integração entre os demais subprojetos, podendo ser uma ferramenta de grande utilidade no tocante de acompanhamento das alterações no Rio Doce, possuindo potencial integrativo e preditivo. Entretanto, há carência de aplicação dos dados modelados a eventos de aumento de turbidez, sólidos suspensos, nutrientes e que, desta forma, a modelagem seja aplicada como elemento explicador e preditor para outros parâmetros. O relatório não apresenta conclusões relevantes e/ou teste de hipóteses. Não houve também uma descrição dos fluxos entre rio - lagos e rio - lagoas, desta forma, estes resultados e conclusões devem constar em relatórios futuros.

4.2.3.3 - Análise do subprojeto : RT 18C - Anexo 3 Dulcícola – Monitoramento de Fluxos de Água e Sedimentos.

4.2.3.2.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio.

Referência: Subprojetos 2 e 3 do Plano de Trabalho.

Atendimento a objetivos:

Monitorar e analisar o comportamento de descargas líquidas e sólidas no Rio Doce, bem como fluxos e variações de níveis d'água, a fim de subsidiar os pesquisadores das áreas de biologia e modelagem ambiental que integram o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, na caracterização do ambiente estudado. **Parcialmente Atendido.** Vide demais itens desta seção. Todas as observações sobre esta seção devem ser observadas, justificadas e complementadas no próximo relatório em tópico específico.

Atendimento a metas:

Submeta 4: Quantificação de descargas líquidas e determinação de fluxos e níveis d'água. **Parcialmente atendido.** As descargas sólidas e as amostras de sedimento de fundo somente foram apresentadas para 2 dos 4 pontos preconizados pelo Plano Trabalho, o que pode comprometer os resultados de estimativas de descargas sólidas. Avaliação de nível da água não realizado no P22, o que também pode

trazer prejuízos à análise. A medição de temperatura foi apenas realizada em 2 pontos (P04 e P26).

Atendimento a produtos:

Determinação dos fluxos de água, sedimentos em suspensão, nutrientes e metais do sistema fluvial para o sistema estuarino-marinho: Produção anual de água (m³), sedimentos em suspensão (t), nutrientes (kg) e metais (kg) do sistema fluvial. **Parcialmente Atendido.** Os dados limnológicos e de metais não foram apresentados neste relatório, apresentar justificativa para a ausência e, se possível, esses dados, em tópico específico no próximo relatório.

Monitoramento de vazões e descargas sólidas no estuário do Rio Doce: Vazão Fluvial; Fluxo d'água, correntes; Série temporal de níveis d'água; Concentração e granulometria de sedimentos suspensos; Gráfico com curva granulométrica e tabela com classificação granulométrica e concentração de sedimentos suspensos; Concentração e granulometria de sedimentos suspensos e de fundo, associado a descargas líquidas; Estimativa de descargas sólidas pelo método Modificado de Einstein. **Parcialmente atendido.** Não foram apresentados dados de velocidade média de escoamento, tampouco os resultados relativos à granulometria dos sedimentos suspensos e de fundo, a justificativa para a ausência desses dados deve ser apresentada no próximo relatório.

Determinação dos fluxos de água, sedimentos em suspensão, nutrientes e metais do sistema fluvial para o sistema estuarino-marinho: Análise da variação espaço-temporal dos fluxos hidrológicos na porção final do Rio Doce baseado em amostragem mensais. **Parcialmente atendido.** A análise de fluxo de nutrientes e metais do sistema fluvial para o sistema estuarino-marinho não foram apresentadas, a justificativa para a ausência desses dados deve ser apresentada no próximo relatório.

Caracterização hidrológica global para compreensão do aporte de água doce no ambiente estuarino-marinho do Rio Doce: Avaliação da variabilidade sazonal das vazões afluentes à foz do Rio Doce; Avaliação da variabilidade sazonal, semi-diurna e semanal de fluxos d'água e correntes, para identificação do comportamento hidrodinâmico da região estuarina do Rio Doce; Avaliação da variação sazonal de níveis d'água do Rio Doce, na porção estuarina; Avaliação de interrelação entre os dados obtidos; Avaliação da variabilidade sazonal de descargas sólidas em suspensão afluentes à foz do Rio Doce; Avaliação da variabilidade sazonal de descargas sólidas de fundo afluentes à foz do Rio Doce; Estimativa de descargas sólidas totais pelo método Modificado de Einstein. **Parcialmente atendido.** Devido ao restante das avaliações de fluxos e de aporte de água doce, sedimentos, sólidos e partículas dissolvidas não terem atendido completamente às metas, houve prejuízo na caracterização preconizada neste tópico. As avaliações devem constar no próximo relatório, bem como justificativa para ausência no documento aqui analisado.

4.2.3.2.2 - Encaminhamentos

Novamente, os encaminhamentos a seguir tratam na sua maioria de erros de digitação e sugestões de alteração de apresentação de figuras e formatos para salientar os impactos e a análise dos relatórios, devendo os responsáveis pelos relatórios atentar e cumprir os encaminhamentos solicitados na próxima versão do relatório.

Item 2.1: Página 9: Realização de coleta de dados por meio de ADCP, mas não de nível d'água, sob justificativa de impossibilidade de acesso, no P22. **Encaminhamento:** Nos casos de impossibilidade de se alcançar as estações e pontos de coleta, solicitamos para as próximas versões do relatório que seja esclarecidos os motivos da impossibilidade da realização de uma coleta de dados. Na impossibilidade de acesso ao ponto, deve ser avaliada a possibilidade e pertinência de outro local de coleta de dados, sendo justificado no relatório.

Item 3.1.1.3: Página 17, Primeiro parágrafo e Figura 6. **Encaminhamento:** mover o texto e a figura para metodologia.

Figuras 10, 11 e 12 e textos relacionados. **Encaminhamento:** padronizar nomenclatura dos pontos onde houve medições de água salobra, dar nomes diferentes aos pontos que estejam localizados em locais diferentes, para não haver confusão do leitor.

Página 34. **Encaminhamento:** De modo a facilitar a interpretação do leitor e permitir uma avaliação visual da diferença entre os dados históricos e os dados atuais, pode-se apresentar, na Figura 18, dados pretéritos de Colatina apresentados na figura 16.

Página 35. **Encaminhamento:** Discutir no texto a disparidade entre os resultados do PMQQS e do PMBA, qual implicação desta observação nas análises, qual o método mais preciso e qual o mais propenso a erros, apresentar o motivo provável da disparidade.

Página 36: **Encaminhamento:** Apresentar os dados de literatura e obtidos no PMBA em mesma notação, os de literatura são expressos em t.km⁻².ano⁻¹ e os do PMBA são expressos em t/d. Explicar porque não foi considerado o sedimento de fundo para o P21.

4.2.3.4 - Análise do Subprojeto: RT 18K - Anexo 3 Dulcícola - Ações na Bacia.

4.2.3.4.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento a objetivos:

Subsidiar a compreensão global das relações de causa e efeito do conjunto de ações realizadas na bacia hidrográfica do Rio Doce sobre o aporte de fluxos de água, sedimentos e nutrientes no ambiente estuarino-marinho. **Parcialmente atendido.** O modelo de avaliação de causa e efeito das ações apresentado, possuindo a finalidade de integração e avaliação dos impactos ao ecossistema aquático, possui caráter conceitual e qualitativo, não havendo análise e modelagem quantitativa acerca dos impactos observados na bacia, dificultando uma caracterização da magnitude do impacto. Estes aspectos devem ser abordados e salientados no próximo relatório.

Atendimento a metas:

Submeta 7: Levantamento e sistematização das ações/intervenções. **Atendido.**

Submeta 8: Acompanhamento das ações realizadas e levantamento sistemático de dados e informações. **Parcialmente atendido.** Não há menção no relatório de quais reuniões foram atendidas pela RRDM para atendimento deste subprojeto, tampouco de ações e campanhas de campo no sentido de observação e avaliação das ações identificadas, devendo estas serem informadas no próximo relatório.

Submeta 9: Análise integrada dos reflexos de ações/intervenções identificadas na bacia. **Parcialmente atendido.** A análise integrada foi realizada, entretanto os dados quantitativos disponíveis de outros subprojetos e fonte não foram integrados, de modo que o modelo construído foi teórico. Esses dados devem ser adicionados no próximo relatório ou mencionados / referenciados caso estejam presentes em outros relatórios ou subprojetos.

Atendimento a produtos:

Documentos produzidos no âmbito da Renova, do CIF e de suas Câmaras Técnicas, dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs), do IBio AGB Doce, entre outros; Dados e informações das ações/intervenções. **Parcialmente atendido.** Apesar da menção no texto do relatório da consulta aos documentos disponíveis, os mesmos não são compilados e não há uma lista geral de documentos consultados, solicitamos para a próxima versão do relatório que o mesmo apresente também os dados em forma de listas, tabelas, gráficos ou figuras com objetivo de sistematização e contribuição para a análise.

Categorização e mapeamento das ações/intervenções; Avaliação dos potenciais impactos de cada uma das ações/intervenções identificadas; Avaliação dos potenciais impactos do conjunto de ações/intervenções. **Atendido.**

4.2.3.4.2 - Encaminhamentos

As correções, alterações, complementações e sugestões levantadas a seguir devem ser consideradas na próxima versão do relatório.

Item 2.1.2: Explicar quais são as fontes dos indicadores de saneamento e qual seu método de cálculo.

Item 2.1.3: Definir como foi feito o acompanhamento mais próximo às CTs.

Item 3.1.1: Inserir fonte no mapa da Figura 2.

Figura 3: Aumentar a legenda e melhorar a qualidade da imagem. Comparar o dado de descarga de N, DBO e P com o dado modelado no projeto de fluxos, de carga afluente do Rio ao Mar.

Página 17, segundo parágrafo: inserir referência aos mapas com as cinco regiões delimitadas. Necessário incluir, em algum ponto, a poluição difusa advinda das pastagens, além do uso de água para dessedentação animal que não é normalmente outorgada.

Item 3.1.3: Inserir, no quadro 5, o andamento das ações elencadas, uma vez que muitas delas estão em fase de projeto. Nos comentários considerar este fato, também.

Sugestão para atendimento do Plano de Trabalho: Realizar sobreposição dos mapas para aferição de áreas de risco/áreas que devem ter ações direcionadas. Sobreposição posterior de mapa em que há ações da FR e de outros atores. Relacionar com fluxos de água e sedimentos.

4.2.3.5 - Análise do Subprojeto: RT 18E - Anexo 3 Dulcícola - Ácidos Graxos, Composição Elementar e Isótopos.

4.2.3.5.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento a metas

Monitoramento ambiental da área dulcícola em 12 estações na região do Baixo Rio Doce: Análise de lipídeos totais, ácidos graxos e das concentrações totais de C, N e suas razões isotópicas no sêston e sedimentos. **Parcialmente atendido.** Análise de lipídeos totais na água e sedimentos foi realizada em 75% das amostras (campanhas 1 a 9); análise de ácidos graxos em água e sedimentos foi realizada em 33% das amostras (campanhas 1 a 8 para água somente); análise das concentrações totais de C, N e suas razões isotópicas no sêston e sedimentos foi realizada em 58% das amostras (campanhas 1 a 7).

(i) o potencial de ferramentas marcadores bioquímicas – lipídeos totais e ácidos graxos – na avaliação direta das consequências do impacto do rejeito de mineração sobre a estrutura trófica e o fluxo de energia em ecossistemas lacustres e fluviais impactados. **Não atendido.** Não foram observadas avaliações diretas da estrutura trófica e de fluxo energético em sistemas aquáticos impactados e suas relações e potencialidade da utilização das ferramentas bioquímicas supracitadas. Há carência de estabelecimento de metodologia que descreva qual a estratégia a ser estabelecida para atendimento a esta meta. Entretanto, não causa prejuízo para entendimento do relatório. Considerando a importância de se relacionar os dados encontrados com a magnitude do impacto do desastre, solicitamos que a questão seja considerada em tópico específico no próximo relatório.

(ii) as razões de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da MOP dos sedimentos e do sêston, para monitorar a variação espacial e temporal e as origens da MO na bacia e na pluma do Rio Doce. Esse monitoramento permite avaliar os impactos do rompimento da barragem do Fundão no contínuo aquático, e futuramente, propor ações de mitigação e recuperação. **Parcialmente atendido.** As análises realizadas até o momento representam um esforço positivo de avaliação da gênese da MO no Rio Doce, entretanto as análises apresentadas não foram suficientes para inferência de relações claras entre os isótopos e a origem da MO. É esperado que haja maior robustez nos resultados após a inclusão do restante das análises, não avaliadas até o momento da entrega do relatório, e com a

inclusão de amostras de vegetação ripária e do dejetos da Barragem de Fundão, devendo estes constar no próximo relatório.

Atendimento a produtos

Concentração de lipídeos totais em amostras de séston e sedimento. **Parcialmente atendido.** No relatório são apresentados os dados sumarizados apenas e há dados de determinadas campanhas não apresentados, como mencionado na seção Atendimento a Metas.

Concentração de ácidos graxos saturados e insaturados em amostras de séston e sedimento. **Parcialmente atendido.** No relatório são apresentados os dados sumarizados apenas e há dados de determinadas campanhas não apresentados (vide Atendimento a Metas, nesta seção).

Razão isotópica de C e N em amostras de séston e sedimento. **Parcialmente atendido.** No relatório são apresentados os dados sumarizados apenas e há dados de determinadas campanhas não apresentados (vide Atendimento a Metas, nesta seção).

Concentração de C e N em amostras de séston e sedimento. **Parcialmente atendido.** No relatório são apresentados os dados sumarizados apenas e há dados de determinadas campanhas não apresentados (vide Atendimento a Metas, nesta seção).

Análise espaço-temporal da concentração de lipídeos totais e ácidos graxos saturados e insaturados no séston e sedimento (frequência mensal). **Atendido.**

Discussão da variabilidade na composição de ácidos graxos no séston e sedimento à luz das modificações físicas (alteração na intensidade luminosa causada por aumento na turbidez, aporte de material externo, etc) e biológicas (alterações na composição da comunidade) sofridas nos sistemas analisados. **Parcialmente atendido.** As avaliações de ácidos graxos foram prejudicadas por problemas técnicos com materiais críticos, entretanto a análise dos dados se restringiu a principalmente relacionar a extensão da cadeia carbônica à sua provável fonte, não havendo relações dos teores de ácidos graxos a outras variáveis limnológicas avaliadas no contexto geral do Anexo 3, tampouco com modificações biológicas. Estes aspectos devem ser ressaltados na próxima versão do relatório.

Discussão da variabilidade nas razões isotópicas no séston e à luz das modificações físicas sofridas no sistema (alteração na intensidade luminosa causada por aumento na turbidez, aporte de material externo, etc). **Parcialmente atendido.** O relatório apresenta discussão acerca das proporções de isótopos nas diferentes amostras, entretanto, novamente, não há avaliação que contemple simultaneamente os resultados de isótopos e valores amostrados de turbidez, de aportes externos indicados pelas análises de ácidos graxos, por exemplo. Estes aspectos devem ser ressaltados na próxima versão do relatório.

4.2.3.5.2 - Encaminhamentos

Os encaminhamentos, solicitações e sugestões a seguir devem contar no próximo relatório.

Item 2: A forma de coleta e acondicionamento do séston não condiz com o Plano de Trabalho, não havendo seu pré processamento. Não foram indicados os locais dos pontos de coleta em mapa, bem como não foi descrito a metodologia utilizada para as coletas em ambientes profundos. **Encaminhamento:** Descrever a forma de coleta do séston à luz do Plano de Trabalho e explicar eventuais ajustes, bem como descrever a metodologia de coleta em ambientes profundos. Inserir carta temática com a localização dos pontos de coleta no relatório.

Item 3: Justificar o atraso das análises das amostras de ácidos graxos na água (apenas mencionar "ausência de material crítico, vide anexo"). Referenciar as campanhas aos meses dos anos.

Item 3.1.1: Ajustar parágrafos da página 9.

Encaminhamento: Apresentar no próximo relatório avaliações de correlação entre modificações físicas e biológicas que explicam as variações dos isótopos no séston e no sedimento.

Item 3.1.1.2: Lipídeos no séston podem ser resultado de ressuspensão e decomposição de matéria alóctone.

Item 3.2: As justificativas dos atrasos podem vir ao final do documento, como anexos, sendo apenas referenciadas/mencionadas no texto. Elas não fazem parte do escopo do trabalho e não devem ser apresentadas no corpo do texto principal. Caso tenha sido enviado ofício ou formalizada a comunicação da RRDM com a Fundação Renova sobre os problemas com aquisição de material crítico, inserir os protocolos/números de controle dos documentos no anexo, ou outra forma de referência que esteja presente no relatório.

Página 35: Na avaliação de ácidos graxos, há discussão dos resultados, entretanto os mesmos não estão explícitos no texto. **Encaminhamento:** Apresentar os valores no texto antes de discuti-los.

Tabela 3: corrigir a unidade.

Página 37: A conclusão aparenta ser precipitada, uma vez que não houve uma completude nas análises dos ácidos graxos. Recomenda-se aguardar uma maior robustez analítica antes de haver conclusões para este sub-projeto, uma vez que foram elencados vários percalços nas análises durante a execução do projeto, podendo estas influenciar nos resultados.

4.2.3.6 - Análise do Subprojeto: RT 18F - Anexo 3 Dulcícola –Metais e Contaminantes Orgânicos.

4.2.3.6.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Referente ao Projeto: Caracterização limnológica dos ecossistemas fluviais, lacustres e estuarinos do Baixo Rio Doce

Atendimento a metas:

Submeta 1: Coleta de água para análises hidroquímicas e registro de parâmetros físico-químicos na coluna d'água em 12 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Coleta mensal em 1, 2 ou 3 profundidades distintas (superfície, meio e fundo). **Atendido.**

Submeta 2: Coleta de sedimento para análises hidroquímicas em 12 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Coleta mensal de amostras de sedimento com busca fundo van Veen/Ekman. **Atendido.**

Submeta 3: Registro de parâmetros físico-químicos na coluna d'água na coluna d'água em 12 estações amostrais conforme o Anexo 3. Descrição: Registro in situ de dados com perfilagem com sonda multiparâmetros e CTD. **Atendido.**

Atendimento a produtos:

Coluna d'água: Perfil térmico, Turbidez, Oxigênio dissolvido, Potencial Redox, pH, Condutividade elétrica, Salinidade, Concentração de Material Particulado em Suspensão - MPS, Concentração de nutrientes (nitrogênio, fósforo e silício), Concentração de clorofila a, Concentração de matéria orgânica dissolvida cromófora - MODC, Concentração de elementos traço nas frações total e dissolvida (Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Al)* e óxido de ferro. **Parcialmente atendido.** As avaliações de perfil térmico, turbidez, OD, Redox, pH, condutividade, salinidade, MPS, nutrientes e clorofila-a foram apresentados no relatório RT-18B_Limnologia. Neste mesmo documento há menção nos materiais de métodos da avaliação de matéria orgânica dissolvida cromófora, entretanto não há resultados associados. Os elementos analisados foram Al, As, Ba, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Gd, Hg, Ho, La, Lu, Mn, Nd, Ni, Pb, Pr, Sm, Sn, Th, Tm, U, V, Yb e Zn em suas frações totais, dissolvidas e no MPS em água e sedimento, sendo a avaliação consideravelmente mais robusta do que a definida no Plano de Trabalho. Não foram apresentadas análises relativas a óxidos de ferro, conforme solicitado na NT nº8 supracitada, devendo ser justificada sua ausência ou os parâmetros serem apresentados no próximo relatório.

Sedimento de fundo: Granulometria, Teor de matéria orgânica, Concentração de elementos traço nas frações total e dissolvida (Cd, Pb, Ni, Zn, Fe, Al)*. **Atendido.** Houve incremento na avaliação dos elementos, em relação ao definido no Plano de Trabalho, conforme descrito no item anterior, "Coluna d'água".

Análise da variação espaço-temporal do ambiente físico-químico com ênfase nas concentrações do material dissolvido e particulado na coluna d'água dos ecossistemas aquáticos dulcícolas e estuarino do Baixo Rio Doce (amostragem mensal). **Parcialmente Atendido.** A análise temporal não foi apresentada para orgânicos em água e sedimento, devendo ser justificada a sua ausência ou apresentados os dados no próximo relatório.

Análise espaço-temporal da variação do sedimento depositado na calha fluvial e no fundo dos lagos (quanto a granulometria e composição) dos ecossistemas aquáticos dulcícolas e estuarino do Baixo Rio Doce (amostragem mensal). **Parcialmente atendido.** Foi descrita a distribuição dos metais em sedimento de acordo com as extrações sequenciais, mas não houve relação e avaliação da composição de diferentes granulometrias de sedimento.

Análise da variabilidade espaço-temporal considerando a integração dos dados da coluna d'água e sedimentos de fundo com os dados de vazão fluvial. **Não atendido.** No relatório avaliados nesta seção não puderam ser identificadas análises que relacionassem os dados de coluna d'água e de sedimentos de fundo a dados de vazão fluvial, tampouco estes foram identificados nos demais relatórios. A justificativa para a ausência dessas informações, bem como as mesmas, deve constar no próximo relatório.

4.2.3.6.2 - Encaminhamentos

As alterações e complementações a seguir devem ser consideradas no próximo relatório.

Item 1: Parte da introdução é referente a material e métodos. Georreferenciar pontos de coleta.

Item 2: Metodologia preconiza 6 metais, foram avaliados 30 elementos. Explorar as variações de número de amostras para cada composto, mostrando quando e quais amostras foram perdidas. Apresentar método de coleta e profundidades.

Item 3.1.2.3: Figura 21 e 22: inserir, na legenda, o significado da linha pontilhada do box plot. **Encaminhamento:** a apresentação dos resultados de pesticidas teve caráter expositivo, entretanto, considerando os possíveis riscos que tais compostos podem trazer à biota e a humanos, considera-se pertinente a discussão da provável fonte dos poluentes mais proeminentes e de sua toxicidade.

Item 3.1.2.4: **Encaminhamento:** a apresentação dos resultados de pesticidas teve caráter expositivo, entretanto, considerando os possíveis riscos que tais compostos podem trazer à biota e a humanos, considera-se pertinente a discussão da provável fonte dos poluentes mais proeminentes e de sua toxicidade, em especial o pireno, que apresentou o maior número de não conformidades, 18%.

Item 3.1.2.5: Mencionar se há legislação ou limites NOAA para o parâmetro hidrocarbonetos alifáticos e se há possível relação com a lama da Samarco.

Item 3.1.2.6: No texto, é mencionado que a concentração de esteróis chega até 35 ng/L, entretanto os valores apresentados no gráfico da Figura 31 são de aproximadamente 1 ug/L. **Encaminhamentos:** ajustar inconsistência entre texto e figura. Mencionar se há legislação ou limites NOAA para o parâmetro hidrocarbonetos alifáticos e se há possível relação com a lama da Samarco.

Item 3.1.3.2: Discutir os dados em relações a referências.

Itens 3.1.3.3 a 3.1.3.7: Realizar discussão integrada destes resultados, qual seu significado, quais valores se encontram altos, se há alguma tendência de redução, se há correlação com os valores observados na água.

Item 3.1.4.7: Mesma recomendação da fração água.

Item 3.1.3.1: Verificar nomenclatura lagos e lagoas.

Item 4: Não foi realizada uma avaliação de referências, mas o fato de haverem apenas 4 referências ao final do documento indica que houve pouca discussão e comparação dos resultados a estudos externos.

Principais resultados:

Valores de metais no sedimento superiores aos na água. Ce e Fe são maiores nas áreas afetadas pela lama da Samarco. Aumento de 47% do Fe entre 2015 e 2019. 1662% em bário. 40% para Mn. Ce e Ba não foram avaliados em 2015 pelo IEMA.

Metais com impacto nos Lagos (água): Al, Ba, Fe, Ce, Mn. Observados apenas após passagem da lama: As, Cr, Cu, La, Ni, Pb, Th, V, Zn.

Considerações finais:

De modo geral, foi apresentada uma exposição de resultados, sem muitas avaliações, correlações, comparações entre variáveis e indicações de função ecossistêmica e impactos ambientais. Há conclusões que indicam a relação com o desastre de Fundão realizadas de forma incipiente. Há uma necessidade geral de comparação mais clara entre as amostras de água e de sedimento, que traria elucidações sobre o comportamento dos poluentes.

4.2.3.7 - Análise do Subprojeto: RT 18G - Anexo 3 Dulcícola - Fitoplâncton.

4.2.3.7.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento a metas:

Meta 4: Monitoramento ambiental da área dulcícola em 12 estações ao longo da bacia do Rio Doce: Fitoplâncton dulcícola. **Atendido.**

Atendimento a produtos:

Densidade e biomassa (concentração de clorofila-a) do fitoplâncton dulcícola; Riqueza de espécies; Diversidade de Shannon & Wiener, Equitabilidade de Pielou; Dominância de Simpson; Cianobactérias potencialmente tóxicas. **Atendido.**

Análise espaço-temporal da variação da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis físico-químicas da água, principalmente temperatura, pH, condutividade elétrica, luminosidade, concentrações de nitrogênio, fósforo, ferro e clorofila a. **Não atendido.** Análise espaço-temporal não apresentada em função das variáveis físico-químicas, não deixando clara a ocorrência de impactos negativos e as relações existentes entre os parâmetros estudados. Entretanto, não causa prejuízo para entendimento do relatório. Estas análises, bem como a justificativa de sua ausência, devem constar no próximo relatório.

Análise do potencial de produção de toxinas por cianobactérias e relação com a saúde pública. **Parcialmente atendido.** Análise do potencial de produção de toxinas por cianobactérias apresentada, entretanto houve carência da relação com saúde pública. Não foram apresentadas principais fontes de captação de água e a localização dos pontos onde houve presença de cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas. Solicitamos que os dados e informações constem no próximo relatório.

4.2.3.7.2 - Encaminhamentos

Os encaminhamentos e considerações a seguir devem ser considerados e constar no próximo relatório.

Item 1: Especificar a barragem do Complexo de Germano (linha 6, parágrafo 1).

Item 2: Biomassa, através de concentração de clorofila-a, não foi mencionada;

Figura 1: **Encaminhamentos:** Cor de rodovias e de rios muito similar, escolher cores que possuam mais contraste; rios não mencionados na legenda; UHEs estão como linhas na legenda, devendo ser pontos e devem ser designadas; inserir designação individual dos pontos no mapa; designar lagoas/lagos e tributário amostrado; texto deve possuir fonte maior e ter a função “halo” para facilitar sua leitura.

Apresentar quadro com: designação do ponto de coleta, nome do corpo d'água, tipo de corpo d'água (rio, lago, lagoa), coordenadas.

Item 3.1: Parágrafo 2: Maior representatividade, no ambiente fluvial, foi Chlorophyceae (24%), Bacillariophyceae (22%), Zygnematomyceae (19%) e Cyanophyceae (17%) - de acordo com o gráfico de setor, diferente do descrito no texto. **Encaminhamento:** Ajustar inconsistência.

Apresentação dos dados: Na composição da comunidade fitoplanctônica, é recomendável que sejam separados dados de ambientes lóticos e lênticos, para fins de comparação, já que as bibliografias mencionadas o fazem. Idealmente, deve-se comparar a diversidade e composição das comunidades fitoplanctônicas de ambientes lóticos e lênticos separadamente, apresentando as composições obtidas em estudos pretéritos e as obtidas no presente estudo.

Item 3.2: Inserir, nos gráficos, limites da CONAMA 357/2005.

Item 3.3: **Encaminhamentos:** Parágrafo 1: substituir “índices de riqueza” por “índices de diversidade”. Explicar o motivo de alguns pontos possuírem o N=11, indicar qual amostra foi perdida e por qual motivo. Na Tabela 1 há algumas linhas divisórias faltando, o que dificulta a leitura e outras linhas destacadas, sem motivo aparente.

Encaminhamento: Figura 6: Realizar distinção, na legenda, do que é diversidade e do que é dominância.

Item 3.4: Encaminhamento: Figura 8: indicar na legenda o que é cada elemento do gráfico.

Principais resultados:

695 taxa, 17 classes. Cianofíceas muito prevalentes - 90% na maioria dos pontos. Espécies relacionadas a altas concentrações de ferro e a ambientes eutrofizados. Alterações morfológicas de frústulas de diatomáceas associadas à contaminação por metais. Resultados muito mais elevados do que os apresentados no PMQOS. Ame & Wunderlin (2006) mostraram que *Microcystis* produz microcistina se submetidas a ferro. Bioindicador potencial: *Synechocystis aquatilis* *S. minúscula* (presente em ambiente estressado, registro de produção de cianotoxina).

4.2.3.8 - Análise do Subprojeto: RT-18H - Anexo 3 Dulcícola - Zooplâncton.

4.2.3.8.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento a Metas:

Meta 1 - Monitoramento da Comunidade Zooplancônica nos ecossistemas aquáticos do Baixo Rio Doce (ES). **Atendido.**

Meta 2 - Avaliação da estrutura da comunidade zooplancônica nos ecossistemas aquáticos do Baixo Rio Doce. **Atendido.**

Meta 3 - Biomassa da comunidade zooplancônica nos ecossistemas aquáticos do Baixo Rio Doce. Atendido. **Atendido.**

Meta 4 - Avaliação do fitness da comunidade zooplancônica nos ecossistemas aquáticos do Baixo Rio Doce. **Parcialmente Atendido.** O fitness do zooplâncton não foi avaliado conforme indicadores de ingresso de novos indivíduos, informar no próximo relatório a justificativa ou acrescentar os dados.

Atendimento a produtos:

Comunidade zooplancônica dulcícola: Composição de espécies; Densidade (organismos/m³) e Abundância relativa das espécies (%); Riqueza, Uniformidade e Diversidade de espécies com o uso de Índice de Shannon; Biomassa (ug.Peso Seco.m³) e categorias de tamanho do zooplâncton; Indicadores do ingresso de novos indivíduos para a comunidade zooplancônica (fitness). **Atendido parcialmente.** Não foram apresentados os índices de Shannon, categorias de tamanho e o indicador de fitness, devendo ser justificado o motivo ou acrescentado para o próximo relatório.

Análise espaço-temporal da composição de espécies zooplancônicas e da distribuição quantitativa das comunidades (espécies dominantes, espécies raras, categorias funcionais dominantes - micro, meso ou macrozooplâncton). **Parcialmente atendido.** Análises temporal não foi realizada, devendo constar no próximo relatório.

Avaliação da diversidade de espécies considerando o grau de uniformidade da comunidade, riqueza e diversidade de espécies através de índices quantitativos. **Atendido.**

Análise da biomassa zooplancônica em função das espécies dominantes e categorias de tamanho predominantes, considerando a integração de dados com outros ecossistemas aquáticos continentais similares. **Atendido parcialmente.** A análise de biomassa foi realizada por meio da distribuição espacial das espécies e sobre a contribuição majoritária de um grupo. Não foram abordados tamanhos predominantes, tampouco realizada integração de dados com outros sistemas, solicitamos que essas análises sejam acrescentadas no próximo relatório.

Investigação dos indicadores que sugerem o recrutamento de indivíduos na comunidade zooplancônica através da presença de fêmeas ovadas e formas jovens, como parâmetro indicador da qualidade do habitat dulcícola. **Não atendido.** Entretanto, não causa prejuízo para entendimento do relatório. A questão deve ser inserida no próximo relatório, bem como uma justificativa para a ausência no documento aqui analisado.

Avaliação da relação da característica limnológica dos sistemas estudados e indicadores contínuos e categóricos da comunidade zooplancônica. Aplicação de análise canônica para constatar associação entre conjuntos de variáveis. **Não atendido.** Entretanto, não causa prejuízo para entendimento do relatório. A questão deve ser inserida no próximo relatório, bem como uma justificativa para a ausência no documento aqui analisado.

4.2.3.8.2 - Encaminhamentos

As sugestões a seguir devem ser contempladas no próximo relatório.

Item 2.1: Amostragem em campo não condiz com o preconizado no PT, havendo alteração no tamanho da malha, volume de água filtrada e a forma de anestesia não foi explicitada. **Encaminhamento:** Apresentar justificativa técnica para a alteração da forma de amostragem e indicar possíveis variações de captura em decorrência da alteração da coleta de amostras.

Sobre a riqueza, se ela está necessariamente atrelada diretamente ao aumento do esforço, isso indica que a condição de plateau da curva de acumulação de espécies não foi atendida, indicando que há necessidade de coletas maiores, com maior frequência ou com metodologia

mais adequada. Portanto a afirmação do sexto parágrafo da página 7 deve apresentar ressalva neste sentido.

Item 3.1: Tabela 1: indicar os organismos por constância de ocorrência (constante, acessória e acidental).

Tabela 2: em "ambiente indicado", inserir ao lado do nome da estação seu tipo (lago, lagoa, rio, tributário).

Item 3.2: Indicar o N amostral de cada estação, preferencialmente no gráfico.

Item 3.3: Idem 3.2.

Página 18: Parágrafo 1: De acordo com a lógica da sentença, acredita-se que deva ser substituída a palavra jusante por montante.

Item 3.5: Observação: Os dados pretéritos do médio doce, coletados no âmbito do PELD, devem ser tratados com ressalva se forem relativos à área do PERD, notadamente mais conservada.

Principais resultados:

*Espécies Indicadoras: *Bosminopsis deitersi*, *Thermocyclops minutus*, em menor grau de importância, também as *Mesocyclops ogmnus*, exótica, e a *Notodiptomus iheringi*, indicadora de ambiente eutrofizado. Áreas de lagoas costeiras importantes no recrutamento e repovoamento. Correlação negativa entre densidade e riqueza de zooplâncton e metais (Al, Fe, Cr e V). Fito-zoo correlação positiva, mas negativa para Al.

4.2.3.8.3 - Análise Geral

Os dados foram trabalhados e discutidos pautados principalmente na aplicação de conceitos de diversidade beta e fenômenos que influenciam na mesma, como aninhamento e turnover, em função da variabilidade de riqueza, abundância e biomassa entre os ambientes. Entretanto, não houve avaliação temporal sobre estas relações ao longo dos 12 meses de campanhas, dificultando o entendimento acerca das variações temporais às quais os ambientes estão sujeitos. Ademais, pelo fato de haver diferenças entre os tipos de habitats (lênticos e lóticos), é de se esperar que haja variação entre as diversidades e que estas sejam significativas. Por este motivo, de as variabilidades observadas dentre os ambientes poderem ser explicadas pela diferença de habitats e havendo a dificuldade em estabelecimento de relação entre os locais afetados com o desastre, as avaliações temporais permitiriam o entendimento da progressão do estabelecimento das comunidades zooplanctônicas.

Os resultados dos índices de Shannon e Pielou não foram apresentados para os ambientes estudados, sendo apenas mencionada a correlação de Shannon com metais. A escolha de alumínio para a análise de correlação entre razão da biomassa zooplâncton: fitoplâncton não foi explicada, tampouco foi mencionado se foram realizadas outras avaliações com outros elementos. A escolha de Al, Fe, Cr e V para análises de correlação com o zooplâncton também não foi explicada no texto.

De um modo geral, o relatório não seguiu o que foi proposto no Plano de Trabalho, entretanto foram utilizadas abordagens analíticas com potencial de fornecer resultados robustos acerca do desastre da Samarco, havendo então o entendimento que o relatório representou um esforço positivo no sentido de avaliação do desastre. Entretanto, toda alteração neste sentido deve ser acordada e oficializada previamente, ou, se a posteriori, deve ser apresentada justificativas robustas para a alteração. Solicitamos que a situação seja justificada no próximo relatório, em tópico específico.

4.2.3.9 - Análise do Subprojeto: RT - 181 - Anexo 3 Dulcícola - Perífiton.

4.2.3.9.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento a objetivos:

i) descrever a flora de algas perifíticas. **Atendido.**

ii) avaliar a variação espacial e temporal da abundância das espécies e da biomassa perifítica. **Parcialmente atendido.** Avaliação temporal não realizada, solicitamos que seja dada atenção específica no atendimento dessa questão no próximo relatório.

iii) avaliar a qualidade ecológica do Baixo Rio Doce e de lagoas adjacentes a partir de espécies indicadoras da comunidade perifítica. **Atendido.**

Atendimento a metas:

Meta 1 - Avaliação da qualidade ecológica do Baixo Rio Doce utilizando a comunidade perifítica. **Atendido.**

Atendimento a Produtos:

Lista de táxons de algas perifíticas; Abundância de espécies perifíticas; Concentração de clorofila-a do perifiton; Peso seco e peso seco livres de cinzas do perifiton. **Atendido Parcialmente.** Não foram realizadas análises referentes ao peso livre de cinzas do perifiton, sendo assim, solicitamos justificativa no próximo relatório. Nos resultados, são apresentados uma lista dos taxon encontrados, bem como uma divisão por classificação. Fora apresentado o registro de 689 táxons, divididos em 15 Classes (Tabela 2). Com a enumeração das Classes mais abundantes - Bacillariophyceae (293 taxa), Zygnematophyceae (120 taxa), Cyanophyceae (117 taxa) e Chlorophyceae (98 taxa), destacando que as diatomáceas (Bacillariophyceae e Coscinodiscophyceae) compuseram quase 45% de toda a ficoflora perifítica na bacia do Baixo rio Doce (mais de 300 taxa). Apresenta também uma comparação do número de taxa em relação ao tipo de ambiente (

ambientes fluviais: 479 taxa, com 254 exclusivos, e ambientes lacustres, com 435 taxa, sendo 210 exclusivos.

Análise da variação espacial e temporal da estrutura, composição e biomassa da comunidade perifítica ao longo do trecho capixaba do Baixo Rio Doce e de lagoas adjacentes; Análise das possíveis espécies indicadoras de degradação ambiental. **Atendido Parcialmente.** Análises temporais da comunidade perifítica somente foram realizadas em relação à abundância. Solicitamos justificativa no próximo relatório.

4.2.3.9.2 - Encaminhamentos

Para o próximo relatório, atentar para as seguintes considerações:

Item 2.2.1. Tabela 1 - Indicar qual tipo de substrato é fixo e qual é flutuante.

Item 3.1.4. Página 22. No primeiro parágrafo há a afirmação que os ambientes lacustres sofrem menos estresse que os fluviais. **Encaminhamento:** considerar no texto do próximo relatório a explicação dos motivos dos ambientes lacustres sofrem menos estresse que ambientes fluviais.

4.2.3.9.3 - Análise Geral

O relatório apresenta diversos incrementos em relação ao preconizado no Plano de Trabalho, sendo as análises apresentadas passíveis de serem integradas à revisão do TR4.

4.2.3.10 - Análise do Subprojeto: RT 18J - Anexo 3 Dulcícola– Macrófitas.

4.2.3.10.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Atendimento aos objetivos:

1. Identificar taxonomicamente a riqueza e composição das espécies de macrófitas aquáticas. **Atendido.** O relatório apresenta como resultados a composição taxonômica das espécies apresentadas.

2. Identificar a distribuição geográfica e elaborar mapas georreferenciados das espécies ocorrentes na Bacia do Rio Doce. **Atendido.** **Encaminhamentos:** O relatório apresenta a distribuição geográfica das espécies encontradas e a localização de cada espécie em mapas, destacando a estação amostral em que esteve presente. Entretanto, não apresenta os dados de georreferenciamento das estações amostrais. Apesar do georreferenciamento das estações amostrais estar presente em outros relatório/documentos, solicitamos entretanto que este esteja presente nos próximos relatórios apresentados, com atenção especial à descrição e padronização, por exemplo do *Datum*, a fim de facilitar a conferência. As cartas temáticas apresentadas encontram-se “pixeladas”, dificultando a visualização, sendo necessária a apresentação de cartas em maior resolução.

3. Elaborar guia(s) fotográfico(s) para identificação das espécies em seu habitat. **Atendido.** O relatório apresenta guia de campo simplificado para a identificação fotográfica das espécies em seus habitats, conforme objetivo elencado.

Atendimento às metas:

Meta 4. Monitoramento ambiental da área dulcícola em 10 estações ao longo da bacia do Rio Doce: Caracterização de da comunidade de macrófitas aquáticas. **Atendida.**

Submeta 1. Coleta de Dados: Realizar expedições de coleta mensais por um período de doze meses, a partir do início da execução da proposta, nas áreas pré-estabelecidas ao longo do curso do Rio Doce no estado do Espírito Santo. Justificativa: Coleta de material botânico para elaboração de uma lista de espécies, a partir da determinação da riqueza e composição estimadas das espécies nas áreas amostradas. **Atendida.** As coletas foram realizadas no período proposto, bem como na quantidade e frequência elaborada e descrita no plano de trabalho. De acordo com a justificativa, também foram apresentada a lista de espécies e determinada a riqueza das estações amostrais.

Submeta 2. Análise de Dados. Comparar os componentes da diversidade (riqueza, abundância e composição), entre as áreas afetadas e não afetadas e ao longo do tempo de recuperação. Justificativa: Monitoramento das mudanças das comunidades em resposta às possíveis modificações abióticas decorrentes da recuperação das características originais do rio. **Atendida.** O relatório apresenta as análises estatísticas propostas (riqueza, abundância e composição) entre os pontos amostrados e apresenta comparações espaciais entre as análises. As comparações temporais entre os resultados das análises se dá apenas no período em questão, não fazendo a comparação dos parâmetros pré acidente, alegando que não há dados pretéritos.

Submeta 3. Distribuição espacial. Diagnosticar habitats preferenciais das espécies e indicar possíveis endemismos até o final do projeto. Justificativa. Análises dessa natureza são utilizadas para determinação de possíveis áreas de proteção baseadas nas informações de distribuição geográfica ou especificidade ambiental. **Em andamento.** Apresenta, para os dados coletados e analisados até o momento, a distribuição espacial das espécies, e inicia o diagnóstico dos habitats preferenciais / endemismos, sem no entanto fazer qualquer discussão quanto às preferências de habitat das macrófitas, o modo de vida das espécies encontradas e a relação desses parâmetros com os possíveis impactos do ambiente. Conforme previsto no plano de trabalho, a submeta em análise deve ser atingida até o final do projeto, portanto considera-se que a submeta se encontra em andamento.

Submeta 4. Guias Fotográficos. Montar um banco de imagens das espécies em seu ambiente natural. Justificativa. Imagens das características diagnósticas que melhor se apliquem à identificação específica são de extrema relevância para elaboração de diagnósticos ambientais rápidos. **Atendido.** O relatório apresenta um guia fotográfico simplificado das espécies encontradas, em seu habitat.

Atendimento aos produtos:

De maneira geral, os parâmetros de diversidade (abundância, riqueza, índice de dominância e composição de espécies) foram comparados tanto espacial (áreas afetadas diretamente e áreas adjacentes) quanto temporalmente (ao longo de 12 meses).

Riqueza e composição de espécies de macrófitas. **Atendido.** O documento contém a lista das espécies apresentadas bem como apresenta a análise da composição e riqueza das estações de amostragem.

Similaridade florística. **Atendido.** Os dados de similaridade são apresentados como resultados, porém sem discussão sobre o seu significado no que diz respeito à magnitude dos impactos e seu nexos causal como o acidente.

Espécies indicadoras (Exóticas/Endêmicas/Ameaçadas). **Atendido.** O documento indica 4 espécies de bioindicadoras pelo critério de possuírem altas taxas de crescimento em ambientes perturbados [*Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *E. crassipes* (Mart.) Solms (Anthophyta - Pontederiaceae) e *Salvinia auriculata* Aubl. e *S. biloba* Raddi (Monilophyta - Salviniaceae)], e realiza testes como análises de co-variância (ANCOVAs), onde a variável dependente foi sempre a abundância de cada espécie e as variáveis explicativas foram ambiente (categórica) e tempo (contínua) sem no entanto discutir o significado dos resultados.

Identificação dos grupos de plantas macrófitas na foz do Rio Doce e regiões adjacentes. **Atendido.** Apresenta a identificação das espécies encontradas nos pontos amostrais, com exceção de uma (de 105) espécies, porém justifica que o indivíduo coletado não estava maduro e portanto não apresentava estruturas anatômicas suficientes para permitir sua identificação.

Comparação da composição florística com outras áreas de semelhantes condições abióticas para verificação da similaridade entre áreas. **Não atendido.** As análises e comparações entre as composições florísticas dos pontos amostrais não é feita entre pontos semelhantes, mas reunindo pontos semelhantes e comparando com outros grupos, por exemplo, lagos e rios, não podendo ser considerado como uma análise satisfatória para o proposto pelo projeto, além do mais, como os outros pontos, se atenta a uma descrição dos resultados das análises, cuja discussão pouco agrega para a avaliação da magnitude dos impactos do acidente. Estas justificativas para o formato das análises e considerações quanto aos impactos que indicam devem constar de forma explícita no próximo relatório.

Discussão sobre espécies indicadoras e qualidade de ambiente. **Não atendido.** O relatório não apresenta uma discussão sobre as espécies indicadoras de forma que relacione sua presença/ausência com as condições de qualidade ambiental que isso representaria. De forma geral o documento é apenas descritivo com os resultados encontrados em decorrências das expedições de campo e análise dos dados. A discussão, se é que assim pode ser chamada, se limita a uma descrição de resultados, apresentando por exemplo apenas os pontos amostrais com maior ou menor riqueza, diversidade, abundância e dominância, sem qualquer discussão sobre o significado desses resultados, portanto não havendo qualquer menção sobre um nexos causal entre os parâmetros observados e os impactos no ambiente. Esta questão é de suma importância, desta forma, solicitamos para o próximo relatório que, nas conclusões, se aborde especificamente o significado dos resultados obtidos, em especial no que diz respeito à indicação de impactos e sua magnitude para a biodiversidade, no caso, de macrófitas dulcícolas.

4.2.3.10.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

As seguintes complementações devem ser observadas e constar no próximo relatório.

3. Página 13. Fit da curva foi deslocado pela presença de um outlier no mês 11, possivelmente enviesando a análise para indicação do aumento da abundância com o passar do tempo. **Encaminhamento:** Apresentar análise de residuais e ajustar o fit da curva.

Figura 10. Apresentar legenda para as cores e respectivos ambientes (ilegível sem ajuste).

3.1. A afirmação do primeiro parágrafo da página 21 deve ser melhor fundamentada, uma vez que o tipo de ambiente e a qualidade de suas águas interferem nas comunidades hidrobiológicas, como comumente é observada relação direta entre abundância de macrófitas e aporte de fósforo. Deve haver uma melhor descrição e comparação com a literatura para validar o argumento apresentado.

Solicitação de esclarecimento: foram selecionadas as seguintes espécies para ANCOVA: *Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Salvinia auriculata* e *S. biloba*, entretanto, as espécies que mais contribuíram para dissimilaridade dos habitats foram: *Eleocharis intersticta* (Rio Doce x lagoas), *Panicum aquaticum* (Rio Doce x Lagos) e *Alternanthera tenella* (Rio Doce x tributário), mencionado posteriormente, na discussão, *Pfaffia glomerata* e *Cuphea melvilla* como mais abundantes com importância para dissimilaridade. Explicar a razão da pré-seleção das quatro espécies em detrimento de outras que apresentaram resultados estatísticos mais evidentes em relação à contribuição para a dissimilaridade.

4.2.3.10.3 - Análise Geral

O relatório tem como escopo de avaliação as macrófitas, pois são considerados excelentes bioindicadores da qualidade de água, sendo importantes para caracterização dos sistemas aquáticos continentais pois desempenham papel importante na indicação da vulnerabilidade ambiental. A presença, quantidade e distribuição de determinadas espécies podem indicar a magnitude de alguns impactos ambientais em um ecossistema.

Neste sentido, apesar do documento cumprir os objetivos e apresentar os produtos propostos no RT-18J – Anexo 3 Dulcícola – Macrófitas, no formato em que se apresenta, não cumpre o proposto no escopo no que diz respeito a apontar ou indicar vulnerabilidades ambientais ou a magnitude de impactos do ecossistema avaliado, devendo ser reavaliado quanto a sua pertinência e formato. Ademais, as comparações entre áreas parecem fornecer dados circunstanciais que não contribuíram de forma significativa para a discussão dos resultados. Os pontos de importância levantados foram as análises de comunidades ao longo do tempo, a identificação de possíveis espécies indicadoras, de locais fonte de macrófitas e de vulnerabilidade a dominância exercida por determinadas espécies.

4.2.3.11 - Análise do Subprojeto: RT 18L - Anexo 3 Dulcícola – Análise abiótica e biótica no Ambiente Dulcícola - Discussão Integrada.

4.2.3.11.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Não há definição no Plano de Trabalho para a discussão integrada do ambiente dulcícola, apesar de haver definições específicas de análises integrativas em alguns dos subprojetos.

4.2.3.11.2 - Encaminhamentos

Complementações a serem consideradas para o próximo relatório:

Página 8: Ao final do primeiro parágrafo é afirmado que tempos maiores de detenção hídrica resultam em melhores condições de água. **Encaminhamento:** ajustar a sentença, uma vez não necessariamente ela é verdadeira em todos os casos de ambientes dulcícolas. Por exemplo, com maiores tempos de detenção hídrica pode haver estratificação da coluna d'água, levando a uma menor oxigenação da água em porções mais profundas, gerando ambientes redutores junto ao sedimento que mobilizam certas moléculas, como a de Ferro.

Página 12: Parágrafo 1: onde se lê “1) período de novembro de 2006 até março 2015, posterior à passagem da pluma de rejeito”, ajustar para “1) período de novembro de 2006 até março 2015, anterior à passagem da pluma de rejeito”.

Tabela 1: Apresentar a tabela também com dados de vazão.

4.2.3.11.3 - Considerações gerais:

Comparações IEMA/PMBA: Idealmente, deve-se comparar épocas similares ou, considerando que há dados de vazão, vazões similares entre os dias de coleta do IEMA pré-pluma e os dias do PMBA.

A utilização de ferramentas estatísticas como NMDS, SIMPER, GLM e *Stepwise regression* podem auxiliar, integrar e deixar mais assertivas as avaliações de realizadas para diferentes grupos.

4.2.4 - RT-19 A: Anexo 3 Marinho - Análise Abiótica e Biótica no Ambiente Marinho

Com relação à análise da parte relativa ao ambiente marinho do anexo 3 ressalta-se que o objetivo principal é **sintetizar os impactos ambientais e as principais alterações mais relevantes nos parâmetros monitorados, já identificados até o momento**, pois considera-se que a análise da aderência desta parte do PMBA ao TR 4 e ao respectivo plano de trabalho aprovado pela CTBio foi adequadamente contemplada na análise do primeiro relatório semestral do PMBA (apresentado à CTBio em maio de 2019), o qual indica que, de modo geral, o escopo está alinhado com os documentos de referência (TR 4 e plano de trabalho) e subprojetos estão sendo executados a contento, apesar de um ou outro percalço, o que já era esperado para um programa de monitoramento da magnitude do PMBA. A partir do acompanhamento da execução do PMBA realizado pela CTBio e da análise do segundo relatório do PMBA, observou-se que não houve modificações no escopo dos subprojetos ou problemas significativos durante a execução, consequentemente, entende-se que com relação à aderência ao Anexo 3 (porção marinha) TR 4 e plano de trabalho, a análise do primeiro relatório semestral do PMBA permanece representativa.

O Anexo 3 (porção marinha) compreende nove subprojetos, a saber: Modelagem numérica; Hidrogeoquímica; Sedimentologia; Fitoplâncton; Zooplâncton; Ictioplâncton; Bentos de fundos inconsolidados; Fundos recifais, rodólitos e macroalgas; e Mapeamento de habitats.

O 2º relatório do PMBA foi apresentado para câmara técnica de conservação da biodiversidade (CTBio - responsável pelo acompanhamento da cláusula nº 165 do TTAC e programas socioambientais relacionados) em novembro de 2019; e compreende um ciclo de um ano de monitoramento, abrangendo o período de novembro de 2018 a setembro de 2019. Ressalta-se, contudo, que parte dos subprojetos que integram o anexo 3 (porção marinha) do relatório abrangem também dados pretéritos, principalmente aqueles obtidos nas campanhas “emergenciais” realizadas em novembro de 2015, incluindo algumas campanhas realizadas antes da chegada do rejeito no estuário do rio Doce e área marinha adjacente e outras campanhas realizadas durante o ano de 2016.

Ressalta-se que nesta análise são destacadas as alterações mais relevantes nos parâmetros monitorados; os impactos ambientais mais evidentes a partir dos resultados obtidos; as alterações em compartimentos ambientais ou parâmetros considerados sensíveis e/ou vulneráveis; etc. Entretanto, é importante levar em conta que não se pretende apresentar um resumo de todos os resultados obtidos pelo

PMBA, pois para tanto seria necessário apresentar um imenso volume de dados e informações, sendo os próprios relatórios do PMBA e a respectiva base de dados brutos e trabalhados o repositório detalhado destas informações.

MALHA AMOSTRAL

Para a devida interpretação das informações apresentadas no presente parecer técnico, é necessário conhecer a malha amostral do PMBA. Portanto, nas figuras 1, 2 e 3 é apresentada a malha amostral do PMBA.

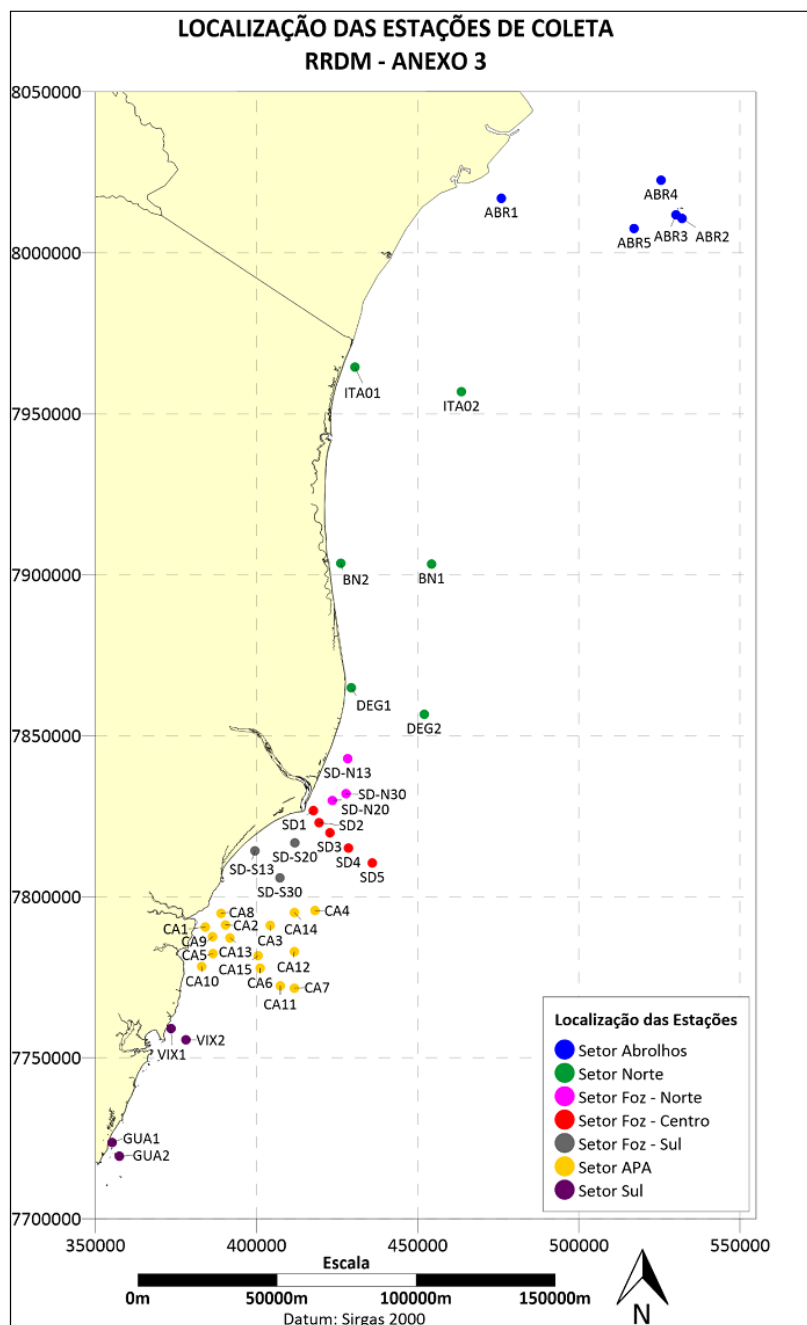


Figura 1: Malha amostral do PMBA. Para referência, o trecho do litoral representado abrange de Caravelas/BA, no limite norte, a Guarapari/ES, no limite sul.

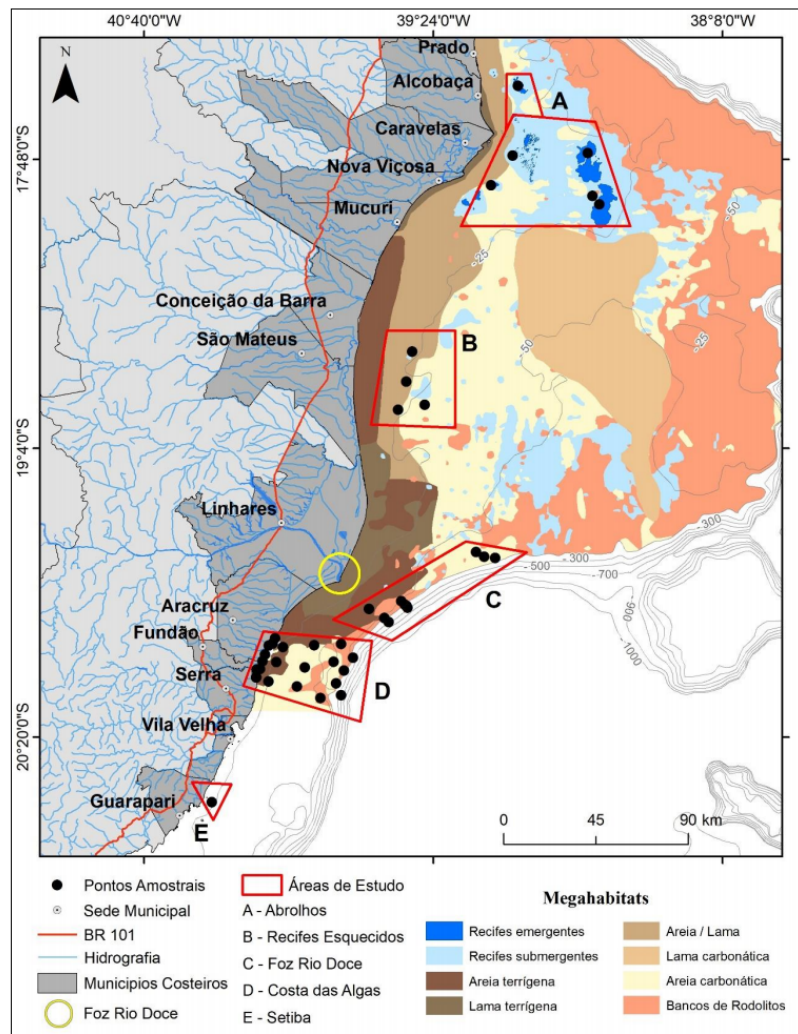


Figura 2: Malha amostral do PMBA, destacando os setores amostrais (referidos como áreas de estudo) e os mega habitats bentônicos da plataforma continental. OBS: o mapa inclui pontos amostrais que não estão contemplados no PMBA, no limite norte da "área A" e no limite leste da "área C"

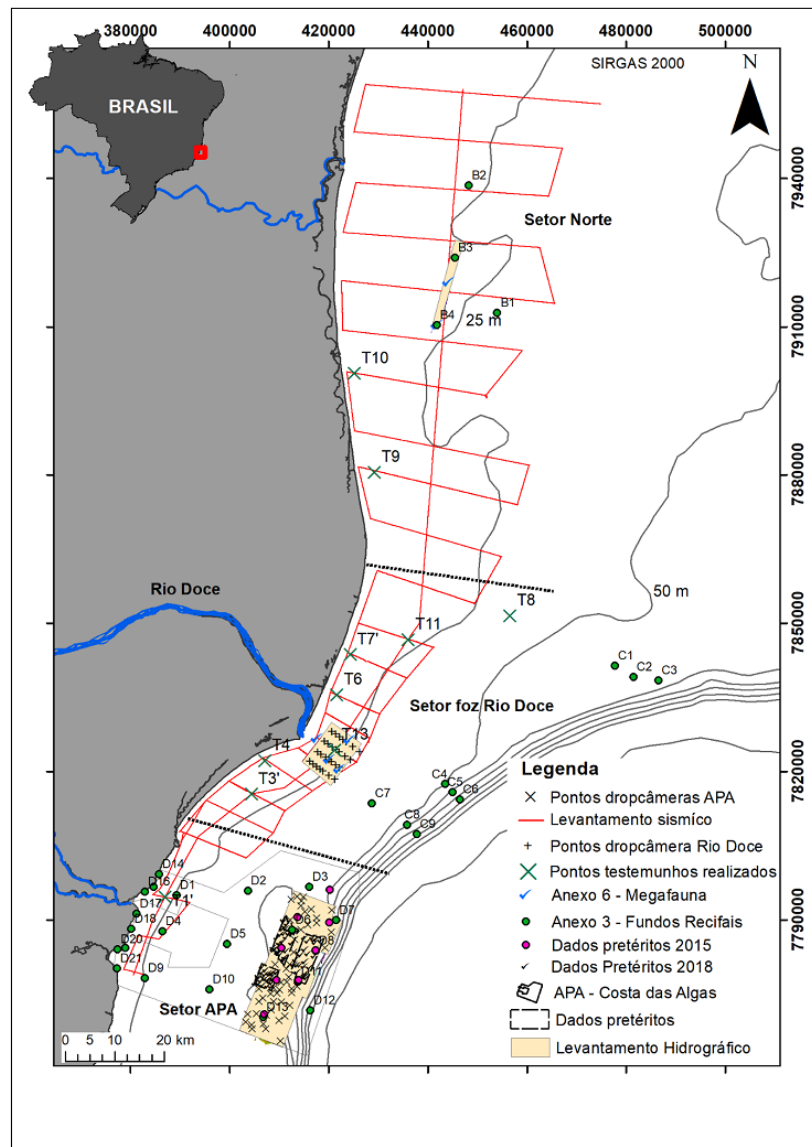


Figura 3: Malha amostral do subprojeto de mapeamento de habitats

4.2.4.1 - Análise do Subprojeto: RT 19B: Hidrogeoquímica

Este subprojeto contempla o monitoramento de nutrientes (Fósforo, Nitrogênio, etc.), metais e substâncias orgânicas (hidrocarbonetos, POPs, etc.) em três diferentes matrizes: água, sedimento e interface água/ar + emulsão ("espuma" eventualmente presente na interface), contemplando os cinco setores abrangidos pelo PMBA (Abrolhos; Norte; Foz do Rio Doce; APA Costa das Algas; e Sul).

Com relação aos nutrientes na matriz água, registra-se como o resultado mais crítico o aumento significativo e progressivo do nitrogênio amoniacal em todos os setores amostrados, apresentando atualmente concentração maior do que na época da chegada do rejeito na área marinha, ocorrida no final de novembro de 2015. Ainda, é informado que *"os demais nutrientes ocorrem, em geral, em níveis mais baixos de quando o rejeito chegou à costa (pré-PMBA), porém se encontram muitas vezes mais altos do que os níveis de referência pré-desastre"* (Arquivo digital RT-19B_A3M_Hidrogeoquimica.pdf - Pág. 299/315 - grifo meu).

Com relação aos metais, registra-se que *"Em diversas estações dos setores monitorados, os metais e As apresentaram concentrações acima das resoluções CONAMA 357/05 e CONAMA 454/12"* (Arquivo digital RT-19B_A3M_Hidrogeoquimica.pdf - Pág. 299/315), referindo-se aos limites definidos nestas resoluções para as matrizes água e sedimento, respectivamente.

O relatório também indica que as concentrações de Fe, Al, Mn, Co e Zn na fração dissolvida (matriz água) já se apresentam elevadas no setor norte (que compreende a região de Degredo, Barra Nova e Itaúnas), em parte maiores do que aquelas observadas no setor foz do rio Doce e mais elevadas do que nas amostras obtidas antes do início do PMBA (ocorrido setembro de 2018), sendo que nas campanhas 4 e 7 a fração particulada e a fração total (dissolvida + particulada) também superaram os resultados obtidos em campanhas pré-PMBA.

No setor APA Costa das Algas foi observado um aumento da concentração de todos os elementos monitorados (com exceção do Mn) na fração particulada da coluna d'água em comparação aos resultados obtidos antes do início do PMBA, sendo indicado que a ressuspensão do rejeito depositado neste setor podem ser responsável por este condição.

Com relação à concentração de metais na matriz sedimento, foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos ao longo do PMBA e os resultados obtidos em amostragens realizadas antes do aporte do rejeito de mineração associado ao rompimento da barragem na área marinha sob influência da foz do rio Doce. De modo geral, os metais Fe, Mn e Pb apresentaram um aumento de 3 a 4

vezes em relação à concentração observada antes do desastre do rompimento da barragem, principalmente nos pontos amostrais dos setores foz central, foz norte e nos pontos de maior profundidade no setor APA Costa das Algas. Os metais Al, Ba, Cu, Ni e Zn apresentaram aumento de 7 a 10 vezes em relação ao pré-desastre também nos setores foz central, foz norte e nos pontos de maior profundidade no setor APA Costa das Algas; enquanto Cd chegou a 31 (trinta e uma) vezes os valores pré-desastre.

Com relação a hidrocarbonetos, tanto alifáticos como aromáticos (HPAs), foi observado um aumento das concentrações em relação aos dados coletados previamente ao desastre do rompimento da barragem, principalmente no setor foz do rio Doce. Ainda, no relatório é informado que, embora este tipo de substâncias não sejam integrantes da composição química característica do rejeito de mineração em questão, *"mas estes resultados indicam que a movimentação da massa de lama ainda traz agregado ao rejeito diversos outros materiais que podem ter contribuído para o aporte destes contaminantes no ambiente."* (Arquivo digital RT-19B_A3M_Hidrogeoquimica.pdf - Pág. 303/315). Destaque é dado ao fato de que o aumento nas concentrações de HPAs, embora ainda não ultrapassem os valores de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 (considerando os HPAs que constam nesta resolução), podem representar uma tendência, a qual somente poderá ser verificada de fato com a continuidade do PMBA; e que tal situação é preocupante considerando o elevado potencial carcinogênico e mutagênico destas substâncias. Ainda, o relatório informa, com relação ao aumento na concentração de HPAs, que tal *"elevação nestes níveis considerados como 'background' pré acidente, podem ser então e são dentro de nosso entendimento e pelo que indicam estes resultados, provenientes do lama de rejeitos"*, referindo-se que o carregamento de substâncias depositadas na calha do rio Doce pode ser promovido pela movimentação do rejeito oriundo da barragem de Fundão. Nesse contexto, deve-se considerar que ainda há um volume considerável de rejeito depositado na calha do rio Doce, parte do qual continua a movimentar-se em direção à foz, principalmente em situações de aumento da vazão (cheias) do rio Doce.

Ainda, os resultados obtidos neste subprojeto indicam que a área de abrangência do PMBA, de modo geral, é bastante dinâmica no que se refere ao comportamento geoquímico, caracterizada por uma oscilação nas concentrações de elementos e substâncias entre a fração dissolvida e particulada da coluna d'água, refletindo os processos hidrodinâmicos de remobilização do sedimento depositado no leito (incluindo a formação de lama fluida), o que também reflete a interrelação entre as concentrações na coluna d'água e no sedimento. Estes comportamento recebe forte influência de forçantes como ventos, ondas e pluviosidade (no que se refere à vazão do rio Doce), sobretudo quando há ocorrência de eventos extremos. Tal dinâmica sujeita o ambiente a impactos cíclicos de forma crônica, associados à ressuspensão do sedimento depositado no leito marinho (que em partes da área de abrangência do PMBA apresenta grande influência do rejeito de mineração em sua composição) promovida por eventos de grande energia. Tais eventos de ressuspensão remobilizam o material depositado e o tornam biodisponíveis, considerando dentre os componentes do próprio sedimento e substâncias a este adsorvidas há substâncias que potencialmente podem atingir concentrações biodisponíveis tóxicas, parte das quais ainda apresentam potencial de bioacumulação.

4.2.4.2 - Análise do Subprojeto: RT 19C: Sedimentologia

O subprojeto de sedimentologia contempla o monitoramento do material particulado em suspensão - MPS (concentração e teor de matéria orgânica); análise mineralógica (em sedimento e em amostras de MPS que apresentaram concentração suficiente a permitir a realização da análise); análise do sedimento superficial do leito marinho (granulometria, teor de matéria orgânica e teor de CaCO_3); e análise de densidade (restrita ao sedimento superficial do leito marinho com características predominantes de lama, isto é, com predominância de sedimentos finos).

Com relação ao MPS, os maiores incrementos observados, que são diretamente decorrentes do aporte de rejeito de mineração através da desembocadura do rio Doce, ocorram logo após a chegada do rejeito na área marinha ainda em novembro de 2015, e foram obtidos no setor foz do rio Doce (estações SD 01 e SD 02), *"bem como valores superiores a esses, somente voltaram a ocorrer ao longo do Monitoramento PMBA na estação SD 01 na Campanha 4 (1006 mg/L) e em amostras de emulsões de coloração alaranjada coletadas na interface ar/água (ex.: SDE 00 - Campanha 2 = 556,9 mg/L e SDE 09 - Campanha 11 = 7173,6 mg/L."* (Arquivo digital RT-19C_A3M_Sedimentologia.pdf - Pág. 159/521). Entretanto, cabe ressaltar que, mesmo depois de passados mais de quatro anos desde o desastre, a recorrência de observações de amostras com alta concentração de MPS está associada em parte à continuidade do aporte de rejeito por meio de carregamento pelo rio Doce, sobretudo durante os eventos de alta pluviosidade (cheias) e em parte à remobilização e ressuspensão do sedimento (composto em parte por rejeito de mineração) depositado no leito marinho sob influência de eventos de alta energia (ventos, ondas e correntes), constando ainda no relatório que *"isso indica que a bacia em questão continua exportando uma importante quantidade de material para a região marinha adjacente."* (Arquivo digital RT-19C_A3M_Sedimentologia.pdf - Pág. 160/521). A fim de fornecer uma comparação com a realidade da área de abrangência do PMBA antes da ocorrência do desastre do rompimento da barragem, no relatório é informado que *"os picos de concentração de MPS, mesmo após o maior evento extremo histórico registrado para a Bacia do Rio Doce (919,5 m³/s) em Dezembro de 2013 (valores máximos de concentração de 72,7, 60,4 e 39 mg/L para superfície, meio e fundo, respectivamente), não alcançaram os valores obtidos na Foz do Rio Doce durante a chegada da lama de rejeito em Novembro de 2015. Durante o evento histórico de 2013, a vazão e a carga de sedimento em suspensão foram quase 17 vezes e 1000 vezes maior do que a mediana diária, respectivamente..."*. Consequentemente, os resultados evidenciam, conforme já esperado, a influência do aporte de rejeito no aumento significativo da turbidez e do MPS na área marinha, principalmente nos setores foz do rio Doce e Norte. O relatório também indica que *"um aspecto importante quanto às concentrações de MPS é sua relação inversamente proporcional ao teor de MO [matéria orgânica] nos diferentes setores analisados, a qual indica que os picos de MPS são diretamente associados ao material sedimentar, e não a organismos presentes na coluna de água."* (Arquivo digital RT-19C_A3M_Sedimentologia.pdf - Pág. 162/521).

Os resultados do PMBA também permitiram constatar a relação entre as condições de alta concentração de MPS e a formação de lama

fluida sobre o leito marinho, conforme já constatado cientificamente em outras partes do planeta. Embora já tenha se observado a ocorrência de lama fluida na plataforma continental adjacente à foz do rio Doce antes do rompimento da barragem de Fundão, estima-se que o volume e a abrangência espacial deste tipo de formação tenha sofrido aumento substancial, sobretudo durante os meses subsequentes ao rompimento da barragem. Não obstante, é necessário compreender que tal formação é dinâmica, sob influência de diversas forçantes meteoceanográficas atuando simultaneamente, e pode apresentar características cíclicas ou intermitentes em seus padrões de formação, transporte, ressuspensão, etc. Ainda assim, entende-se que o aporte de imenso volume de rejeitos e sedimentos lixiviados na torrente de lama que sucedeu o rompimento da barragem pode estar potencializando a formação de lama fluida na plataforma continental. A presença de lama fluida apresenta grande influência no potencial de ressuspensão sob influência das forçantes de cisalhamento, facilitando este processo. A lama fluida também atua amortecendo a energia de ondas e correntes, o que acaba por favorecer condições para o acúmulo, e eventual deposição, destes sedimentos fluidificados na região costeira da plataforma continental, o que pode implicar em alterações morfológicas em habitats bentônicos (incluindo habitats sensíveis como ambientes recifais e bancos de rodólitos). Considerando os resultados do anexo 1 do PMBA (monitoramento ecotoxicológico), foi identificado um aumento das concentrações de substâncias e elementos com potencial ecotoxicológico tanto na coluna d'água quanto no sedimento. Portanto, os efeitos da formação de lama fluida podem estar potencializando tanto a deposição de sedimento enriquecido de substâncias e elementos potencialmente nocivos para a biota (a partir de concentrações elevadas, de acordo com cada uma) quanto a ressuspensão e biodisponibilização de substâncias e elementos com potencial ecotoxicológico e, consequentemente, a dispersão destes poluentes.

Com relação à deposição do rejeito na área marinha, os resultados da análise mineralógica indicam que este é mais acentuada a norte e nordeste da foz do rio Doce, uma vez que *"a direção preferencial de dispersão desses minerais para N/NE foi confirmada pela distribuição espacial de fases minerais susceptíveis à magnetização. Os resultados da análise mineralógica do sedimento superficial de fundo mostraram que em geral, os maiores volumes de fases minerais contendo ferro (que podem estar associadas ao rejeito de minério de ferro; principalmente óxidos e hidróxidos) bem como os maiores incrementos na susceptibilidade magnética se concentraram próximos à Foz do Rio Doce e nas estações mais rasas, diminuindo em direção à maiores profundidade."* (Arquivo digital RT-19C_A3M_Sedimentologia.pdf - Pág. 170/521). A distribuição espacial das amostras com os maiores teores de fases minerais contendo ferro (indicativas da influência do rejeito) sugere que a dispersão deste material ocorre preferencialmente nas regiões mais rasas.

4.2.4.3 - Análise do Subprojeto: RT 19D: Modelagem Numérica

O subprojeto de modelagem numérica contempla o monitoramento de parâmetros e variáveis físicas, tanto *in situ* (fundeios, perfilagem, etc.) quanto *ex situ* (sensoriamento remoto), e o desenvolvimento e calibração de um modelo matemático para predição do comportamento tanto hidrodinâmico, sedimentar e biogeoquímico da área marinha sob influência da descarga do rio Doce.

Cabe ressaltar que os resultados deste subprojeto são dados e informações que são utilizados como suporte para interpretação dos resultados dos outros subprojetos do anexo 3 do PMBA e, também, dos outros anexos do PMBA, bem como para fundamentar a elaboração de prognósticos e na identificação de tendências a médio e longo prazo. Contudo, de forma abrangente, os resultados deste projeto não guardam relação direta com as alterações ambientais e impactos associados ao desastre do rompimento da barragem de Fundão.

4.2.4.4 - Análise do Subprojeto: RT 19E: Mapeamento de Habitats

O subprojeto de mapeamento de habitats contempla a caracterização e mapeamento dos habitats bentônicos a partir de imageamento acústico (por ecobatímetro multifeixe e sísmica) combinado com verdades de campo (testemunhos e imageamento visual por *drop câmeras* e veículo submersível de operação remota - ROV).

Considerando a ausência de dados pretéritos (ao rompimento da barragem) de mapeamento de habitats na área de estudo, na resolução detalhada compatível com os dados produzidos por este subprojeto, ressalta-se que parte dos resultados apresentam o caráter de linha de base, a partir dos quais poderão ser avaliadas as tendências do ambiente ao longo da continuidade do PMBA. Não obstante, os resultados obtidos a partir da análise dos testemunhos estratigráficos já apresentam informações importantes para compreensão dos impactos associados ao rompimento da barragem, indicando um enriquecimento recente do sedimento com elementos metálicos em concentrações com potencial efeito tóxico para a biota

"Embora as concentrações brutas de cádmio [referindo-se a amostras de sedimento superficial obtidas por meio de testemunho] tenham ultrapassado os níveis limite e provável de efeito em todos os testemunhos, o Igeo não classifica essas concentrações como contaminação em relação ao background, o que não significa que o cádmio não ofereça risco à biota.

A maior contaminação foi observada para o ferro, resultado que pode ser justificado pelo aporte massivo deste elemento para a PCRD através do rio Doce, em função do rompimento da barragem de Fundão. Os maiores índices de geoacumulação para Fe foram observados no T6 [testemunho obtido no ponto 6] na região da foz do rio Doce (a proximidade do T6 com a foz do rio Doce é um dos fatores que favorecem a geoacumulação de Fe nesse ponto ao longo de décadas de mineração na região estudada.

No T6, por exemplo, as concentrações de Fe ultrapassaram 50.000 mg.kg⁻¹ ao longo de quase todo o testemunho, ultrapassando 110.000 mg.kg⁻¹ no topo (0-1 cm), sendo consideravelmente menor na profundidade imediatamente abaixo (1-2 cm), sugerindo uma deposição recente.

Gomes et al. (2017) encontraram concentrações de Zn após o acidente $<6,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, ao passo que no presente estudo, essa concentração foi facilmente ultrapassada ao longo de todos os testemunhos, sugerindo forte aporte deste elemento para a área de estudo.

Do ponto de vista do impacto na biodiversidade, o levantamento na foz do Rio Doce mostrou o potencial de uma alta frequência de material em ressuspensão junto ao fundo, o que pode impactar diretamente na macrofauna bentônica. Os resultados apontam para fundos com lamas fluidas e constante ressuspensão.

As imagens obtidas não indicam soterramento ou acúmulo de lama nos rodolitos, porém isso não retira a potencialidade de impacto ambiental. As análises de verdades de campo e de parâmetros químicos e bióticos é que poderão apontar o impacto direto ou não.

A área de mapeamento no Setor NORTE ainda é pequena, mas já permitiu o mapeamento de mais de 900 estruturas recifais em forma de pináculos ou "cabeços recifais" com relevo significativo.

A partir dos resultados apresentados no presente estudo observou-se que quanto maior a proximidade com a foz do rio Doce, maiores as concentrações de metais.

Setor Norte: Certamente o que mais chamou a atenção nos registros batimétricos foi a grande quantidade de estruturas recifais, o que aponta para a evidente importância de ampliação do mapeamento considerando a sensibilidade desse habitat aos potenciais impactos devido ao rejeito.

De forma geral, o cromo, o níquel e o cádmio se mostraram presentes em concentrações deletérias para a biota em todos os testemunhos."

4.2.4.5 - Análise do Subprojeto: RT-19F: Fitoplâncton

O subprojeto de fitoplâncton contempla o monitoramento da comunidade fitoplancônica em todos os cinco setores abrangidos pelo PMBA: Abrolhos; Norte; Foz do rio Doce (norte, central e sul); APA Costa das Algas; e Sul.

Inicialmente, faz-se necessário observar que o fitoplâncton é um "compartimento" da biota que apresenta resposta muito rápida à alterações no ambiente. Conforme indicado no Parecer Técnico nº 11/2020-NUBIO-ES/DITEC-ES/SUPES-ES, "as características ecológicas e estrutura da comunidade fitoplancônica reagem rapidamente a variações nas condições ambientais. Conforme os resultados apresentados neste subprojeto, a comunidade fitoplancônica, sofreu alterações (impactos) significativos durante os primeiros meses após o aporte de rejeitos na área marinha ao largo da foz do rio Doce, caracterizando um impacto agudo. Por outro lado, durante o período abrangido pela amostragem do PMBA (outubro de 2018 a setembro de 2019) foi caracterizado um impacto crônico no fitoplâncton, o qual apresenta características coerentes com a hipótese de distúrbio intermediário (IDH), na qual fatores de estresse ambiental causam uma interrupção cíclica no processo de sucessão ecológica. O estresse ambiental em questão pode ser atribuído aos processos de alta energia que causam a ressuspensão do rejeito depositado no leito marinho e remobilização dos metais e outras substâncias associadas ao rejeito e aos sedimentos depositados no leito marinho, como por exemplo situações de tempestade (causando o aumento da energia de ventos e ondas). Ainda, o aumento da vazão do rio Doce devido a alta pluviosidade na bacia hidrográfica também acarreta no aporte e difusão demais rejeitos no ambiente marinho, uma vez que ainda há um volume significativo de rejeito depositado ao longo da calha do rio Doce, e durante as condições de alta vazão a pluma de dispersão do rio em sua foz aumenta consideravelmente sua abrangência, contribuindo para a dispersão do rejeito na plataforma continental."

"Impactos agudos

Em um primeiro momento a plataforma adjacente ao Rio Doce teve sua condição oligotrófica alterada pelo input de ferro e outro metal, gerando um aumento na abundância e densidade de fitoplâncton;

Posteriormente a comunidade fitoplancônica apresentou declínio da saúde fisiológica indicado pelo aumento da senescência celular através da elevada concentração de feopigmentos (ou feofitina);

A senescência do fitoplâncton provocou a redução drástica da elevada abundância dos organismos até abril de 2016, após o efeito de explosão populacional;

Ademais, o aumento de turbidez e a presença de elementos tóxicos existentes na lama do rejeito provavelmente influenciaram no processo fotossintético, na saúde fisiológica do fitoplâncton, na abundância e diversidade em termos de composição.

Impactos crônicos

Substituição de espécies mais frágeis, mas de grande ocorrência em águas tropicais, como os cocolitoforídeos (grupo pertencente ao Filo Haptophyta), por espécies oportunistas (r-estrategistas), e representam comunidades jovens recém-perturbadas (pioneiras), caso das cianobactérias e clorofíceas unicelulares.

Presença de florações de cianobactérias de espécimes cocóides (esféricas/ovaladas) pertencentes à fração não fitoplancônica como as espécies de *Synechococcus* spp., *Synechocystis* spp. encontradas nas amostras quantitativas e da cianobactéria filamentosa do Gênero *Trichodesmium* spp. nas amostras qualitativas.

O Setor Abrolhos sofreu impacto sensível na densidade, composição e saúde fisiológica da comunidade. Houve pico de produtividade de clorofila-a associados ao ABR 03 e ABR 02 na semestral de outubro (provavelmente associado a descarga continental) e bloom da Proboscia Alata e forte presença do Gênero Hemiaulus spp."

4.2.4.6 - Análise do Subprojeto: RT 19G: Zooplâncton

O subprojeto de fitoplâncton contempla o monitoramento da comunidade zooplancônica em todos os cinco setores abrangidos pelo PMBA: Abrolhos; Norte; Foz do rio Doce (norte, central e sul); APA Costa das Algas; e Sul.

Conforme já indicado no Parecer Técnico nº 11/2020-NUBIO-ES/DITEC-ES/SUPES-ES, "o zooplâncton, assim como o fitoplâncton, apresenta resposta rápida às variações nas condições ambientais, no que se refere à estrutura da comunidade. Nesse contexto, os resultados obtidos indicam que há uma correlação significativa entre eventos de alta vazão do rio Doce (cheias) e alterações na estrutura da comunidade zooplancônica no setor Foz do rio Doce, sendo que sob influência de eventos de alta vazão do rio Doce, os índices ecológicos (diversidade, equitabilidade, etc.) e a abundância se mostram menores em comparação aos demais setores, sugerindo uma influência direta do aporte de rejeitos (e contaminantes à este associados). Ainda, considerando que os valores dos índices ecológicos e abundância do zooplâncton no setor Foz, obtidos a partir de dados pretéritos em relação ao rompimento da barragem de Fundão, se mostraram sistematicamente mais elevados do que nas outras partes da plataforma continental ao largo do Espírito Santo, incluindo a porção norte da Bacia de Campos, e que os dados coletados pelo PMBA de outubro de 2018 a setembro de 2019 indicam que no setor Foz este quadro se inverteu, passando a representar a porção marinha onde tanto os índices ecológicos quanto a abundância apresenta os menores valores, infere-se que há um impacto crônico neste setor, diretamente associado ao aporte de rejeitos de mineração."

"Impactos identificados

No momento da chegada da lama de rejeito, o zooplâncton sofreu um impacto agudo, refletido em um pico de abundância, formado por poucas espécies de hábitos oportunistas e perda de biodiversidade. No ano seguinte, passada a influência aguda do impacto, a abundância retomou valores intermediários, mas a diversidade se manteve baixa.

Dominância de indivíduos de espectro de tamanho pequeno (Paracalanidae), além de indivíduos juvenis no presente estudo. Tal comportamento pode apontar possíveis distúrbios, já que alguns autores sugerem que, em regiões impactadas, a alta mortalidade de paracalanídeos, devido à ação humana e perda por predação, pode ser compensada pela sua reprodução contínua e taxa de crescimento rápida, resultando em uma comunidade abundante em formas juvenis, comuns em regiões sob distúrbios ambientais, sobretudo de origem antrópica.

Penilia avirostris é uma espécie abundante na costa brasileira, que ocorreu de forma expressiva durante o atual monitoramento. Porém, no setor Foz, para os períodos de maior vazão do rio, essa espécie não se fez presente. P. avirostris é uma espécie com comprovada sensibilidade à contaminação por derivados de petróleo (Mironov, 1969), além de outros estudos levantarem a hipótese da sua sensibilidade à outras classes de poluentes (Valentin e Marazzo, 2003). Apesar da escassez de estudos que apontem a sensibilidade desta espécie a outros tipos de contaminantes, nossos resultados levantam a hipótese de que o material aportado do rio pode tê-la afetado e assim, P. avirostris pode ser uma possível espécie indicadora de impacto crônico.

SETOR FOZ RIO DOCE: Nos períodos de maior precipitação, com consequente aumento da vazão do Rio Doce, os índices ecológicos e de abundância se mostraram menores na região da Foz, em especial na campanha 4, sugerindo que o material que é lixiviado ao longo do leito do rio e transportado até sua foz pode causar efeitos deletérios na comunidade zooplancônica, através de soterramento, devido aos maiores níveis de turbidez bem como ao déficit nutritivo que pode ser causado pela presença de contaminantes. Portanto, este resultado aponta um possível impacto crônico, visto que, em pesquisa realizada dois anos antes do rompimento da barragem de rejeitos de minério, a comunidade zooplancônica na foz do Rio Doce apresentava maiores valores de diversidade em relação a toda bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos SETOR SUL: T. turbinata foi a espécie dominante e além de ser considerada invasora, possui hábito generalista, oportunista e, desta forma, capaz de se adaptar às diferentes condições ambientais, sendo comumente dominante em regiões sob influência antrópica (Bradford, 1977; Campos e Garcia, 2017). Esse padrão de dominância de espécies tolerantes e generalistas se deu ao longo de todo o período de monitoramento. Porém a interpretação desses dados é dificultada pela variedade de possíveis estressores ambientais no Setor Sul, que compreende uma região com grande pressão antrópica como: despejo de efluentes domésticos e industriais, dragagem para atividade portuária, entre outros."

4.2.4.7 - Análise do Subprojeto: RT 19H: Ictioplâncton

O subprojeto de ictioplâncton contempla o monitoramento de ovos e larvas de peixes presentes no plâncton em todos os cinco setores abrangidos pelo PMBA: Abrolhos; Norte; Foz do rio Doce (norte, central e sul); APA Costa das Algas; e Sul.

Os resultados obtidos indicam evidências de impactos em larvas de peixes (destruição do trato digestório), mais frequentes no setores Foz do rio Doce e APA Costa das Algas. Ainda, de modo geral para todos os setores amostrados, é reportada uma diminuição na abundância de larvas quando comparados os resultados obtidos antes e após o aporte de rejeitos na área marinha.

Com relação à ocorrência de larvas de peixes apresentando trato digestório destruído, o relatório indica uma relação de causa e efeito

com o rompimento da barragem de Fundão e consequente aporte de rejeitos e outras substâncias carregadas em conjunto na área marinha, indicando que *"a ocorrência de larvas de peixes com trato digestório destruído na região marinha e costeira adjacente após a chegada da pluma é uma evidência do impacto causado pelo acidente."* (Arquivo digital RT-19H_A3M_Ictioplancton.pdf - Pág. 172/194).

Durante as campanhas do PMBA também foram coletadas espécimes em diferentes estágios de crescimento (ovo e larva) apresentando pigmentação ou manchas alaranjadas, que foram interpretadas como sedimento aderido aos espécimes, indicando que *"assim com as deformações e manchas observadas nos ovos e larvas de peixes, a baixa riqueza é um indicador de impacto. Neste estudo estes fatos parecem terem sido potencializado pelos impactos observados."* (Arquivo digital RT-19H_A3M_Ictioplancton.pdf - Pág. 174/194).

Nesse contexto, foram realizadas análises da concentração de metais em larvas coletadas antes do rompimento da barragem (com trato digestório íntegro), larvas coletadas após aporte de rejeitos de mineração cujo trato digestório permanece íntegro e larvas coletadas após o aporte de rejeitos que apresentam trato digestório destruído. Os resultados indicaram a ocorrência de metais, sobretudo ferro e manganês, nos três referidos grupos, entretanto, houve uma tendência crescente, com diferenças significativas, entre os três grupos. Ainda, outra hipótese para a ocorrência de larvas com o trato digestório destruído está associada à baixa abundância e/ou qualidade do alimento destas larvas. Conforme observado nos subprojetos de fitoplâncton e zooplâncton, há indícios de alterações significativas nestas comunidades, o que pode também ter influência na alimentação de larvas de peixes.

De modo geral, os resultados obtidos em termos de densidade do ictioplâncton são considerados baixos. Entretanto, nas amostras de nêuston (plâncton que tem como habitat a interface ar-água) ocorreram picos de densidade, que indicam a ocorrência de desovas pontual ao longo da área de abrangência do PMBA. Os resultados também indicam, como padrão de forma abrangente, uma predominância de espécies r-estrategistas nas amostras obtidas pelo PMBA. Estas espécies, apresentam características que favorecem sua dominância em comunidades de ambientes sob estresse ecológico, como tamanho relativamente reduzido, ciclo de vida curto e alta capacidade reprodutiva, o que lhes confere a capacidade de proliferar em condições de estresse ambiental (espécies oportunistas). O padrão observado no PMBA sugere que o ambiente ainda está sob efeito de estressores (p. ex: contaminantes), o que é reforçado pelos resultados obtidos em outros subprojetos.

4.2.4.8 - Análise do Subprojeto: RT 19I: Bentos de Substrato Inconsolidado

O subprojeto de bentos contempla o monitoramento da comunidade bentônica de substrato inconsolidado em todos os cinco setores abrangidos pelo PMBA: Abrolhos; Norte; Foz do rio Doce (norte, central e sul); APA Costa das Algas; e Sul.

O aporte de rejeitos de mineração vem afetando diretamente habitats bentônicos na área marinha ao sob influência da pluma e da deposição da descarga do rio Doce, sobretudo considerando o imenso volume de rejeito que foi e continua sendo transportado pelo rio Doce até a plataforma continental, sendo mais este efeito mais pronunciado nos setores mais próximos da desembocadura do rio Doce, uma vez que a granulometria do sedimento, composição química e teor de matéria orgânica são parâmetros que apresentam grande influência na estruturação da comunidade bentônica de substrato inconsolidado e que estes parâmetros são diretamente afetados pelo aporte de rejeitos de mineração na área marinha. Consequentemente, os resultados do PMBA indicam que houve alteração na estrutura das comunidades bentônicas na maior parte dos pontos amostrados, mais intensamente no setor "Foz do Rio Doce" e nas estações amostrais mais próximas da costa, ou seja, nas áreas com maior influência da pluma do rio Doce. Por outro lado, o fato de que os maiores índices de riqueza e diversidade foram observados nas estações mais profundas indica que estas estações amostrais mais costeiras estão sujeitas a estressores mais intensos, o que reflete na composição da comunidade. Consequentemente, de modo geral, há dominância de grupos taxonômicos e/ou espécies resistentes, indicadores de impactos ambientais. Ainda, destaca-se a que parte das amostras, dentre as estações costeiras e mais próximas da desembocadura do rio Doce, são caracterizadas pela ocorrência de vestígios de organismos bentônicos (conchas, carapaças, esqueletos, etc.) em maior proporção do que organismos vivos, o que foi interpretado como evidência de impacto.

4.2.4.9 - Análise do Subprojeto: RT 19J: Fundos Recifais, Banco de Rodolitos e Macroalgas

O subprojeto de fundos recifais contempla a caracterização e o monitoramento de ambientes recifais e bancos de rodolitos nas imediações do Parque Nacional Marinho de Abrolhos (área "A"); na área dos "recifes esquecidos" ao largo de São Mateus/ES (área "B"); ao largo da foz do rio Doce (na área próxima à quebra da plataforma continental - área "C"); na APA Costa das Algas (área "D"); e em Guarapari/ES. Também contempla a identificação de macroalgas e de algas calcárias incrustantes; amostragem a partir da colonização de substratos artificiais (placas), avaliação da condição fisiológica dos corais; análise do plâncton associado aos ambientes recifais; análise quali-quantitativa de zooxantelas; análise da macrofauna incrustante em rodolitos; e quantificação de pigmentos clorofilianos.

A complexidade dos ambientes recifais, sua sensibilidade e as diferentes escalas de resposta a estressores ambientais, conforme abordadas no PMBA, precisam ser levadas em consideração para devida interpretação dos resultados. Apesar das limitações em termos de linhas de base (dados pretéritos ao rompimento da barragem), buscou-se, sempre que possível ou pertinente, implementar uma abordagem metodológica do tipo antes-depois-controle-impacto. Os resultados obtidos contemplam contrastes entre sítios mais ou menos impactados, contrastes antes-depois do rompimento da barragem da barragem (em áreas possivelmente menos impactadas, considerando as já mencionadas limitações das linhas de base), e análises de séries temporais (a maioria ainda curtas). De certa forma, parte dos resultados obtidos passam a constituir uma linha de base, cujas tendências serão acompanhadas ao longo da continuidade do PMBA, permitindo a construção de séries históricas mais robustas. Por outro lado, o relatório destaca que alterações ambientais associadas a

níveis sub-letais de contaminação, por exemplo na riqueza e abrangência espacial de espécies longevas e de crescimento lento (como colônias de corais, por exemplo) podem levar de anos a décadas para se manifestarem; bem como a propagação espacial dos efeitos pode ser complexa e não linear.

Os resultados dos experimentos de colonização na área dos recifes esquecidos (área "B") indicam, ainda que com caráter ainda preliminar, limitações severas no recrutamento de corais, o que pode ser decorrente tanto de processos acumulados de degradação ambiental na área quanto pode ter uma influência preponderante do rompimento da barragem, o que tende a ser melhor esclarecido com a continuidade do PMBA.

EVIDÊNCIA/INDÍCIOS DE IMPACTOS

Análises sedimentológicas:

Na área D, hematita se destacou como possível assinatura da descarga sedimentar proveniente do rio Doce. Apesar de não representar evidência

direta da presença do rejeito, o aumento na concentração da hematita em função da proximidade da foz pode ser considerado evidência indireta

Macroalgas:

Na área D foi observada dinâmica de redução de cobertura de algumas espécies de macroalgas (Caulerpa spp., Ulva spp.) e aumento de outras (Sargassum spp.), as quais são evidenciadas na literatura como relacionadas ao aumento de aporte de sedimentos finos, como os oriundos da lama de rejeitos;

Destaca-se ainda uma redução total de cerca de 22% de macroalgas no sítio D17, considerado afetado nos estudos prévios;

Nas áreas A e B também foram identificadas alterações na estrutura das comunidades de macroalgas em alguns sítios. Porém, não foi possível atribuir de forma inequívoca aos efeitos do desastre;

Fundo Recifal:

O mesmo ocorreu com a dinâmica das espécies de coral, onde foram detectadas alterações, porém, sem relação inequívoca com o desastre, em especial, devido às anomalias térmicas sofridas no ambiente entre 2016-2017 e 2019. Porém, sabe-se é reconhecido na literatura que aportes crônicos de sedimentos e contaminantes podem configurar impactos. Para ser estabelecida uma causalidade inequívoca com a lama de rejeitos, sugere-se manter o monitoramento a longo prazo;

2.4. *Banco de rodolitos na área C apresentaram indícios de impactos relacionados à movimentação de lama fluida sobre as estruturas;*

Experimentos de colonização (CAU) na área B apresentaram limitações severas no recrutamento de corais, o que pode estar associado tanto à degradação crônica dessa Área quanto ao rompimento da barragem da barragem."

4.2.4.10 - Análise do Subprojeto: RT 19 K: Análise Abiótica e Biótica no Ambiente Marinho Discussão Integrada.

Tendo como referencial o 1º relatório semestral do PMBA, disponibilizado à CTBIO em maio de 2019, a continuidade do PMBA permitiu o aprimoramento na integração dos resultados e elaboração de análises integrando parâmetros antes analisados isoladamente e criando critérios objetivos para a identificação e mapeamento dos sinais de rejeitos no ambiente marinho, sobretudo no sedimento. A continuidade na construção de séries históricas de dados permitiram avanços significativos na identificação de impactos em nível biológico (em diferentes escalas - de indivíduo a comunidades) associados ao aporte de rejeitos no ambiente marinho.

Com relação ao aporte de rejeitos, o monitoramento do material particulado em suspensão - MPS obteve, na campanha 4, realizada em janeiro de 2019 (após o pico de vazão do rio Doce registrado durante o PMBA, > 2.500 m³/s), resultados superiores a 1.000 mg/L na estação SD01 (próxima à desembocadura do rio Doce). A fim de comparação, valores de MPS de mesma magnitude somente foram registrados nesta área em novembro de 2015, no momento da chegada do rejeito na área marinha. Tal resultado indica que, mesmo decorridos mais de 3 anos do rompimento, eventos de alta vazão podem remobilizar parte do rejeito que está depositado na calha do rio e criar condições de aporte de sedimentos em concentração comparável àquela observada após o rompimento da barragem no ano de 2015.

O aumento do aporte sedimentar na descarga do rio Doce, promovido pelo aumento da vazão em decorrência de eventos alta pluviosidade na bacia hidrográfica, em conjunto com a ressuspensão do sedimento (e rejeito a este associado) depositado no leito marinho pela ação de forçantes hidrodinâmicas (ondas, correntes, etc.), além de representarem um aumento na concentração de MPS na coluna d'água, também são responsáveis por aumento na concentração de diversos metais na coluna d'água e nos sedimentos de fundo, como indicado no trecho a seguir: " Por exemplo, para os elementos Fe e Al dissolvidos os valores encontrados na campanha 4 na matriz água (Fe: ~400µg/L e Al: ~250µg/L, ambos em todos os setores da Foz) estão na mesma faixa de concentração ou maiores que as medições realizadas logo após a chegada dos rejeitos à foz do Rio Doce, em novembro e dezembro de 2015." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 13/57). Nesse contexto, ressalta-se que a campanha 4 (janeiro de 2019) foi realizada após o pico de vazão do rio Doce durante o período de abrangência do PMBA até aquele momento. Tal comportamento também é

observado nos setores Norte e APA Costa das Algas, de modo mais evidente nas estações amostrais mais próximas da costa (de menor profundidade). Ainda, no relatório é indicado que o citado valor de concentração de Fe na matriz água é um indicativo de preocupação, uma vez que supera o valor de referência para fração dissolvida em águas salinas classe 1 (300 µg/L) da Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo que este mesmo valor de referência é adotado pelo NOAA (órgão regulador do Estados Unidos da América) como referencial para efeito agudo na biota, sendo que o referencial para efeito crônico é 50 µg/L. Contudo, o aumento de concentração de metais nas matrizes água e sedimento do ambiente marinho, observado após eventos de alta vazão do rio Doce, não é evidente no MPS, diferentemente do comportamento observado logo após o aporte inicial do rejeito em 2015. Tal contexto pode indicar uma mudança de fase de elementos que apresentam maior proporção no aporte (na descarga) na fração dissolvida, como é o caso do ferro.

Ainda no que se refere ao aumento da concentração de metais no ambiente após eventos de alta vazão do rio Doce, o relatório destaca que concentrações (medianas) de Fe no sedimento, de aproximadamente 30.000 mg/kg no subsetor Foz Central na campanha 3, cresceram uma ordem de magnitude e ultrapassaram 110.000 mg/kg no mesmo setor na campanha 4 (realizada após o pico de vazão do rio Doce, conforme já apontado). Nos subsetores Foz Sul e Foz Norte os valores obtidos de concentração de Fe no sedimento ultrapassaram 140.000 mg/kg. Os resultados do PMBA suportam a interpretação de que, em decorrência das altas vazões do rio Doce, há um aumento no aporte de Fe na fração dissolvida, que se deposita no sedimento devido à alterações nas condições químicas entre a água do rio e a água do mar, enriquecendo os sedimentos superficiais principalmente naquelas áreas mais sujeitas à influência da pluma de dispersão do rio Doce.

Em contrapartida, conforme evidenciado nos resultados do PMBA, em condições de baixa vazão do rio Doce e alta energia de forçantes hidrodinâmicas (ondas, correntes), há uma tendência de inversão do padrão observado no verão (caracterizado por alta vazão do rio Doce e baixa energia de ondas), pois devido aos processos que promovem a remobilização dos sedimentos do fundo e ressuspensão destes na coluna d'água, ocorre a disponibilização de substâncias e elementos adsorvidos ao MPS e/ou depositadas junto ao sedimento de fundo para a fração dissolvida, sendo que também foi observado para nutrientes e aminas totais um aumento das concentrações na fração dissolvida devido a ressuspensão de sedimentos, indicando que os sedimentos marinhos ainda atuam como fonte para estes parâmetros. Nesse contexto, ressalta-se que foi identificada (em diferentes campanhas do PMBA) a ocorrência de lama fluida junto ao fundo em todo o setor Foz (Central, Sul e Norte), o que facilita os processos de ressuspensão em condições de alta energia (de ondas, correntes, etc.). Embora já existam registros da ocorrência de lama fluida na área de abrangência do PMBA antes do rompimento da barragem, os resultados do PMBA sugerem que o aporte de rejeitos favorece a formação deste tipo de fenômeno.

De forma abrangente, é possível afirmar que há grande complexidade no comportamento biogeoquímico de elementos e substâncias potencialmente perigosas para biota que estão presentes na área, parte das quais apresentou um acréscimo em seu aporte no sistema marinho associado ao rompimento da barragem, seja por estarem presentes na composição do rejeito (p. ex.: ferro, manganês, aminas) ou por terem sido carregadas junto à "enxurrada de lama" promovida por ocasião do rompimento da barragem, sendo que, conforme já foi destacado, parte do rejeito ainda depositado na calha do rio Doce continua a aportar na área marinha, sobretudo em condições de alta vazão, e continuam a carrear o material previamente depositado na calha que foi e continua sendo remobilizado em condições de alta vazão. O trecho transcrito a seguir ilustra esta complexidade:

"A partir da Campanha 10 houve uma mudança na qualidade da água e do sedimento nos Setores Foz, APA/RVS e Norte. As concentrações de metais dissolvidos na coluna d'água diminuíram significativamente (valores menores que 50 µg/L no setor Foz), enquanto no sedimento a tendência de diminuição persistiu. Embora a malha amostral não permita um detalhamento do destino dos elementos metálicos que diminuíram a concentração na matriz água a partir da campanha 10, é possível apontar diferentes processos que podem ser responsáveis pelas mudanças observadas. Um dos caminhos possíveis é a exportação dos metais para regiões mais profundas da plataforma continental e talude, para áreas além do domínio de monitoramento do PMBA. Também podem ter ocorrido processos como a adsorção dos metais ao material particulado em suspensão ou até mesmo a assimilação dos elementos metálicos pela biota em diferentes níveis tróficos. Embora no momento a quantificação relativa desses diferentes processos ainda não seja possível, é esperado que possa ocorrer uma combinação desses efeitos para explicar a diminuição dos metais na matriz água. A transferência entre as fases dissolvida e particulada é nítida uma vez que o aumento das concentrações de metais no MPS foi observado, principalmente nas amostras de água de fundo. Isto fica mais evidente no setor Foz devido as campanhas serem mensais, enquanto nos setores APA/RVS e Norte, são campanhas trimestrais. Mesmo assim, podemos verificar que as concentrações de metais no MPS na água de fundo durante a campanha 10 são maiores no setor Norte, principalmente na região de Barra Nova, coincidindo com a alteração no sentido das correntes associadas a passagem de sistemas frontais." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 20/57).

Com relação à dispersão dos rejeitos na área marinha, os resultados evidenciaram que apesar de haver uma dispersão significativa para sul, que chega a influenciar diretamente o setor APA Costa das Algas, sob ação das condições predominantes de ventos de NE e N; sob influência de sistemas frontais há uma dispersão relevante para norte, a ponto de ser mais expressiva do que a dispersão para sul. Os resultados dos teores de FeO_{total} no MPS, da distribuição granulométrica do sedimento superficial e da hidrogeoquímica do sedimento de fundo (incluindo a distribuição espacial de fases minerais susceptíveis à magnetização) obtidos ao longo do PMBA sugerem uma resultante para norte do transporte de sedimentos a partir da descarga do rio Doce, sendo mais pronunciada na área mais costeira. Os resultados do mapeamento de habitats, que identificaram feições geomorfológicas denominadas *furrows* com orientação SE-NW ao largo da região de Barra Nova (setor Norte), indicam a ocorrência de correntes neste sentido, o que é coerente com a interpretação dos resultados quanto à resultante do transporte de sedimentos. O subsetor Foz Norte se destaca como local onde foram obtidos, ao longo do PMBA, os maiores valores para concentração de Fe, Ni, Cr, Pb, Cu, Zn, Mn e Al no sedimento, sendo reportado no relatório que estes valores têm apresentado uma tendência de crescimento ao longo do tempo, isto é, as concentrações foram aumentando progressivamente

no decorrer do PMBA, os valores de pico das concentrações máximas se referem às estações mais rasas (consequentemente, as mais costeiras). Isto indica que além de ser área preferencial do transporte de sedimentos, o subsetor Foz Norte é também uma importante área de acumulação de metais no sedimento de fundo. Neste subsetor foi observada uma concentração de alumínio no sedimento até 8 vezes superior em relação aos dados obtidos antes do rompimento da barragem.

Com base na caracterização química do rejeito, do conhecimentos dos processos ambientais que influenciam o ciclo biogeoquímico de metais na área de estudo e dos resultados do PMBA (incluindo os resultados prévios ao rompimento da barragem), foi estabelecido um critério geoquímico para identificação da ocorrência do sinal do rejeito no ambiente marinho, o qual é baseado nas concentrações de Ni, Cu, Pb, Cr, Fe, Al, Mn e Zn, e considera que há sinal de rejeito quando há um incremento a partir de 10% na concentração de pelo menos 6 dos 8 metais que compõem o critério (em relação aos valores de linha de base prévios ao desastre). Com base no referido critério geoquímico, no setor APA Costa das Algas 80% das estações de monitoramento apresentam sinal do rejeito, enquanto no setor Foz (incluindo os três subsetores) esta proporção atinge 100% das estações. Ainda, se considerado no critério um incremento a partir de 50% na concentração dos metais, 73% das estações continuam apresentando sinal de rejeito no setor APA Costa das Algas e 82% no setor Foz. Nos setores Norte e Abrolhos, nos quais não existem dados pretéritos a novembro de 2015, foram analisadas as concentrações dos metais ao longo das campanhas do PMBA. Quando uma determinada estação apresentou tendência de aumento da concentração de ao menos 6 dos 8 metais contemplados, foi definido que essa estação apresenta o sinal do rejeito de minério. Este segundo critério também foi aplicado para as estações que apresentam dados de *baseline*, de forma que quando uma estação satisfaz ambos critérios, é interpretado como presença de rejeito, enquanto quando satisfaz apenas um destes, é interpretado como possível presença de rejeito. Naturalmente, a partir deste critério, não há como assegurar que há presença do rejeito em estações que não dispõem de valores de referência (*baseline*), mas apenas indicar essa possibilidade. Os resultados da aplicação deste critério podem ser observados na figura 4.

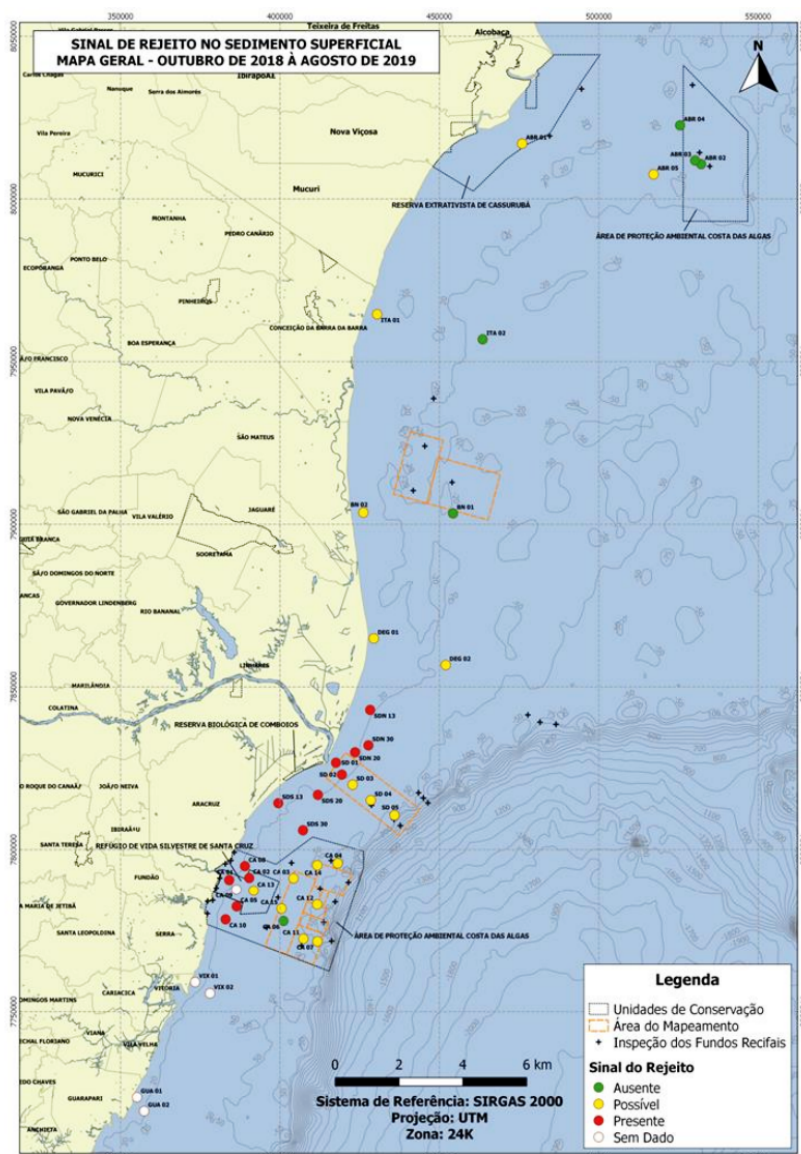


Figura 4: Mapa do sinal de rejeito no sedimento superficial, de acordo com o critério geoquímico elaborado no PMBA.

Os resultados do PMBA indicam, ainda, que "...a fase aguda de deterioração da qualidade da água e sedimento no ambiente marinho continua ocorrendo, praticamente, 4 anos após o rompimento da barragem." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 29/57), pois momentos de contaminação aguda no sedimento e na água foram identificados ao longo do PMBA nos

setores APA Costa das Algas, Foz e Norte, destacando-se que, considerando a matriz água, valores superiores ao valor de referência da Resolução CONAMA nº 357/2005 para Fe na fração dissolvida em águas salinas classe 1 (300 µg/L) somente foram obtidos em estações nas quais há indicação de presença de sinal do rejeito conforme o critério geoquímico.

Considerando as alterações promovidas pelo rompimento da barragem nos fatores abióticos do ambiente marinho que afetam diretamente as comunidades biológicas, destaca-se que o aporte da mistura da lama de rejeito, solo erodido e detritos resultou em: aumento nas concentrações de metais (na coluna d'água e no sedimento), aumento da concentração de sedimento em suspensão (MPS) e de matéria. Também se observou um aumento na concentração de nutrientes inorgânicos, destacando-se o aumento do nitrogênio amoniacal, nitrato e silício na fração dissolvida. Durante o primeiro ano de monitoramento (pré-PMBA - de novembro de 2015 a dezembro de 2016), todos os nutrientes monitorados apresentaram concentrações máximas muito acima das registradas antes do rompimento da barragem, sobretudo silício e o nitrato. Portanto, é possível afirmar que o rompimento da barragem resultou em uma alteração aguda (nos meses subsequentes ao rompimento da barragem) da condição oligotrófica da área marinha, o que apresenta implicações diretas na biota, o que se reflete nos resultados obtidos em 2015, 2016 e 2018-2019 (PMBA) no monitoramento da biota, em aspectos qualitativos e quantitativos de diferentes níveis tróficos.

Com relação ao fitoplâncton, dados obtidos entre novembro de 2015 e abril de 2016 indicam um aumento significativo da densidade numérica total (até 23 vezes maior que os dados pretéritos) na área próxima à foz do rio Doce. Tal efeito é diretamente atribuído ao aporte de nutrientes antes limitantes (em condição oligotrófica). Após esse período, foram observadas flutuações nos valores médios de densidade do fitoplâncton, contudo, permanecendo acima dos valores pretéritos. Contudo, esta alteração na disponibilidade de nutrientes também afetou a composição específica da comunidade fitoplancônica, com a proliferação de espécies oportunistas e a rarefação ou desaparecimento de espécies sensíveis, sendo que houve uma persistência de espécies oportunistas após o decaimento da fase aguda de alteração no fitoplâncton, bem como as espécies sensíveis não se recuperaram em termos de proporção na composição da comunidade em comparação com os dados pretéritos. Tal condição, no que se refere à não recuperação da condição prévia em curto ou médio prazo, pode indicar a ocorrência de *"da Hipótese do Distúrbio Intermediário. Essa hipótese defende que, sob circunstâncias de um distúrbio repetido várias vezes, não ocorre um processo de recuperação ou sucessão ecológica progressiva. Dessa forma, a repetição do distúrbio provoca uma interrupção no processo de recuperação e retorno às condições verificadas logo após este distúrbio. Isso mostraria não um processo de recuperação/sucessão verdadeiro, mas um processo em que uma mudança não se completaria, pois ocorreria uma reversão causada por uma repetição do distúrbio."* (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 37/57). Considerando os resultados do PMBA, entende-se que os processos de ressuspensão de sedimentos por forçantes hidrodinâmicas e de aumento no aporte de sedimentos e rejeito em situações de alta vazão do rio Doce podem representar a repetição intermitente ou cíclica de estresse ambiental a que se refere a hipótese do distúrbio intermediário.

No zooplâncton, considerando o período de novembro de 2015 a dezembro de 2016, foi observada perda de diversidade e aumento na dominância de algumas espécies.

No ictioplâncton, considerando o mesmo período, foram observadas larvas e ovos de peixes apresentando sedimento alaranjado aderido, indicativo de contato direto com rejeito, bem como larvas de peixes com trato digestório destruído. Análise da concentração de metais nos tecidos dessas larvas que apresentaram trato digestório destruído indicaram aumento na concentração de vários metais, em comparação com análise realizadas em tecidos de larvas coletadas na mesma área em momento anterior ao rompimento da barragem e de larvas coletadas após o rompimento da barragem mas que apresentaram trato digestório íntegro.

Com relação aos bentos, considerando o período de novembro de 2015 a dezembro de 2016, também foram observadas alterações na composição da comunidade.

Considerando que o fitoplâncton representa a base da cadeia alimentar pelágica, consequentemente, esta alteração na abundância do fitoplâncton apresentou reflexos nos demais níveis tróficos. *"Foi observada uma redução do registro de organismos do Subfilo Crustacea, Filo Bryozoa, tubos e organismos da Classe Polychaeta, Classes Bivalvia e Scaphopoda. Esse resultado apontou para uma redução ou desaparecimento na região, de organismos com partes moles no corpo (como dos Filos Nematoda e Platyhelminthe), e a presença de conchas e valvas vazias e inteiras (sem fragmentações), indicando organismos recentemente mortos. Em relação aos impactos observados na comunidade bentônica, os resultados mostram que esses ocorreram em resposta tanto ao aumento da concentração de MPS próximo ao fundo, logo após a chegada da mistura de lama de rejeito, solo e detritos em Novembro/2015, como devido ao aumento da concentração de metais na coluna d'água próxima ao fundo e no sedimento superficial."* (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 38/57).

Com a implementação do PMBA e a construção de uma série histórica de dados abióticos e bióticos, foi possível integrar estas variáveis e aprimorar a compreensão da forma como o aporte de rejeitos influenciou e vem influenciando o ambiente. Esta integração fundamenta tecnicamente a interpretação de que, em termos de disponibilização de metais para a coluna d'água, os eventos de elevada ressuspensão de sedimentos (sob ação de forçantes hidrodinâmicas de grande intensidade) e de alta vazão do rio Doce podem produzir efeitos comparáveis ou até mesmo mais intensos que os observados nos primeiros meses após o rompimento da barragem em novembro de 2015. Estes eventos de alta energia hidrodinâmica ou de alta vazão do rio Doce podem ser interpretados, então, como indutores de novos impactos agudos, que apresentam consequências imediatas na base da teia alimentar marinha.

Ao longo do primeiro ano de execução do PMBA foi comprovada a hipótese de que o fitoplâncton, no nível de comunidade, sofre distúrbios intermediários, os quais têm impossibilitado que a comunidade se recupere. Os resultados mostraram a recorrência dos impactos observados entre novembro de 2015 e dezembro 2016. Esta condição recorrente de distúrbios na área sob influência da descarga do rio Doce está associado à continuidade do aporte de sedimentos e rejeitos (e demais elementos e substâncias carregadas) e aos eventos de ressuspensão desse material contido no sedimento, conforme já abordado. A intensidade desses impactos também

apresentam relação com a resultante da dispersão da descarga do rio Doce, portanto, sendo mais acentuada a norte e a nordeste da foz.

Conforme já indicado, há uma grande complexidade nos ciclos biogeoquímicos a que estão submetidos os metais que aportam na área marinha por meio da descarga do rio Doce. Consequentemente, os metais interagem de forma complexa com a biota, a qual começa a ser elucidada pelo PMBA. Um exemplo desta complexidade ocorreu no setor foz do rio Doce durante a campanha 8, durante a qual foi observou-se uma elevada concentração de metais na fração dissolvida, o que refletiu em uma queda da clorofila ativa nos setores, sendo que os menores valores médios de clorofila ativa correspondem aos obtidos no subsetor Foz Norte (nos estratos mais próximos ao leito marinho), o que corrobora a interpretação de que há uma influência da dispersão da descarga do rio Doce nos impactos no fitoplâncton. De modo geral, nas campanhas onde se observa elevadas concentrações de metais nas matrizes abióticas, no fitoplâncton se observa a dominância de cianobactérias e algumas espécies de algas verdes oportunistas e a rarefação de espécies sensíveis na composição da comunidade, sendo esta correlação estatisticamente comprovada.

Com relação ao zooplâncton, os resultados indicam que este grupo também apresenta variações na estrutura e composição da comunidade sob influência dos eventos de ressuspensão de sedimentos depositados no leito e dos eventos de alta vazão do rio Doce, respondendo às variações na concentrações de metais desencadeadas por estes eventos. Ainda, as próprias variações na comunidade fitoplanctônica devido a estes mesmos eventos apresentam efeito sinérgico na influência destes eventos no zooplâncton, uma vez que este grupo pode ser considerado como um elo diretamente vinculado ao fitoplâncton na teia alimentar.

De forma abrangente, as duas espécies com maior contribuição na composição da comunidade zooplancônica, *Paracalanus* cf *parvus* e *Temora turbinata*, são reconhecidas bioindicadoras de estresse ambiental, e apresentaram maior proliferação nos momentos de maior estresse. *P. parvus* apresentou maior associação com eventos de alta vazão do rio Doce e *T. turbinata* apresentou maior associação com eventos de maior altura significativa de ondas incidindo sobre a plataforma continental. Espacialmente, também observou-se a influência da dispersão preferencial da descarga do rio Doce (para norte e nordeste) na distribuição dos índices ecológicos, sendo estes índice menores nas estações sob maior influência dos sedimentos e metais associados à descarga do rio Doce.

Considerando o nível de comunidade, o ictioplâncton e o bentos, em comparação com o fitoplâncton e zooplâncton, apresentam maior latência nas respostas aos estressores ambientais que atuam na área de abrangência do PMBA. Todavia, os impactos observados no período de novembro de 2015 a dezembro de 2016 sobre o ictioplâncton e o bentos continuam a se manifestar, conforme descrito no trecho a seguir:

"No Setor Foz do Rio Doce, até o momento, a densidade ictioplancônica encontrou-se baixa (< 100 ind.100 m-3) e larvas com trato digestório destruído continuam a serem encontradas ao longo de toda região monitorada. Além disso, foi observado um efeito negativo da concentração de metais na coluna d'água na comunidade ictioplancônica, desde que um menor número médio de ovos foi encontrado nas campanhas com maior concentração de metais na coluna d'água (campanhas 1 e 4). Maiores densidades de larvas e ovos foram encontradas nas campanhas 7 e 10, com destaque para a campanha 10, quando as menores concentrações de metais dissolvidos foram observadas no setor Foz. A maior riqueza de larvas foi encontrada na campanha 7. Os resultados encontrados para a comunidade ictioplancônica mostram que o padrão de desova dos adultos (Abdelouahab et al., 2017; Aceves-Medina et al., 2018; Oozeki, 2018)., bem como o comportamento da larva no ambiente continuam sendo impactados pelas condições ambientais no Setor Foz do Rio Doce.

Entre Novembro/2018 e Setembro/2019, a comunidade bentônica permaneceu apresentando alterações na composição da comunidade, uma vez que um aumento do número de vestígios de organismos mortos recentemente e de espécies tolerantes a ambientes impactados continua a ser observado no Setor Foz do Rio Doce. Nesse setor a variação espaço-temporal das condições ambientais, com destaque para as concentrações de metais no sedimento superficial e próximo ao fundo na coluna d'água influenciaram a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros indicadores de impacto na comunidade bentônica. No geral, o Setor Foz do Rio Doce apresentou as maiores frequências relativas de conchas vazias, bem como os menores valores de diversidade e riqueza de conchas. Espacialmente, o maior número de vestígios e espécies tolerantes a ambientes impactados foi encontrado nos setores Foz Central e Norte, sendo que o último tem apresentado os maiores teores de lama e metais no sedimento superficial. Além disso, uma análise temporal mostra que para esses setores, um maior número de conchas de gastrópodes e esqueleto de briozoários, bem como uma menor diversidade foram registrados na campanha 4, quando o sedimento superficial apresentou o pico de concentração de metais e sedimento coesivo." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 45/57).

De modo geral, os setores APA Costa das Algas e Norte também se caracterizaram por uma relação entre estressores abióticos e impactos na biota, sobretudo associada à concentração de metais nas matrizes abióticas. Contudo, nestes setores a intensidade do impacto apresentou, na maior parte dos resultados, diferença de magnitude em comparação com o setor Foz, onde os impactos são comparativamente mais intensos.

Com relação aos setores Abrolhos e Sul o relatório indica que *"a análise dos impactos na biodiversidade deve ser realizada com maior atenção. Além da maior distância da foz do Rio Doce em comparação aos setores adjacentes à Foz, nessas áreas existem outras fontes importantes de nutrientes e metais que podem influenciar na variação espaço-temporal dos aspectos qualitativos investigados." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 45/57).*

Em síntese, a integração dos subprojetos do anexo 3 fundamenta a interpretação de que a dispersão desigual da descarga do rio Doce longo da plataforma continental explica parte das diferenças de impactos bióticos entre os diferentes setores. As evidências sedimentológicas e geoquímicas indicam que há uma dispersão preferencial da pluma do rio Doce para norte e nordeste. Não obstante, no relatório é feita a ressalva de que, *"de uma maneira geral, ainda há muito a ser entendido sobre o que está acontecendo e como os ecossistemas irão se adaptar a essas novas condições, e se é possível separar a variabilidade natural do ecossistema dos impactos*

gerados pelo rompimento da barragem." (Arquivo digital RT-19K_A3M_Discussão Integrada.pdf - Pág. 48/57).

Por fim, no quadro 1 (transcrito do relatório), é apresentado um resumo simplificado dos impactos no meios abiótico e biótico identificados pelo PMBA.

Quadro 1: Resumo simplificado dos impactos ambientais identificados no anexo 3 (ambiente marinho) do PMBA (Critérios: 'A' - Em referência a dados pretéritos ao rompimento da barragem de Fundão em novembro de 2015; 'B' - Em referência a dados pretéritos ao PMBA, porém, posteriores ao rompimento da barragem; 'C' - Análise espacial dos resultados entre pontos amostrais impactados e não impactados; 'D' - Correlação direta com a presença dos metais característicos do rejeito como ferro e manganês; 'E' - Em referência a dados disponíveis na literatura científica; e 'F' - A partir da legislação vigente).

Quadro 1: Resumo simplificado dos impactos ambientais identificados no anexo 3 (ambiente marinho) do PMBA (Critérios: 'A' - Em referência a dados pretéritos ao rompimento da barragem de Fundão em novembro de 2015; 'B' - Em referência a dados pretéritos ao PMBA, porém, posteriores ao rompimento da barragem; 'C' - Análise espacial dos resultados entre pontos amostrais impactados e não impactados; 'D' - Correlação direta com a presença dos metais característicos do rejeito como ferro e manganês; 'E' - Em referência a dados disponíveis na literatura científica; e 'F' - A partir da legislação vigente).

Meio	Indicador	Alteração do ambiente/ Impacto (Grau)	Critério	Local
Abiótico	Sedimento	Diminuição da densidade superficial de fundo (1)	A e B	FOZ
	Mineralogia	Aumento do volume das fases minerais de Fe e dos teores de FeOT (1)	A e B	NORTE, FOZ, APA
	Hidrogeoquímico	Contaminação por metais do depósito sedimentar e da água (1)	A e B	ABR, NORTE, FOZ, APA
	Metais	Aumento nas concentrações de compostos nitrogenados totais, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos	A, B e E	ABR, NORTE, FOZ e APA/RVS
	Orgânico	Aumento da concentração de nutrientes	A e B	FOZ
Biótico	Fitoplâncton	Aumento na abundância de organismos (3)	A e B	NORTE, FOZ, APA
		Diminuição da diversidade da comunidade (3)	A e B	NORTE, FOZ, APA
		Alterações na saúde fisiológica da comunidade (3)	A e B	NORTE, FOZ, APA
	Zooplâncton	Diminuição da abundância de organismos (3)	B e E	NORTE, FOZ, APA e SUL
		Diminuição da diversidade, equitabilidade e riqueza da comunidade (3)	B, C e E	NORTE, FOZ, APA e SUL
		Ausência de espécies sensíveis e dominância das tolerantes, durante maiores vazões	C	FOZ
	Bentos inconsolidado	Aumento da mortalidade (vestígios) de organismos (3)	A e B	ABR, NORTE, FOZ, APA e SUL
		Aumento na abundância de poliquetas característicos de ambientes poluídos (3)	A e B	ABR, NORTE, FOZ, APA e SUL
		Aumento na abundância de crustáceos amphipodas característicos de ambientes poluídos (3)	A e B	NORTE, FOZ, APA
	Ictioplâncton	Larvas de peixe com o trato digestivo destruído (2)	A e B	NORTE, FOZ, APA, SUL

4.2.5 - RT 20: Anexo 4 - Praias

O Anexo 4 do Relatório Anual (2018/2019) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I - Relatório RT-16 RRDM/NOV19, avalia os potenciais impactos decorrentes da chegada dos rejeitos de mineração, provenientes do rompimento das barragens da Samarco em Mariana/MG, sobre o compartimento ambiental formado pelas praias e antepraias da região marinha e costeira adjacentes à foz do rio Doce.

O Anexo 4 aborda 3 diferentes temas: a) morfodinâmica e sedimentologia das praias; b) geoquímica dos sedimentos; e c) os padrões ecológicos da fauna bentônica; as atividades foram planejadas com o objetivo de responder às seguintes questões norteadoras, constantes do Termo de Referência:

- 1) Qual o alcance máximo dos contaminantes ao longo da costa?
- 2) Qual o seu deslocamento ao longo do tempo?
- 3) Quais os processos morfodinâmicos envolvidos na distribuição dos contaminantes?
- 4) Existe a possibilidade de os contaminantes atingirem a berma alta da praia e a costa e, em caso afirmativo, em que condições de energia de onda?
- 5) Qual a resiliência do sistema praia-antepraia para neutralizar a ação dos contaminantes ao longo do tempo nos sedimentos e na fauna bentônica?

Quanto à caracterização da área de estudo, o relatório destaca que o recorte geográfico do litoral abrange dois setores morfodinâmicos distintos: a costa de falésias e terraços de abrasão (perfis praias S1, S2 e S3) e a planície arenosa do rio Doce (perfis praias S4 a N5). Porém, o setor da planície deltaica do rio Doce foi subdividido em dois, pelas características morfo-sedimentológicas e de direção da deriva litorânea, de forma que os resultados analisados foram apresentados agrupados em três compartimentos:

- Compartimento A: compreende as praias associadas aos terraços de abrasão (S1, S2 e S3);
- Compartimento B: compreende as praias ao sul da planície do rio Doce incluindo a praia de Povoação ao norte (S4, S5, S6 e N1);
- Compartimento C: compreende as praias ao norte da planície deltaica do rio Doce (N2, N3, N4 e N5), onde há deposição de sedimentos mais finos e lama provenientes do rio Doce e transportados para norte pela deriva litorânea.

4.2.5.1. Metodologia:

No que se refere à avaliação dos métodos e técnicas descritos e apresentados na seção 2 – Metodologia do Relatório e nos respectivos itens do apêndice Protocolo de Amostragem em Campo, os levantamentos de dados em campo e em repositórios de dados para as análises morfodinâmicas, geoquímicas e biológicas, **foram realizados em conformidade com o previsto no Termo de Referência - TR4 e suas alterações**, sendo realizadas quatro campanhas para as análises morfodinâmicas e geoquímicas (setembro e dezembro de 2018 e abril e julho de 2019) e duas campanhas, nas estações seca e chuvosa, para as análises bentônicas (setembro e dezembro de 2018). Em agosto de 2019 foi realizada a coleta de dois testemunhos nas estações amostrais de Regência e Povoação.

As amostras e dados foram processados e analisados nos diferentes laboratórios temáticos, conforme descritos nos respectivos itens do relatório e no apêndice Protocolo de Análises, com o detalhamento dos métodos e procedimentos analíticos e de tratamentos dos dados, ferramentas e modelos estatísticos utilizados para testar a significância dos resultados obtidos, normas e padrões de referência utilizados, **em conformidade com o previsto no Termo de Referência - TR4 e suas alterações**, permitindo sua replicação, caso necessária, e a verificação de conformidade com os resultados apresentados.

Constam os registros dos especialistas colaboradores em diferentes universidades do país, para os quais foram encaminhados representantes dos grupos de organismos coletados, visando a identificação e análise da diversidade dos táxons da fauna bentônica das praias e registros de ocorrência.

Há ainda a informação do registro dos indivíduos identificados (macro, meio e nematofauna) junto à Coleção Zoológica Norte Capixaba (CZNC) na divisão de bentos, do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Como único aspecto discordante no item Metodologia, foi observada a alteração na quantidade e localização de pontos amostrais, quando comparados o presente relatório do Anexo 4 – ano 1 do PMBA, com o apresentado na descrição metodológica do Anexo 4 do Termo de Referência - 04/2016 e no apêndice Protocolo de Amostragem em Campo, sendo:

- inclusão de um ponto na localidade de Praia Mole, Serra/ES, novo ponto S1;
- deslocamento do ponto S1, renomeado para S2, da localidade de Gramutê para Praia Formosa, distante cerca de 2480 metros ao norte, ambos em Aracruz/ES;
- deslocamento do ponto S2, renomeado para S3, da localidade de Praia dos Padres para Putiri, distante cerca de 4000 metros ao norte, ambos em Aracruz/ES;
- deslocamento do ponto S3, renomeado para S4, cerca de 1200 metros para o norte, ambos na localidade de Barra do Riacho - Aracruz/ES;
- deslocamento do ponto N2 em cerca de 680 metros para o norte, ambos na localidade de Cacimbas – Linhares/ES;
- deslocamento do ponto N3 em cerca de 1900 metros para o norte, ambos na localidade de Pontal do Ipiranga – Linhares/ES;
- deslocamento do ponto N4 em cerca de 250 metros para o norte, ambos na localidade de Urussuquara – São Mateus/ES.

Os demais pontos (S5, S6, N1 e N5) apresentam pequenas diferenças entre as coordenadas UTM informadas no Termo de Referência e no Relatório, mas em dimensões insignificantes no terreno, não se configurando como alteração da localização dos mesmos.

Ressaltamos aqui uma pequena questão de nomenclatura, que não compromete de forma alguma os trabalhos e seus resultados, mas acrescenta a possibilidade de erros de interpretação e/ou comunicação destes resultados à população: o ponto S5 situa-se na Terra Indígena de Comboios, e o ponto S6, na Reserva Biológica de Comboios. Os pontos estão designados, respectivamente, como

Comboios (S5) e Regência (S6), possibilitando o entendimento que o ponto amostrado na REBIO é o S5, e o S6 encontra-se na vila de Regência. Sugerimos, portanto, que os pontos sejam denominados como Terra Indígena (S5) e REBIO (S6) de Comboios.

A inserção do novo ponto S1, em Praia Mole – Serra/ES, mostrou-se positiva, por abranger uma área mais próxima ao complexo portuário/industrial de Tubarão – Praia Mole e ao conurbado da Grande Vitória, proporcionando elemento comparativo relevante, em relação aos demais pontos amostrais.

Pelas características das praias dos pontos S4, N2, N3 e N4, as relativamente pequenas alterações nas localizações dos pontos não devem ter implicado em alterações nos resultados obtidos e nas avaliações decorrentes.

Porém, a alteração no ponto S2 para o norte, da localidade de Gramutê para Praia Formosa, distantes cerca de 2480 metros, pelas diferenças nas características das praias, pode ter implicado em alterações relevantes na representatividade dos resultados entre os compartimentos ambientais e nas avaliações consequentes, além de ter suprimido o único ponto amostral existente no interior do Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz.

Também, a alteração do ponto S3 para o norte, da localidade de Praia dos Padres para Putiri, distantes cerca de 4000 metros e com diferenças nas características das praias, pode ter implicado em alterações relevantes na representatividade dos resultados e nas avaliações consequentes.

Registre-se que a Nota Técnica nº 2/2018/ICMBio Santa Cruz (SEI 3847513), já havia indicado que os pontos amostrais inseridos na APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz apresentavam divergências entre as coordenadas geográficas constantes no Apêndice IV – Anexo 4 – Praia (SEI 3718559) do Plano de Trabalho FEST Monitoramento da Biota Aquática (SEI 3718511), por não corresponderem à tabela do anexo 4 do TR 04/2016, recomendando que fosse realizada a correção das coordenadas geográficas dos pontos amostrais no apêndice IV do Plano de Trabalho da FEST.

Também cabe o registro de que no “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), no item Anexo 4 – Praias, consta que seriam mantidos os 5 pontos situados na margem norte da desembocadura do rio Doce, para a primeira campanha, tendo em vista a logística já programada e que após essa primeira campanha, poderia então ser discutida a relocação de um ponto ao norte para a região de Praia Mole, no município de Serra.

No entanto, não foram verificados registros em documentos no processo SEI ICMBIO 02070.007665/2018-83 que apresentassem as argumentações e justificativas pertinentes para as modificações nos pontos amostrais, observadas no primeiro Relatório Anual do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, assim como não foram verificadas justificativas para estas alterações, nem uma análise quanto às possíveis implicações, ou não, para as avaliações consequentes.

Considerando que já houve orientações e solicitações anteriores para que estas alterações fossem corrigidas ou justificadas, **torna-se imprescindível que estes esclarecimentos sejam apresentados no próximo relatório Anual do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente**, no capítulo referente ao Anexo 4, para que se tenha a devida conformidade entre os estudos realizados e seus resultados e o escopo do TR 04/2016 ou as justificativas para as alterações efetuadas.

4.2.5.2. Resultados:

Em termos gerais, os resultados para os diferentes parâmetros analisados estão adequadamente apresentados, em gráficos e tabelas que permitem a interpretação e compreensão das variações geográficas e sazonais ao longo da área de estudo.

Foram disponibilizadas as planilhas com os dados brutos e informações complementares que contém os resultados das diferentes análises realizadas, bem como os respectivos protocolos de amostragem em campo e de análises de dados.

Na planilha de dados brutos do Anexo 4, foram observados os seguintes aspectos:

- na aba geoquímica, consta que os resultados para mercúrio - Hg fração total, relativos às campanhas 12/2018, 09/2018; e para arsênio - As fração biodisponível, relativos às campanhas 06-07/2019, 04/2019 (exceto N5 antepraia, 5m e 10m) e 12/2018, não foram determinados por falhas/erros durante as fases de processamento e/ou análise;
- na aba bentos, consta que ainda estavam em andamento as determinações dos índices de densidade, riqueza e diversidade de macrofauna, meiofauna e nematofauna, relativos às amostras obtidas na campanha 08/2019.

Solicita-se que no próximo relatório sejam apresentadas considerações quanto à eventuais implicações destas indisponibilidades de dados e índices, na acurácia das avaliações realizadas a partir destes parâmetros.

Não foram identificados os arquivos referentes aos parâmetros de ondas para períodos de média e curta duração, obtidos por modelagem numérica através do modelo Wavewatch III (WW3) junto ao site Surf guru, disponibilizados livremente mediante solicitação, conforme consta do relatório. É mencionado que estes dados de ondas foram reanalisados e validados pelos fundeios realizados pelo Anexo 3 Marinho, os quais foram disponibilizados. **Cabe o esclarecimento, no próximo relatório, quanto a disponibilidade de dados brutos de clima de ondas, utilizados para as análises do Anexo 4.**

Face à extensão dos dados e resultados apresentados, **destaca-se a seguir os resultados mais relevantes encontrados no relatório**, para subsidiar a avaliação dos impactos decorrentes da incidência dos rejeitos da Samarco.

O primeiro ponto relevante a ser destacado é que, **ao norte da foz do rio Doce, o transporte de sedimentos pela deriva litorânea, resultante da interação entre as ondas e a orientação da linha de costa, é predominantemente para norte.** No trecho correspondente ao ponto N1, a orientação da linha de costa e sua interação com os regimes predominantes de ondas, resultam na intensificação do transporte líquido para norte. Ao norte de Degredo (Estação N2), onde a linha de costa inflexionar com orientação 90°, o volume do transporte líquido para norte é ainda maior.

O aporte lamoso do rio Doce é observado na antepraia, ao norte da desembocadura, devido à carga fluvial e deriva litorânea que atua preferencialmente para norte neste trecho do litoral. A presença de lamas isoladas entre as rugosidades dos terraços também é observada no Compartimento A, provavelmente associada às cargas de estuários próximos.

Chamam a atenção os elevados teores de lama observados na isóbata de 5 metros na estação S2 - Praia Formosa (Compartimento A) e na isóbata de 10 metros nas estações S6 - Regência, N1 - Povoação (Compartimento B), N2 - Degredo, N3 - Pontal do Ipiranga e N5 - Guriri (Compartimento C).

Consta o registro de que as concentrações de arsênio, encontradas na parte emersa e antepraia rasa, foram significativamente maiores nas estações amostrais do Compartimento A (S1, S2 e S3), porém, sendo também registrado que estudo realizado no ano de 2012 na mesma região, por Mirlean e colaboradores, encontrou teores equivalentes de As aos verificados no primeiro ano de monitoramento pela Rede Rio Doce Mar.

O relatório aponta altas concentrações de Fe na isóbata de 10 m das estações amostrais de Regência (S6 - valor médio de 56420 mg kg⁻¹) e de Comboios (S5 valor médio de 4692 mg kg⁻¹), o que se reproduziu para praticamente todos os metais estudados, com a tendência de aumento no teor dos metais em direção ao norte a partir da praia de Regência (S6), relacionado à maior influência do aporte sedimentar do rio Doce sobre esse trecho do litoral.

Quanto a ocorrência de mercúrio, provavelmente relacionada ao histórico da extração e beneficiamento de ouro na bacia do rio Doce, o relatório destaca que na isóbata de 5 m da praia Formosa (S2), a concentração de Hg apresentou valor significativamente superior aos encontrados nas demais estações amostrais, alcançando 50 µg kg⁻¹. Na isóbata de 10 m, registrou o aumento na concentração de Hg nas estações amostrais mais próximas à foz (S6 e N1) e na margem norte do rio Doce (N2, N3, N4 e N5), pela maior influência do aporte sedimentar deste rio.

Também foi avaliada a distribuição dos elementos ao longo do perfil transversal das estações amostrais de Praia Formosa (S3), representativa do Compartimento A, de Regência (S6) - do Compartimento B e de Pontal do Ipiranga (N3) - do Compartimento C, frente aos valores internacionais de referência de qualidade para sedimentos marinhos: TEL - *threshold effect level*, valores abaixo dos quais efeitos biológicos adversos não são esperados, PEL - *probable effect level*, valores acima dos quais efeitos biológicos adversos são esperados e AET *apparent effect threshold*, concentração a partir da qual os elementos químicos exercem um efeito adverso sobre a biota.

Para a estação S3, os teores de arsênio foram superiores ao valor de TEL em todos os pontos amostrais ao longo do perfil praiar. Na face inferior, antepraia rasa e isóbata de 5 m, este elemento apresentou concentrações maiores do que o valor de PEL. A maior contaminação foi observada na profundidade de 5 m, onde os elementos Al, As, Cr, Mn e V apresentaram concentrações fora dos padrões considerados seguros para a biota.

Na estação S6, nas isóbatas de 5 m e 10 m, os elementos Al, As, Mn e V apresentaram concentrações que ultrapassaram os valores de AET, TEL e PEL, indicando que, provavelmente, o acidente de rompimento da barragem de Mariana exerceu uma influência significativa sobre essa estação amostral.

Na estação N3, a isóbata de 10 m foi o ponto onde a concentração dos elementos Al, As, Cr, Mn e V ultrapassaram os valores de AET, TEL e PEL, o que também ocorreu em outros pontos de amostragem ao longo do perfil praiar desta estação.

Quanto à biodisponibilidade dos elementos, comparando os resultados obtidos para a berma superficial e para a isóbata de 10 m, o relatório destaca que a biodisponibilidade do Fe aumenta consistentemente a partir da estação amostral de Regência (S6) em direção ao norte, podendo caracterizar um aporte recente desse elemento nos sedimentos.

Em relação aos organismos bentônicos (macrofauna, meiofauna e nematofauna), o relatório apresenta uma análise das variações dos parâmetros ecológicos de riqueza, diversidade, densidade e abundância da macrofauna, meiofauna e nematofauna das praias, comparando os resultados obtidos nas estações amostrais e faixas dos perfis de praias, dentro e entre os Compartimentos A, B e C, indicando os grupos dominantes e a existência ou não de variações entre os períodos seco e chuvoso.

Quanto às alterações ocorridas com a fauna bentônica após a chegada do rejeito do sistema praiar, efetua uma análise comparativa com os dados pretéritos de macrofauna e meiofauna existentes **para a praia de Degredo (N2), indicando que houve uma drástica redução nos índices biológicos da macrofauna (riqueza, densidade e diversidade). Registrou que esta redução brusca nos parâmetros analisados pode ser considerada uma evidência de que a comunidade macrobentônica da praia de Degredo foi impactada** e cita ainda publicação que observou, após o desastre, a redução na densidade e diversidade de organismos no estuário do rio Doce, assim como a modificação da estrutura trófica.

Registra ainda que, para a meiofauna em Degredo (N2), inversamente à macrofauna, foi verificado um acréscimo significativo nos valores de riqueza, densidade e diversidade na condição de pós desastre. Mas argumenta que, na ausência da macrofauna como possível predador, são registrados maiores valores de riqueza, densidade e diversidade para a meiofauna, que também possui tempos de geração tipicamente mais rápidos, com isso uma maior resiliência e ocorrem em densidades bentônicas significativamente maiores que a macrofauna.

4.2.5.3. Conclusões:

Quanto à caracterização sedimentológica e geoquímica, o relatório parte do pressuposto de que os principais indicadores a serem considerados são: o teor de lama; o incremento das concentrações de minerais pesados, principalmente opacos; e o incremento dos elementos químicos Fe, Al, Mn e Cr, destacados, com base na bibliografia, para discutir a assinatura da contaminação dos sedimentos e associá-los à carga produzida por processos de mineração.

No Compartimento A, as maiores concentrações de metais foram observadas sobre os terraços de abrasão, cuja rugosidade cria armadilhas e facilita a deposição de sedimentos finos, com a elevação das concentrações de metais ao longo do perfil praiial emerso após eventos de maior energia das ondas. Estes eventos levam à recorrente inundação da praia, com o alcance dos espriamento máximos na base dos cordões litorâneos, de forma que o ecossistema de dunas/restinga estará suscetível a ser atingido pelo rejeito, considerando a contribuição de sedimentos provenientes de depósitos ao norte nas porções mais distantes e profundas do litoral, como verificado na Estação S2 – Praia Formosa, o que justifica a continuidade do monitoramento neste compartimento.

Foi verificado que as praias do **Compartimento B** apresentaram as menores concentrações de metais na porção emersa, resultante da combinação do alto grau de exposição às ondas, praias compostas por areias mais grossas, com alta porosidade, permeabilidade e maior facilidade de mobilização, onde o refluxo da onda é capaz de carrear de volta ao mar as partículas de sedimentos mais finos. Somado à estas características, o desenvolvimento de correntes transversais de retorno que apresentam alta velocidade, em função da refletividade da praia, podem ser responsáveis pela retirada de sedimentos finos do sistema praiial. **Desta forma, dentre todos os compartimentos este é o mais resiliente para recuperação e expulsão dos rejeitos, quando incorporados à praia.** Contudo, pela maior exposição à incidência de ondas, o transporte de lamas e metais até a berma alta pode ocorrer em função da mobilização dos sedimentos lamosos na antepraia, consequentemente atingindo o ecossistema de dunas/restinga.

O **Compartimento C** é caracterizado pelo aporte e deposição dos sedimentos provenientes do rio Doce, transportados para norte pela deriva litorânea, onde lamas com altos teores de minerais pesados e de metais são observadas na antepraia, representando frequentemente 100% da fração dos sedimentos na isóbata de 10 m. Em função do baixo gradiente da face praiial, o espriamento das ondas pode percorrer toda a extensão da faixa arenosa da praia e alcançar ecossistemas adjacentes, como restingas e dunas, o que explica os maiores teores de metais ao longo das diversas feições dos perfis topográficos desse compartimento. Estas constatações, **indicaram ser este o compartimento praiial mais potencialmente contaminado pela chegada do rejeito.**

Como síntese da relação da comunidade bentônica com os aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geoquímicos, o relatório destaca que os padrões ecológicos da comunidade bentônica apresentaram anomalias quando comparados aos padrões descritos na literatura, seja por desacordo com a tipologia da praia, seja pela presença excessiva de alguns metais. Nos Compartimentos A e C, os altos teores de metais foram provavelmente os responsáveis pelos resultados encontrados, destacando principalmente o declínio nas taxas de densidade da macrofauna no Compartimento C, após a deposição de metais. Já no Compartimento B, com menores concentrações de metais, não houve pertinência entre os descritores ecológicos da fauna e a tipologia da praia, o que pode indicar alterações morfodinâmicas das praias adjacentes à desembocadura em função da deposição de lama na antepraia, que altera os processos de propagação e arrebentação das ondas e, consequentemente, a mobilização e transporte dos sedimentos.

4.2.5.4. Síntese da Análise do Relatório Anexo 4 – Praias.

4.2.5.4.1 - Aderência ao Termo de Referência 4 - TR4/2016 e suas alterações:

No que se refere aos métodos e técnicas descritos e apresentados para os levantamentos de dados morfodinâmicos, geoquímicos e biológicos, bem como para o processamento e análise destes dados, foram realizados em conformidade com o previsto no Termo de Referência - TR4 e suas alterações e nos respectivos itens dos apêndices Protocolo de Amostragem em Campo e Protocolo de Análise. Consideramos que as demandas das perguntas orientadoras foram atendidas.

Quanto aos resultados constantes no relatório para os diferentes parâmetros analisados, estão adequadamente apresentados em gráficos e tabelas que permitem a interpretação e compreensão das variações geográficas e sazonais ao longo da área de estudo. Foram disponibilizadas as planilhas com os dados brutos e informações complementares, que contém os resultados das diferentes análises realizadas.

4.2.5.4.2 - Complementações e/ou alterações das informações apresentadas:

Como único aspecto discordante quanto à Metodologia, foi observada a alteração na quantidade e localização de pontos amostrais. Não foram verificados, no relatório e em documentos no processo SEI 02070.007665/2018-83, registros que apresentassem as argumentações e justificativas pertinentes para as modificações nos pontos amostrais, nem uma análise quanto às possíveis implicações, ou não, para as avaliações consequentes. Considerando que já houve orientações e solicitações anteriores para que estas alterações fossem corrigidas ou justificadas, torna-se imprescindível **que estes esclarecimentos sejam apresentados no próximo relatório Anual do Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, no capítulo referente ao Anexo 4**, para que se tenha a devida conformidade entre os estudos realizados e seus resultados e o escopo do

TR 04/2016 ou as justificativas para as alterações efetuadas.

Considerando a questão de nomenclatura dos pontos S5 e S6, para que se evite possíveis falhas de interpretação e/ou comunicação dos resultados, sugere-se a alteração das respectivas denominações para Terra Indígena (S5) e REBIO (S6) de Comboios.

Na planilha de dados brutos do Anexo 4, constam os registros de que alguns dos resultados para mercúrio - Hg fração total e para arsênio - As fração biodisponível, não foram determinados por falhas/erros durante as fases de processamento e/ou análise e também que as determinações de alguns dos índices de densidade, riqueza e diversidade de macrofauna, meiofauna e nematofauna ainda estavam em andamento. **Solicita-se que no próximo relatório sejam apresentadas considerações quanto à eventuais implicações destas indisponibilidades de dados e índices, na acurácia das avaliações realizadas a partir destes parâmetros.**

Não foram identificados os arquivos referentes aos parâmetros de ondas para períodos de média e curta duração, obtidos por modelagem numérica através do modelo Wavewatch III (WW3).

Solicita-se o esclarecimento, no próximo relatório, quanto a disponibilidade de dados brutos de clima de ondas, utilizados para as análises do Anexo 4.

4.2.5.4.3 - Principais impactos evidenciados:

O primeiro ponto relevante destacado é que, ao norte da foz do rio Doce, o transporte de sedimentos pela deriva litorânea, resultante da interação entre as ondas e a orientação da linha de costa, é predominantemente para norte, levando à tendência de aumento no teor dos metais em direção ao norte a partir da praia de Regência (S6), relacionado à maior influência do aporte sedimentar do rio Doce sobre esse trecho do litoral.

O relatório destaca que a concentração de Mercúrio na isóbata de 5 m da praia Formosa (S2) apresentou valor significativamente superior aos encontrados nas demais estações amostrais, alcançando 50 µg kg⁻¹. Na isóbata de 10 m, registrou o aumento na concentração de Hg nas estações amostrais mais próximas à foz (S6 e N1) e na margem norte do rio Doce (N2, N3, N4 e N5), pela maior influência do aporte sedimentar deste rio.

Para as estações S3, S6 e N3, representativas dos respectivos compartimentos, foram avaliadas as concentrações dos elementos metálicos frente aos valores internacionais de referência de qualidade para sedimentos marinhos: TEL - *threshold effect level*, valores abaixo dos quais efeitos biológicos adversos não são esperados, PEL - *probable effect level*, valores acima dos quais efeitos biológicos adversos são esperados e AET *apparent effect threshold*, concentração a partir da qual os elementos químicos exercem um efeito adverso sobre a biota. Os resultados indicam que, em situações distintas para cada um dos compartimentos, os teores de Al, As, Cr, Mn e V apresentaram concentrações que ultrapassaram os valores de AET, TEL e PEL, indicando que, provavelmente, o acidente de rompimento da barragem de Mariana exerceu uma influência significativa sobre estas estações amostrais.

Quanto às alterações ocorridas com a fauna bentônica após a chegada do rejeito do sistema praial, registrou a redução brusca nos índices biológicos (riqueza, densidade e diversidade) na comunidade macrobentônica da praia de Degredo, que pode ser considerada como evidência de impacto do rejeito e cita ainda a redução na densidade e diversidade de organismos no estuário do rio Doce, após o desastre, assim como a modificação da estrutura trófica. Como síntese da relação da comunidade bentônica com os aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geoquímicos, o relatório destaca que os padrões ecológicos da comunidade bentônica apresentaram anomalias quando comparados aos padrões descritos na literatura, seja por desacordo com a tipologia da praia, seja pela presença excessiva de alguns metais.

A análise integrada dos parâmetros morfodinâmicos, sedimentológicos e geoquímicos destaca os seguintes resultados: No Compartimento A, as maiores concentrações de metais foram observadas sobre os terraços de abrasão, cuja rugosidade cria armadilhas e facilita a deposição de sedimentos finos, com a elevação das concentrações de metais ao longo do perfil praial emerso após eventos de maior energia das ondas; O Compartimento B, pelas características morfodinâmicas das praias, é o mais resiliente para recuperação e expulsão dos rejeitos, quando incorporados à praia, contudo, pela maior exposição à incidência de ondas, o transporte transversal de lamas e metais pode atingir o ecossistema de dunas/restinga; O Compartimento C é caracterizado pelos altos teores de minerais pesados e de metais na antepraia, transportados para norte pela deriva litorânea, indicando ser este o compartimento praial mais potencialmente contaminado pela chegada do rejeito proveniente do rio Doce.

4.2.6 - RT 21: Anexo 5 - Manguezal

4.2.6.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

De maneira geral há atendimento satisfatório sobre os itens segundo TERMO DE REFERÊNCIA 4 (ANEXO 5).

4.2.6.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Conforme explanado na página 417 “Os resultados estão incompletos para a APA Costa das Algas, pois em duas tentativas de

amostragens, nos campos 1 e 2, a área de estudo estava inundada pelas correntes de maré enchente não sendo possível a visualização das galerias de *U. cordatus* e a coleta de dados.”

Encaminhamento: Reconhecendo que os ecossistemas de mangue impõe limitação para as atividades de coleta de dados, sugere-se que as amostragens tenham melhor planejamento para redução de ocorrências como esta em momento futuro.

Na página 428 é apresentado sobre o primeiro registro de *Ucides cordatus* no Rio Doce. Sobre esta ocorrência é reportado que “o tamanho relativamente pequeno dos indivíduos encontrados, isto é, anterior a idade reprodutiva, e a baixa densidade populacional registrada implicam em ingresso da espécie no sistema fluvial do Rio Doce, provavelmente, respondendo as alterações ocorridas em sua hidrodinâmica que são resultantes do efeito provocado pela chegada dos rejeitos provenientes do rompimento da Barragem de Fundão”. No entanto esta inferência não é suportada por referências, assim como não é apresentado claramente sobre quais alterações ambientais, inclusive entre as apresentadas por outros anexos, podem ter gerado a adaptação ecológica da espécie ao novo local.

Encaminhamento: Elucidar se há possível adaptação ecológica da espécie, de preferência com referências e/ou demais dados que possam corroborar (características físico-químicas ou de morfodinâmica da região estudada) que fortaleçam o argumento em posteriores relatórios.

4.2.6.3 - Análise Geral

No estudo realizado pela RRM o número de manguezais avaliados é bem representativo do litoral do Espírito Santo. Os pontos de coletas foram plotados em bosques bem desenvolvidos localizados nas proximidades das desembocaduras dos principais estuários da região. A periodicidade bimensal adotada no estudo representa um bom intervalo de tempo já que as espécies estudadas apresentam reprodução sazonal e atingem idade adulta em 12 meses.

As medidas das carapaças utilizadas para a avaliação da densidade e dinâmica das populações são as medidas padrão tomadas em estudos da carcinofauna de manguezais. As análises empregadas são as aplicadas tradicionalmente em estudos de estrutura de populações biológicas. Tais resultados poderão, assim, ser confrontados por comparação ao longo do tempo utilizando-se os valores de densidades e valores médios de tamanho das carapaças.

Ainda que o estudo tenha sido realizado por período de 1 ano, ele indica que o aporte de Fe e Mn em condições capazes de alterar a integridade biológica e a qualidade ambiental deste sistema, o que pode resultar em perdas econômicas e culturais. Portanto, é provável que em mais um ou dois anos de estudo, os resultados sejam conclusivos.

A escolha das espécies de decápodes representa bem a comunidade de Crustacea dos manguezais locais que possuem interesse comercial. Contudo, sugere-se que seja incluso no programa de monitoramento uma espécie de Mollusca que representa um grupo zoológico filtrador diferente dos crustáceos que capturam suas presas ativamente no ambiente. Os moluscos também apresentam grande interesse comercial na região, tais como as ostras, bacucus e berbigões. O gastrópode *Littoraria angulifera*, muito comum nos manguezais de toda costa brasileira, tem sido sugerido no monitoramento de ecossistemas estuarinos brasileiros, utilizando animais bentônicos como indicadores.

4.2.7 - RT 22: Anexo 5 - Restinga

4.2.7.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

De maneira geral há atendimento satisfatório sobre os itens segundo TERMO DE REFERÊNCIA 4 (ANEXO 5).

4.2.7.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

No item “Banco de Sementes” há referência sobre a quantidade de sementes que germinaram mas não há uma comparação com a quantidade que pode ser considerada normal “No total foram coletadas 5.716 sementes, das quais apenas 207 germinaram, o que representa 3,6% de germinação”.

Encaminhamento: Avaliar a possibilidade de inserção de referência passível de comparação em futuros relatórios.

Os gráficos da Figura 38 do item “Índice de Clorofila” estão confusos visto a quantidade de espécies apresentadas na mesma figura.

Encaminhamento: Como sugestão para futuros relatórios sugere-se apresentar os gráficos por espécie (11 espécies), comparando os 2 meses, nas diferentes estações amostrais, permitindo comparar o comportamento de cada espécie nas diferentes áreas e épocas, similar ao conjunto de gráficos da Figura 67.

De modo geral, as análises e levantamentos foram bem conduzidos. Além das observações acima, vale dizer que faltou a justificativa da escolha de *Canavalia rosea* para a análise da viabilidade de estruturas reprodutivas (2.2.3, pg. 25). Somente no item resultados, na pg. 173, consta que esta espécie “mais fortemente suscetível ao spray marinho e consequente deposição de particulados”. Embora a justificativa seja adequada, deveria ser apresentada no material e métodos. Além disto, há outras espécies, como *Ipomoea pes-caprae*, que são ecologicamente similares e submetidas às mesmas influências. Solicita-se justificativa no próximo relatório.

4.2.7.3 - Análise Geral

Considerando os estudos pretéritos e o atual em E7, pode-se afirmar que entre o período de 1990 – 2019, a composição florística, assim como a organização estrutural da formação, não sofreu alterações. Apesar da proximidade de E7 à foz do Rio Doce.

Observações e estudos nas espécies que apresentaram flores e não frutificaram podem vir a ser escolhidos para realização, a fim de elucidar se a ausência de frutificação ocorreu pela metodologia utilizada, por algum fator abiótico, ou se está havendo problemas na germinação do grão de pólen ou outros reprodutivos, que podem, a longo prazo, levar à redução populacional dessas espécies.

4.2.8 - RT 23: Anexo 6 - Megafauna

O relatório apresenta as informações seguindo a seguinte estrutura: Introdução; Metodologia; Resultados; Discussão Integrada; Resumo do Anexo; Referências e Apêndice. Contudo, a fim de facilitar a análise do relatório e elaboração da presente Nota Técnica, optamos por fazer a análise por Projeto e respectivos subprojetos, considerando o grupo estudado (Aves, Mamíferos e Tartarugas Marinhas). Assim, as informações serão analisadas para o Projeto Monitoramento da megafauna; Monitoramento de cetáceos: genética, saúde, dieta, reprodução, uso do habitat, interação com pesca; Monitoramento de aves marinhas: diversidade genética, saúde, contaminantes, ecologia trófica (isótopos e dieta), uso de habitats e rastreamento, demografia e reprodução, contagens no mar e na costa; e Monitoramento de tartarugas marinhas: genética e saúde.

MONITORAMENTO DA MEGAFUNA

4.2.8.1 - Análise do Subprojeto: Dronemonitoramento

Tartarugas Marinhas

4.2.8.1.1 - Aderência ao TR4, Plano de Trabalho da RRDM e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Elaborado em atendimento ao objetivo 2 do TR (Anexo 6) e parte do subprojeto “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 tartarugas marinhas o censo aéreo não é a metodologia mais adequada, mas que o registro dos quelônios eventualmente detectados por estes sobrevoos seria registrado, o relatório traz resultados para quelônios. Assim, consideramos que o **solicitado foi atendido**.

4.2.8.1.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual, inserir na Tabela 10 (página 99) o total para cada classe observada (Ave, Mammalia e Reptilia), conforme havia sido solicitado na análise do relatório semestral.

Disponibilizar todos os vídeos, organizados minimamente por classe (Ave, Mammalia e Reptilia), local e por comportamento juntamente com os dados brutos do próximo relatório anual.

Apesar de não ser o alvo do estudo foi possível registrar a ocorrência de quelônios nas áreas de monitoramento, no entanto, houve dificuldades nos principais locais de desovas e na identificação de *Dermochelys coriacea*. É de grande relevância entender se a baixa ocorrência nessas áreas e com ocorrência da pluma de sedimentos se devem por limitações quanto à turbidez da água, ou por condições de comportamento dos animais, que se afastariam da costa nos intervalos internodais, entre outros fatores. Seria recomendado o estudo comparar de forma resumida com outras pesquisas que utilizam o equipamento para monitoramento de quelônios e apontem as fragilidades e melhorias da metodologia que está sendo desenvolvida como forma de qualificar o trabalho ou mesmo de eliminar esforços que podem fazer inferências não conclusivas ou com baixa capacidade de coleta de informações.

A tabela 10, página 99, informa 82 registros de *Chelonia mydas* e 3 registros de *Dermochelys coriacea*. Contudo, no texto (página 103) é informado o registro de 89 espécimes de *Chelonia mydas*. A informação é contraditória. Para o próximo relatório anual, fazer revisão criteriosa a fim de evitar tais equívocos. Além disso, no texto é informado que *Dermochelys coriacea* foi levantada no período inicial de delineamento metodológico e não incluída nos resultados analisados. Esta informação deveria constar na tabela 10, a fim de evitar interpretações equivocadas, corrigir para o próximo relatório. Importante também esclarecer como é feita a contagem por espécimes, se não há risco de contar o mesmo indivíduo uma ou mais vezes. Alternativamente, pode-se informar apenas os registros, caso o método não possibilite quantificar espécimes.

4.2.9.1.3 - Análise Geral

A espécie *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), foi a única espécie registrada durante as amostragens, não tendo sido registrado animais adultos em processo de reprodução.

O relatório não informa sobre a disponibilização dos vídeos do dronemonitoramento.

Consideramos como positivo a interpolação das avistagens usando a ferramenta Kernel ou mapa de calor.

De forma geral os resultados foram bem apresentados com utilização de tabelas e mapas de calor que facilitam a interpretação dos resultados.

Apresentado inicialmente na forma de tabela o resultado para quelônios é de 82 registros de *Chelonia mydas* e 3 registros de *Dermochelys coriacea*, esta última espécie foi levantada no período inicial de delineamento metodológico e não incluída nos resultados analisados.

Para *Chelonia mydas* o estudo identificou 89 espécimes na faixa etária juvenil predominantemente no ponto de amostragem do Piraquê-Açu, no entanto, não foi feita análise comportamental, já que o foco do estudo era o grupo dos cetáceos.

Mamíferos Marinhos

4.2.8.1.4 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

No relatório semestral foi solicitado a disponibilização dos vídeos, informando local e comportamento, o que não foi atendido. O solicitado deve ser atendido para o próximo relatório anual.

4.2.8.1.5 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual, detalhar melhor os resultados distintos nos diferentes monitoramentos (ex. com drones observou-se mais comportamento de alimentação e no monitoramento embarcado foi mais observado o comportamento de deslocamento). Essa diferença, p.ex., se deu pelo esforço ou pelo método empregado ou outro fator contribuiu?

No resumo foi citado: “Detectou-se baixa taxa de avistagem de botos-cinza filhotes e juvenis para as áreas próximas da foz do rio Doce (monitoramento por ponto fixo e embarque). Por ser uma espécie que não apresenta sazonalidade reprodutiva, de acordo com a literatura, o esperado era avistar filhotes em todos os meses de observação e foram vistos somente em quatro meses.” É preciso detalhar melhor no próximo relatório anual as diferenças encontradas nos resultados, apesar das metodologias e esforços serem distintos.

Disponibilizar todos os vídeos, organizados minimamente por classe (Ave, Mammalia e Reptilia), local e por comportamento juntamente com os dados brutos do próximo relatório anual.

4.2.8.1.6 - Análise Geral

A maior concentração de indivíduos de boto-cinza foi registrada na Foz do Rio Doce, onde ocorreram durante todo o período de amostragem.

A alimentação foi o comportamento mais observado nos grupos de boto-cinza em todas as áreas amostradas, durante todo o período.

Na Foz do Rio Doce não foram registradas toninhas, durante todo o período amostrado, somente no último trimestre. A alimentação foi o comportamento mais registrado nos grupos observados, e todos estavam localizados na área do entorno da Reserva Biológica de Comboios.

Dessa forma, os resultados até o momento encontrados formam um *baseline* para os próximos anos de monitoramento. Dados de cinco anos de dronemonitoramento mensal e vídeo-monitoramento de habitats, comparados com padrões ecotoxicológicos e/ou resultados dos demais subprojetos da megafauna, permitirão estabelecer nexos causais com possíveis fontes de impactos crônicos na parte da biodiversidade referente à megafauna marinha existente na região atingida pela lama de rejeitos proveniente da Barragem de Fundão em Mariana-MG.

A espécie *S. guianensis* registrou a presença de indivíduos de botos imaturos na região da foz do Rio Doce durante todo o ano, evidenciando a importância da área como berçário para a espécie.

O comportamento de alimentação foi o mais registrado pelo dronemonitoramento para as espécies de boto-cinza e toninha. Portanto, os cetáceos estão se alimentando na área atingida e mais propensos a alterações em sua saúde ao longo do tempo.

Aves

4.2.8.1.7 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Elaborado em atendimento ao objetivo 2 do TR (Anexo 6) e parte do subprojeto “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** 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.

4.2.8.1.8 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Na tabela 10 (página 99), na linha que expressa as categorias de ameaça, retirar o texto "Pouco preocupante (IUCN)" para *Thalassarche* sp. (Albatroz) uma vez que algumas das espécies deste gênero que ocorrem na região são ameaçadas de extinção e potencialmente estão entre os registros citados para os gêneros (destaque para *Thalassarche chlororhynchos*).

Disponibilizar todos os vídeos, organizados minimamente por classe (Ave, Mammalia e Reptilia), local e por comportamento juntamente com os dados brutos do próximo relatório anual. Na continuidade do monitoramento, seria interessante a tentativa de diferenciação pelas imagens ao menos das espécies *Sterna hirundo*, *Sterna hirundinacea*, *Thalasseus acutiflavus*, e *Thalassarche* sp.

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 frequentes para a região, quais sejam: *Sterna hirundinacea* e *Thalassarche chlororhynchos*). Uma vez que na página 399 do relatório está expresso que os parâmetros coletados a partir do dronemonitoramento: composição das espécies de mamíferos, aves e quelônios; densidade de indivíduos por mês e local; percentual de comportamento e classe etária permitiram encontrar padrões para a avaliação de impactos proposta, gostaríamos de esclarecimentos em relação a possibilidade do esforço de identificação para estes dois gêneros principais de aves acima mencionados: *Sterna* sp. e *Thalassarche* sp. Caso possível, apresentar estes dados para o próximo relatório anual na forma de documento complementar.

4.2.8.1.9 - Análise Geral

No relatório a Figura 19 apresenta os resultados dos registros de aves. 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 nove meses de coleta sistematizada 776 espécimes de 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.

4.2.8.2 - Análise do Subprojeto: Sobrevoos tripulado

Tartarugas Marinhas

4.2.8.2.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Elaborado em atendimento ao objetivo 1 do TR (Anexo 6) e parte do subprojeto "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**.

4.2.8.2.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Adequar, para próximos relatórios, o texto sobre o período reprodutivo das tartarugas marinhas. No Brasil, a espécie *Dermochelys coriacea* tem seu período reprodutivo na primavera/verão, com destaque para os meses de novembro e dezembro. Assim, a campanha de inverno (agosto/setembro) foi realizada no início do período reprodutivo, quando os animais começam a chegar ao litoral. E a campanha de verão (janeiro/fevereiro) foi realizada quando estes animais já estavam deixando a região.

4.2.8.2.3 - Análise Geral

A espécie *Dermochelys coriacea* foi registrada apenas no período do inverno. Informam que, ao contrário da maioria das outras

tartarugas marinhas que nidificam durante a primavera e verão, a tartaruga-de-couro frequentemente reproduz no outono e no inverno.

De forma geral este subprojeto apresentou bem os resultados e separou por grupo taxonômico utilizando tabelas, mapas e gráficos que facilitam o entendimento.

As taxas de encontro (TE) durante o verão foram maiores do que durante o inverno em todos os estratos analisados.

O grupo dos quelônios foi apresentado com 197 registros de grupos nas duas campanhas realizadas, totalizando 291 indivíduos avistados, sendo 3 *Dermochelys coriacea* no período do inverno e 149 indivíduos da família Cheloniidae no verão e 139 no inverno.

A estimativa de abundância foi de 631 tartarugas marinhas no verão e 531 no inverno. Consideram o valor subestimado, visto que ainda vão inserir um fator de correção na estimativa. É possível perceber a predominância de ocorrência na região sul da amostragem e nas UCs APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz.

Na campanha de inverno (agosto/setembro), foi observado evento de agregação de tartarugas marinhas em setembro, a cerca de 42 km da costa. Ao longo de aproximadamente 6,7km de extensão foram registrados 81 indivíduos de Cheloniidae, totalizando 12,09 indivíduos/km². Associam ao período de reprodução das tartarugas. Mas, não informam se os indivíduos observados eram adultos.

Por fim é informado que foi observada uma sobreposição espacial de tartarugas marinhas da família Cheloniidae com a região de descarga da pluma, assim como relatado no relatório semestral.

Mamíferos Marinhos

4.2.8.2.4 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.2.5 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.2.6 - Análise Geral

A área ao sul da barra do Rio Doce concentrou as maiores densidades de grupos de toninhas nas duas estações amostradas (Santa Cruz e Conceição da Barra). O relatório informa que, de acordo com a modelagem de dispersão da pluma com poluentes, esta área recebeu o maior aporte de metais imediatamente após o deságue (Magris et al. 2019), coincidindo com a região de maior densidade de indivíduos.

As áreas do entorno do Rio Doce concentraram as maiores densidades de botos-cinza.

Dos 158 grupos de baleias jubartes avistados, 34 (21,5%) deles continham filhotes reforçando a importância da área para reprodução e cria desta espécie. Registros próximos a costa.

Com relação a distância da costa, é possível identificar que todos os grupos de cetáceos avistados estavam, na média, mais próximos a costa na amostragem de verão do que na de inverno, indicando a maior exposição dos grupos às áreas de maior concentração de metais pesados durante o verão. A influência de fatores abióticos (e.g., temperatura superficial da água) e bióticos (e.g., disponibilidade de presas) sobre o padrão observado será avaliada.

Os cetáceos estão utilizando a área impactada. Registros de filhotes de jubartes na área atingida, também reforçam a importância do local como berçário

Aves

4.2.8.2.7 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Elaborado em atendimento aos objetivos 1 e 2 do TR (Anexo 6) e parte do subprojeto "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**.

4.2.9.2.8 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.2.9 - Análise Geral

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. O total de 444 grupos de aves marinhas foi registrado durante as duas campanhas relatadas, estes foram compostos no total por 22 indivíduos de *Sula leucogaster* e 1147 indivíduos da família Sternidae. Tanto na campanha de verão quanto na de inverno, a maior densidade de indivíduos da Classe Aves foi registrada na região da foz do Rio Doce.

4.2.8.3 - Análise do Subprojeto: Associação com Habitats Bentônicos (ROV)

Mamíferos Marinhos

4.2.8.3.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.3.2. Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.3.3. Análise Geral

O monitoramento com ROV identificou os habitats sedimentares com ausência de macrobentos (ex. sedimentos finos e arenosos) como os dominantes na área de estudo devido a influência do grande aporte sedimentar oriundo do rio Doce (Aracruz até Conceição da Barra, com predomínio para a região de influência da foz do rio Doce.

A aquisição de imagem por filmagem subaquática não se mostrou um método eficaz para o objetivo de observação comportamental dos animais neste projeto, visto que as condições de turbidez da água não permitiram uma visualização subaquática satisfatória.

4.2.8.4. Subprojeto: Bioacústica de cetáceos

Mamíferos Marinhos

4.2.8.4.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.4.2. Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual: Melhorar apresentação da Figura 54-pág.148, que está difícil de visualizar; no texto, inserir gráfico comparativo dos “sons normais” e os relatados na área; comparar dados com sazonalidade (inverno e verão), com duração menor (totalizando 70 dias).

Com relação às expedições, fazer as seguintes adequações: Realizar duas expedições de 35 dias garantindo informações de períodos diferentes, em função da ressuspensão de sedimentos; realizar os sobrevoos juntamente com as expedições de acústica e dronemonitoramento; e realizar os monitoramentos (sobrevoos, drones e acústico, juntamente com os estudos que forem possíveis) em um período único, podendo relacionar as informações de cada método, para melhor detalhamento e entendimento das alterações ocorridas em função da nova condição do ambiente após o acidente.

4.2.8.4.3 - Análise Geral

Embora observada a influência da turbidez na variação das emissões acústicas, indivíduos foram visualizados em áreas com presença nítida da espuma e de sedimentos.

Foi confirmado com a bioacústica que a turbidez é um fator determinante na atenuação e degradação dos cliques de ecolocalização, especialmente para parâmetros de frequência e bandas espectrais, reduzindo o potencial de propagação dos sons e consequentemente reduzindo sua área ativa. Além dos parâmetros espectrais, observamos influência da turbidez sobre o nível de pressão sonora (*SPL*) em todas as espécies que, para resolverem o problema de perda de energia, aumentam a intensidade de seus cliques em valores maiores de turbidez, possivelmente como uma tentativa do animal em compensar as perdas nos demais parâmetros.

Esses fenômenos descritos neste estudo, com especial atenção aos cliques de ecolocalização, podem implicar no aumento do custo energético para que os animais possam compensar as perdas resultantes do efeito da turbidez para suprir suas necessidades de sobrevivência, especialmente forrageamento, captura de presas e a comunicação intraespecífica. Essa alteração do balanço energético pode gerar consequências de longo prazo e comprometimento a nível populacional.

A bioacústica é uma ferramenta eficaz nas análises em águas turvas, tanto para identificação de espécies quanto para identificar possíveis distúrbios nas populações (ex. quanto ao gasto energético despendido).

MONITORAMENTO DE CETÁCEOS

4.2.8.5 - Análise do Subprojeto: Uso do Habitat

4.2.8.5.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.5.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Apesar das metodologias distintas, no monitoramento por drone, o comportamento mais observado foi distinto do avistado pelo monitoramento embarcado/fixo, essa diferença precisa ser melhor elucidada.

4.2.8.5.3 - Análise Geral

A maior parte das visualizações de indivíduos juvenis de *S. guianensis* (N= 11) por meio do monitoramento embarcado foram próximas à foz Rio Doce, equivalendo a 54,55% das visualizações de juvenis. No entanto, o número de juvenis representou somente 1,98% do número total de avistagens.

No monitoramento embarcado o comportamento de deslocamento de *S. guianensis* foi predominante (90,9%), seguido pelo comportamento de alimentação (9,1%).

4.2.8.6 - Análise do Subprojeto: Encalhes

4.2.8.6.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.9.8.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.6.3 - Análise Geral

O período com maior atividade de encalhes se deu em condições de verão, na época chuvosa.

Cerca de 85% dos encalhes de toninhas foram de filhotes e juvenis. Avaliando-se dados pretéritos verificou-se uma tendência de maior proporção de encalhes de toninhas (*Pontoporia blainvillei*) em período chuvoso, porém, após o acidente houve uma inversão deste padrão com evidente concentração de encalhes em época pouco usual, correspondente ao primeiro período seco pós desastre.

Das espécies que puderam ser identificadas (n=73) observamos a predominância de espécies costeiras, o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) foi o animal mais frequente com 64%, seguido da toninha (*Pontoporia blainvillei*) com 18% e baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) constituiu 14%.

Observou-se no período de estudo que 85% e 80% dos encalhes eram de animais imaturos da espécie toninha e baleia-jubarte, respectivamente. Por outro lado, em relação aos botos-cinza, a maior proporção de encalhes foi de animais adultos, compreendendo 55% dos animais contra 45% de exemplares imaturos

Dos 77 registros de cetáceos encalhados neste primeiro ano de monitoramento, foram realizados exames necroscópicos em 71 animais (92,2%).

O aumento mais expressivo de encalhes de toninhas está sendo observado mais recentemente durante o presente estudo, com aumento de 2,5 vezes em relação com a fase pretérita ao desastre. Para botos-cinza este aumento foi de 1,9 e 1,5 vezes respectivamente para a fase imediatamente posterior ao acidente e fase mais recente.

Dentre as causas de óbitos conclusivas foram observadas as seguintes frequências e motivos: 20 ocorrências (45,5%) atribuídas ao emalramento em redes de pesca ou cabos; 18 casos (40,9%) foram atribuídos aos processos infecciosos; cinco casos (11,4%) estiveram relacionados com processos traumáticos e um registro (2,3%) atribuído com morte natural

Houve aumento da morbidade de cetáceos por agentes infecciosos. Os animais encalhados durante o período de monitoramento apresentaram 2,2 X mais casos de processos infecciosos. Dentre os diferentes agentes foram registrados morbilivírus, toxoplasmose e brucelose.

No pós rompimento, o aumento de encalhes das espécies de cetáceos ameaçadas de extinção é crítico, especialmente em se tratando de populações isoladas como as toninhas. Também houve um aumento dos processos infecciosos nessa fase.

4.2.8.7 - Análise do Subprojeto: Genética

4.2.8.7.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Inconformidade ao TR4 já que não ficou claro se foram utilizados dados pretéritos.

4.2.8.7.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Esclarecer se foram utilizados dados pretéritos e as fontes no próximo relatório anual.

4.2.8.7.3 - Análise Geral

DNA mitocondrial (D-loop): Os valores de diversidade haplotípica e nucleotídica foram altos para *M. novaeangliae* e baixos para *S. guianensis*.

Sotalia guianensis: Os índices de diversidade genética entre os diferentes períodos avaliados (Pré e Pós-rompimento da barragem) demonstraram que os menores valores de diversidade haplotípica e nucleotídica foram encontrados para o período pós rompimento.

DNA nuclear (Microsatélites): As análises de diversidade genética e estruturação genética serão calculadas futuramente, com a continuidade do projeto, pois o número amostral e o número de locos amplificados ainda não são suficientes.

No pós rompimento foi verificado a diminuição da diversidade genética da espécie *Sotalia guianensis*.

4.2.8.8 - Análise do Subprojeto: Contaminantes

4.2.8.8.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Inconformidade ao TR4 já que não ficou claro se foram utilizados dados pretéritos

4.2.8.8.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual, inserir no texto tabela única comparando os valores de referências de outros locais com os encontrados no ES (incluir tecido e espécie de cetáceo) e nos anexos detalhar melhor localidade, sexo, entre outros dados.

Nos resultados de elementos traços e HPA foi informado que seria de fundamental importância a análise de animais coletados pré-rompimento. Essas lacunas se deram ao fato das Instituições da REMASE não possuírem amostras viáveis?

Esclarecer os pontos acima, e se foram utilizados dados pretéritos e as fontes, no próximo relatório anual.

4.2.8.8.3 - Análise Geral

Foram encontrados botos-cinza com altas taxas de metais ao longo da costa capixaba, 17 animais com altas de metais para as diferentes regiões avaliadas, mas com uma maior ocorrência para a região norte do estado (N=10 para São Mateus).

A ausência de diferenças significativas entre as concentrações de HgT em *Sotalia guianensis* de diferentes regiões pode estar relacionada ao baixo número amostral encontrado em algumas regiões de coleta. Acredita-se que com o aumento do número amostral, será possível observar distinção das concentrações entre as regiões estudadas.

Houve uma tendência de os indivíduos imaturos apresentarem as maiores concentrações.

O perfil de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em *Sotalia guianensis* foi similar entre as regiões 1, 2, 4 e 5, demonstrando um predomínio de HPAs de origem pirolítica, enquanto que na região 3 houve um predomínio de HPAs de origem petrogênica.

As concentrações musculares de HgT em *Sotalia guianensis* da costa do Espírito Santo se assemelham às concentrações de animais ao longo da costa do Rio de Janeiro, região altamente impactada. São similares inclusive às concentrações em *Sotalia guianensis* da Baía de Guanabara, que é considerada a área que sofre maior pressão antrópica ao longo da costa Brasileira.

Adicionalmente, as elevadas concentrações de HgT no rim de alguns animais desta região sugerem um acúmulo de mercúrio inorgânico, que não está relacionado com a dieta, indicando a presença de mercúrio inorgânico no ambiente.

As análises de contaminantes realizadas neste estudo indicaram alguns espécimes com níveis elevados de diferentes componentes em alguns tecidos. 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.

Apesar das informações sobre as principais presas estarem contempladas no estudo de isótopos estáveis, identificadas através do conteúdo estomacal, seria pertinente correlacioná-las com as análises ecotoxicológicas. Assim, seria interessante saber as presas preferenciais destes mamíferos e correlacionar com os estudos ecotoxicológicos da cadeia biológica, feito em outros anexos.

4.2.8.8.3 - Análise Geral

Foram encontrados botos-cinza com altas taxas de metais ao longo da costa capixaba, 17 animais com altas de metais para as diferentes regiões avaliadas, mas com uma maior ocorrência para a região norte do estado (N=10 para São Mateus).

A ausência de diferenças significativas entre as concentrações de HgT em *Sotalia guianensis* de diferentes regiões pode estar relacionada ao baixo número amostral encontrado em algumas regiões de coleta. Acredita-se que com o aumento do número amostral, será possível observar distinção das concentrações entre as regiões estudadas.

Houve uma tendência de os indivíduos imaturos apresentarem as maiores concentrações.

O perfil de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em *Sotalia guianensis* foi similar entre as regiões 1, 2, 4 e 5, demonstrando um predomínio de HPAs de origem pirolítica, enquanto que na região 3 houve um predomínio de HPAs de origem petrogênica.

As concentrações musculares de HgT em *Sotalia guianensis* da costa do Espírito Santo se assemelham às concentrações de animais ao longo da costa do Rio de Janeiro, região altamente impactada. São similares inclusive às concentrações em *Sotalia guianensis* da Baía de Guanabara, que é considerada a área que sofre maior pressão antrópica ao longo da costa Brasileira.

Adicionalmente, as elevadas concentrações de HgT no rim de alguns animais desta região sugerem um acúmulo de mercúrio inorgânico, que não está relacionado com a dieta, indicando a presença de mercúrio inorgânico no ambiente.

As análises de contaminantes realizadas neste estudo indicaram alguns espécimes com níveis elevados de diferentes componentes em alguns tecidos. 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.

Apesar das informações sobre as principais presas estarem contempladas no estudo de isótopos estáveis, identificadas através do conteúdo estomacal, seria pertinente correlacioná-las com as análises ecotoxicológicas. Assim, seria interessante saber as presas preferenciais destes mamíferos e correlacionar com os estudos ecotoxicológicos da cadeia biológica, feito em outros anexos.

4.2.8.9 - Análise do Subprojeto: Histopatologia

4.2.8.9.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio.

Inconformidade ao TR4 já que não ficou claro se foram utilizados dados pretéritos.

4.2.8.9.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Esclarecer se foram utilizados dados pretéritos e as fontes no próximo relatório anual.

4.2.8.9.3 - Análise Geral

Somente a espécie *S. guianensis* teve amostras menos degradadas avaliadas, em COD. 2, representado somente 8% do total.

A proliferação das infecções parasitárias advém normalmente de uma debilidade orgânica com diminuição da imunidade, acarretando no aumento destes organismos em conjunto com proliferação bacteriana, podendo levar até mesmo ao óbito. Contudo, a sua presença nem sempre está associada à causa da morte.

As patologias renais e hepáticas encontradas podem estar associadas ao acúmulo de contaminantes ambientais.

As lesões de pele podem estar relacionadas a saúde do ecossistema local.

4.2.8.10 - Análise do Subprojeto: Microbiologia

4.2.8.10.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.10.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.10.3 - Análise Geral

Apesar do diagnóstico do óbito ter sido identificado em 18 animais, ao todo foram analisados 38 animais com suspeita e dentre eles foram identificados em quatro animais os agentes etiológicos, sendo dois animais positivos para morbilivírus, um positivo para brucela e um positivo para toxoplasma.

O número de patógenos identificados representam 10,5% de animais infectados.

É preocupante a detecção de evidências de enfermidades sabidamente relacionadas com imunodeficiência, como morbilivírus detectado na área de atuação do presente projeto.

Doenças relacionadas a animais imunossuprimidos foram constatadas, indicando o comprometimento da saúde dos animais pesquisados.

4.2.8.11 - Análise do Subprojeto: Ecologia Trófica (Isótopos Estáveis)

4.2.8.11.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Inconformidade ao TR4 já que não ficou claro se foram utilizados dados pretéritos.

4.2.8.11.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Esclarecer se foram utilizados dados pretéritos e as fontes no próximo relatório anual.

Foi citado a importância da análise dos espécimes coletados antes do rompimento da barragem para investigar possíveis alterações nas relações tróficas entre a biota marinha na região costeira sob influência do Rio Doce direta ou indiretamente associadas ao rompimento da barragem de Fundão. Não havia amostras disponíveis das Instituições da REMASE para esse estudo? Observar esta questão para a continuidade do subprojeto e prestar os esclarecimentos no próximo relatório anual.

4.2.8.11.3 - Análise Geral

Indicam a presença de uma população de *S. guianensis* ecologicamente distinta para o extremo norte do litoral e outra para o Rio Doce.

Os resultados encontrados no presente estudo para as análises de isótopos estáveis permitem sugerir de maneira preliminar 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. Entretanto, vale ressaltar que o n amostral é ainda muito pequeno (e.g.: n=4 na região 2), sendo necessária a continuação do monitoramento para uma maior compreensão da área de uso e forrageio, e da ecologia alimentar do *S. guianensis* na costa do Espírito Santo.

Os impactos podem estar ocorrendo em populações menores de *S. guianensis*, o que seria mais um agravante para a espécie.

4.2.8.12 - Análise do Subprojeto: Idade e Reprodução

4.2.8.12.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.12.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.12.3 - Análise Geral

A razão sexual na amostragem com dentes analisados de *Sotalia guianensis* desviou de 1:1, com 2,15 vezes mais machos.

Pode-se estimar que no presente estudo 53,3% dos animais analisados eram imaturos. Estratificando por sexo, eram imaturos 57,1% dos machos e 46,1% das fêmeas. Portanto, mais da metade dos indivíduos coletados veio a óbito antes da primeira reprodução.

A idade média e a proporção de imaturos entre os indivíduos coletados mortos foram similares ao relatado na literatura para a região, em um período anterior ao rompimento (antes de 2013).

É importante ressaltar que o período amostral ainda é curto e a inclusão de novos indivíduos e de indivíduos coletados nos três anos pós-rompimento permitirão uma avaliação mais consistente. Com a continuidade do projeto e com o aumento do tamanho amostral será possível determinar a estrutura etária, a razão sexual, o status reprodutivo e a taxa de fecundidade dos indivíduos coletados pós-rompimento. Além disso, para alguns desses parâmetros será possível investigar se existem diferenças nos períodos antes e pós-rompimento, que podem ter efeito negativo na persistência da população.

Com pouco tempo de estudo, os dados apresentados quanto à idade são condizentes com a literatura e são semelhantes ao período antes do rompimento, no entanto, é preciso a continuidade desse monitoramento para uma análise mais precisa.

4.2.8.13 - Análise do Subprojeto: Interação com a pesca

4.2.8.13.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota

Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

Nada a comentar.

4.2.8.13.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Figura.136 - pág.258 - difícil visualização. Melhorar para o próximo relatório anual.

4.2.8.13.3 - Análise Geral

Das interações registradas pelos pescadores houve três registros de emalhe accidental, sendo um de boto-cinza em Barra Nova e duas toninhas em Regência. Todos os casos ocorreram durante o verão. Este valor é claramente subestimado uma vez que o número de animais que aparecem encalhados com sinais de emalhamento na região é bem superior.

O baixo número de relatos de emalhe de cetáceos em equipamentos de pesca, apenas três em 1485 entrevistas, não parece condizente com os dados observados pelo monitoramento dos encalhes onde de 77 cetáceos encalhados pelo menos 20 apresentaram marcas de emalhe em equipamento de pesca. É possível que o número de emalhes seja bem maior, mas que os pescadores não relatam devido ao receio de serem punidos. O pequeno porte das embarcações presentes na região torna difícil a implantação de um programa de monitores de bordo que atenda a regulamentação pertinente desta atividade. Assim, as informações sobre o quantitativo de encalhes provenientes dos relatos dos pescadores não condizem com os dados de monitoramento de encalhes.

*** Observações gerais com relação aos subprojetos de Mamíferos Marinhos**

Em linhas gerais nos itens referentes aos cetáceos do relatório, primeiramente, e talvez mais importante de tudo, ressalta-se a excepcional qualidade e quantidade de informações produzidas pelos diferentes sub-projetos incluídos no documento. Todas as informações produzidas são de grande relevância do ponto de vista acadêmico e da conservação destes grupos, e contribuirão para entender a biologia e ecologia dos diversos grupos estudados. Para maior clareza e objetividade, sugere-se, para o próximo relatório anual, descrever de forma explícita como cada metodologia irá abordar a questão se houve ou não impacto do desastre sobre os cetáceos. Cada sub-projeto deveria apresentar quais indicadores foram utilizados para medir os impactos, se existem dados pretéritos (controle temporal), ou controle espacial, quais as vantagens e desvantagens de cada técnica utilizada para avaliação de impacto, etc. A impressão que fica é que foram contemplados diversos projetos de pesquisa, mas sem foco nos danos causados pelo desastre. Outra questão que merece atenção é a ausência de integração dos dados, ou cruzamento das informações entre as diversas metodologias, apesar de haver um item para este fim. Dentre outras questões mais específicas, os pontos levantados aqui são essenciais para que se aproveite a oportunidade única e recursos para realizar um trabalho abrangente de identificação e avaliação dos impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre os cetáceos.

O longo período de vida dos cetáceos e sua posição no topo da cadeia faz com que os impactos da lama de rejeitos possam ser observados somente após o monitoramento de médio a longo prazo. Portanto, a continuidade dos monitoramentos possibilita a análise de um número amostral maior, trazendo robustez à interpretação dos dados.

Entre os cetáceos, a grande maioria dos indivíduos de toninha (Criticamente em perigo "CR"), boto-cinza (Vulnerável "VU") e golfinho-nariz-de-garrafa (Dados faltantes "DD") se concentraram nos estratos sul do Rio Doce, especialmente no estrato Rio Doce30S, que, segundo o relatório, foi o local que recebeu o maior aporte de metais pesados imediatamente após o deságue (Magris et al. 2019). A sobreposição entre a área de maior densidade dessas três espécies (resultados do presente estudo) e a área de maior aporte de metais pesados (Magris et al. 2019), indica que essas populações sofreram impacto agudo pelo contato direto com o material oriundo do rompimento da barragem de Fundão logo após a sua chegada no ambiente marinho.

S. guianensis está obtendo seu recurso alimentar em uma região que apresenta um acúmulo de metais de até 60 vezes maior do que quando comparado a resultados de estudos pretéritos ao rompimento da barragem de Fundão, MG (Relatório semestral RRDM - ANEXO 1). Por se tratar de animais de vida longa e topo de cadeia, podem acumular altos níveis de metais pesados em seus tecidos podendo impactar diretamente em sua saúde.

Estudos realizados com algumas das espécies identificadas na área dos sobrevoos demonstram que metais como Mercúrio, Cádmiio, Zinco e Cobre podem se acumular nos músculos, fígado e rim (Gerpe et al. 2002; Moura et al. 2012). O acúmulo de metais pesados pode causar danos como diminuição do sucesso reprodutivo, alterações do sistema nervoso e imunodeficiência (Krishna et al. 2003). Os efeitos crônicos, resultantes do contato contínuo dessas espécies com agentes químicos oriundos do rompimento da barragem, sobre a viabilidade populacional da toninha, do boto-cinza e do golfinho-nariz-de-garrafa é um fator preocupante.

Constatou-se que a população de toninhas do Espírito Santo é a menor entre todas as populações da espécie, e a que apresenta a área de vida mais restrita. O relatório cita que sua distribuição é endêmica e restritamente costeira, que vai apenas ao longo da costa leste da América do Sul (Brasil, Uruguai e Argentina), do norte do Golfo San Matias, na região central da Argentina ao Espírito Santo, sudeste do Brasil (Siciliano, 1994, Crespo et al., 1998).

A região imediatamente ao sul da foz do rio Doce é composta basicamente por um fundo lamoso, devido a influência direta da pluma de sedimentos do estuário. Neste local há a maior densidade de *P. blainvillei* e *S. guianensis*, e o comportamento de alimentação foi o mais registrado pelo dronemonitoramento para ambas as espécies.

É necessária a ampliação do monitoramento por drone ao norte da foz, em localidades como Povoação, Itaúnas e Degredo, para se obter padrão de comparação dos dados com outros monitoramentos (Sobrevoos, Bioacústica e embarcado).

A continuidade do monitoramento acústico passivo é essencial já que essa ferramenta se mostrou bastante adequada em água turva, além das análises genéticas e as demais.

Realizar os monitoramentos (sobrevoos, drones e acústico, juntamente com os estudos que forem possíveis) em um período único, podendo relacionar as informações de cada método, para melhor detalhamento e entendimento das alterações ocorridas em função da nova condição do ambiente após o acidente.

Deixar claro em cada monitoramento se foram utilizadas amostras antes do rompimento ou qualquer dado pretérito.

O número de espécimes em boas condições de avaliação foi pequeno, o que prejudicou uma investigação completa, deixando lacunas de resultados, que se apresentam de forma inconclusiva devido aos estágios avançados de decomposição. Dessa forma, para que investigações mais efetivas da saúde dos cetáceos sejam realizadas, o número amostral alto, baixo grau de decomposição dos animais quando resgatados mortos e o acompanhamento por longo período são imprescindíveis e determinantes para análises conclusivas.

Portanto, os monitoramentos dos cetáceos precisam ser continuados, por um longo período, para uma melhor avaliação das alterações provocadas nesse táxon pelos rejeitos.

MONITORAMENTO DE AVES

4.2.8.14 - Análise do Subprojeto: Diversidade genética

4.2.8.14.1 - Aderência ao TR4, Plano de Trabalho da RRDM e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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. Embora os dados mostrem perda de diversidade ao longo do tempo para duas das espécies de aves marinhas analisadas, até o momento 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 àqueles 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.

4.2.8.14.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.14.3 - Análise Geral

Os dados genéticos obtidos para as espécies de Abrolhos antes do rompimento da barragem indicaram uma estabilidade populacional, pois não houve desvios no equilíbrio de Hardy-Weinberg (diferenças estatisticamente significativas entre heterozigosidade média observada e esperada). Pelos resultados apresentados, pode-se constatar que antes do rompimento tais populações não mostraram indícios de algum efeito populacional que pudesse alterar sua composição genética, como forte seleção natural, alta migração de outras populações, ou efeitos de deriva genética causados por desbalanços no número de indivíduos ou eventos que poderiam alterar o número e composição de indivíduos nestas populações de Abrolhos. Estas informações pretéritas são fundamentais para comparação e conclusões sobre eventuais problemas genético-populacionais no futuro, i.e. pós-rompimento da barragem.

A análise genética para os 45 indivíduos da espécie *Sula leucogaster* amostrados demonstrou até o momento que, embora exista sobreposição da composição dos alelos, existem diferenças sutis entre as amostras coletadas antes e depois do rompimento da barragem. Os dados genéticos analisados para os 85 indivíduos da espécie *Phaethon aethereus* demonstraram que quase 24% de diferença para a composição gênica entre amostras coletadas antes e depois do rompimento da barragem, indicando que a composição de alelos desta espécie está mudando. A análise genética para os 86 indivíduos da espécie *Pterodroma arminjoniana* demonstrou dois grupos bem distintos em relação à composição alélica das populações amostradas antes e depois do rompimento da barragem. O padrão encontrado para a espécie *Pterodroma arminjoniana* mostra um sutil aumento nos parâmetros de diversidade. Contudo, apenas para esta última, desvios significativos do Equilíbrio de Hardy-Weinberg foram encontrados nos indivíduos de *P.arminjoniana* coletados antes do rompimento, demonstrando que esta espécie apresenta deficiência no número de heterozigotos observados por um longo tempo. Desta forma, este desequilíbrio não pode ser relacionado com o rompimento da barragem ainda que a composição alélica dos loci analisados seja bastante diferente quando comparamos amostras coletadas antes e depois do evento.

Em resumo, valores descritivos da diversidade genética (média de alelos, riqueza alélica e diversidade gênica) encontrados para *S. leucogaster* e *P. aethereus*, amostradas 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.

4.2.8.15 - Análise do Subprojeto: Saúde

4.2.8.15.1. Aderência ao TR4, Plano de Trabalho da RRDM e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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 a coleta de amostras biológicas e análises relacionadas ao estado de saúde de espécies selecionadas de aves marinhas potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem. Consideramos que o desenvolvimento de mecanismos de resistência a antibióticos em microrganismos potencialmente esteja relacionado à presença de altas concentrações de metais no ambiente e a detecção de bactérias multirresistentes nas aves monitoradas neste primeiro ano de trabalho reforçam a importância da continuidade do monitoramento da saúde das aves marinhas potencialmente impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Uma vez que foram mencionados os mecanismos de queda da imunidade e o aparecimento de lesões oculares inéditas nos táxons monitorados, sugerimos que na continuidade deste importante monitoramento seja considerada a inclusão de estudos imunológicos, além das indispensáveis análises hematológicas e microbiológica (notadamente prevalência de bactérias multirresistentes, patógenos de importância e parasitas).

O Plano de trabalho previa que fosse avaliada a correlação da presença e prevalência de patógenos e as variáveis ambientais. “A correlação entre a presença e prevalência dos patógenos em aves e variáveis ambientais poderá ser investigada através de métodos estatísticos tradicionais (e.g. análises de variância, covariância e canônica) ou, alternativamente, utilizando modelos lineares generalizados (GLM) ou modelos aditivos generalizados (GAM).” Porém, os resultados não apresentam análises que avaliam essa correlação. **Assim, entendemos que não houve o cumprimento pleno do TR4 neste ponto. É imprescindível que os resultados apresentados sejam correlacionados com a área de vida das aves, as variáveis ambientais e sazonalidade (caso identificada) no próximo relatório anual.**

4.2.8.15.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual, apresentar como anexos ao documento os dados brutos das análises de estado geral da ave, hematológicas, microbiológicas e parasitológicas inclusive correlacionando com as anilhas das aves que tiveram amostras biológicas coletadas, uma vez que se trata de um monitoramento em longo prazo e estas aves podem ser foco de monitoramento novamente ao longo de períodos mais amplos (anilhas e dados individualizados das aves foram apresentados no relatório apenas para as aves que apresentaram padrões de resistência a antibióticos).

Enquanto a formalização do termo de cooperação entre RENOVA e a instituição executora do Programa de Monitoramento de Praias não estiver vigente, dados abertos disponíveis no SIMBA podem ser consultados e 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 a ser monitorada, 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.

Os resultados em relação aos parâmetros de saúde das aves analisados foram descritos de forma completa, contudo, carente de tabelas e comparações numéricas em relação a alterações que porventura foram encontradas. Algumas destas também carecem da referência de comparação na literatura para considerar dentro dos padrões normais ou como alteração digna de nota os resultados obtidos com as análises laboratoriais. Por exemplo, o número de animais desidratados em relação ao total de animais amostrados não é explicitado, bem como os valores de referências utilizados e o total de colônias cultivadas e analisadas por amostra microbiológica. A representação gráfica e numérica dos resultados facilitaria sua compreensão de forma ampla. Para o próximo relatório anual, sugerimos que seja apresentada tabela que apresente claramente os resultados e valores de referências utilizados para as análises.

Os resultados relatam “a presença de patógenos com perfil de resistência a substâncias antimicrobianas...” (pg. 433) e que “É possível que o desenvolvimento de mecanismos de resistência a antibióticos esteja relacionado à presença de altas concentrações de metais no ambiente.” Os resultados como apresentados indicam uma evidência de impacto direto sobre as aves marinhas, porém não foi apresentada relação entre os patógenos ou “resistência a substância antimicrobiana” com os metais provenientes do desastre do Rio Doce, bem como não foi apresentada a relação clara da área de vida utilizada pelas aves, entendendo tal situação como um “cumprimento parcial” do previsto no TR4. **Sugestão: Que no próximo relatório anual seja avaliada a presença de patógenos e “resistência a antibióticos” com a área de vida 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.** Nenhuma ênfase é dada no relatório para a investigação de hemoparasitas nos esfregaços sanguíneos apesar da conhecida potencial prevalência em aves marinhas tropicais. Para o próximo relatório anual, é importante 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.

4.2.8.15.3 - Análise Geral

Expedições de campo foram realizadas com o propósito de coletar amostras biológicas nas colônias reprodutivas para as espécies-foco do monitoramento e foram processadas a fim de atender ao Plano de Trabalho e análises sanitárias propostas neste sub-projeto. Foram realizados esfregaços sanguíneos de 22 indivíduos de *P. aethereus* na primeira expedição; de 28 indivíduos de *P. aethereus*, *S. leucogaster* e *S. dactylatra* na segunda expedição; e 23 indivíduos de *S. leucogaster*, além de suabes de cloaca, orofaringe e amostras de sangue total em etanol absoluto na terceira expedição. De *P. arminjoniana*, foram realizados 31 esfregaços, 12 suabes de cloaca e de orofaringe, além da obtenção de 21 amostras de sangue total em etanol absoluto. A hematologia já realizada e as contagens diferenciais de leucócitos até o momento demonstraram de maneira geral predominância relativa de heterófilos sobre os linfócitos, como era esperado

para aves piscívoras. Não foram observados heterófilos imaturos, o que caracterizaria um desvio à esquerda em resposta a processos inflamatórios e/ou infecciosos agudos. Apenas um animal apresentou um quadro de basofilia relativa. No relatório afirma-se que os outros tipos leucocitários apresentaram-se dentro do limite de normalidade para indivíduos saudáveis, incluindo eosinófilos e monócitos, cuja presença é escassa. Contudo, não foi fornecida referência bibliográfica de comparação de padrões hematológicos para os resultados encontrados.

Quanto à microbiologia das aves amostradas, nenhuma das amostras testadas foi positiva para *Salmonella* spp.. As análises realizadas a partir de isolados provenientes das amostras apresentaram resultados de identificação sugestiva para *Bordetella* spp. (n = 3), *Enterococcus* spp. (n=13), *E. coli* (demais isolados – não quantificados) e *Citrobacter. Klebsiella* apesar de mencionada na análise de resistência, não foi descrita como um dos microorganismos isolados no item 3.3.2.2

Dentre as amostras de *P. aethereus*, dois isolados de suabe cloacal apresentaram perfil de resistência de interesse – um isolado identificado como *Escherichia coli* que cresceu no ágar MacConkey suplementado com ciprofloxacina, e um isolado identificado como *Klebsiella aerogenes*, que cresceu na placa de MacConkey suplementado com colistina. O isolado P16291 apresentou resistência a todas as quinolonas testadas (ácido nalidíxico, ciprofloxacina, enrofloxacin, levofloxacina, marbofloxacina, moxifloxacina, norfloxacina, ofloxacina e perfloxacina); porém, este isolado ainda não foi submetido ao sequenciamento de genoma completo para determinação da identidade. O isolado do animal P16400 apresentou resultado positivo no NP teste (indicando a degradação da colistina) e no teste de disco combinado com EDTA. Além disso, a concentração inibitória mínima (CIM) da colistina frente a esse isolado foi de 8 µg/mL, confirmando a resistência do mesmo ao antibiótico testado. Foram identificadas mutações pontuais nos genes *pmrA* (L162M), *pmrB* (S79G, V87M, A245E e N275K) e *phoQ* (L272P). Destas, somente a mutação em *phoQ* foi predita como deletéria. Adicionalmente, foram detectados genes de resistência a fluoroquinolonas (*oqxA* e *oqxB*), a fosfomicina (*fosA*) e a macrolídeos, lincosamidas e estreptogramina B (*mdfA*). A análise de genes de virulência detectou a presença do gene *entB*, relacionado à biosíntese do sideróforo enterobactina. A análise de MLST, por sua vez, identificou a cepa como pertencente a ST34, do complexo clonal 7. Das amostras de *S. leucogaster*, apenas uma de suabe cloacal, apresentou um perfil de resistência de interesse, após crescer em placas de ágar MacConkey suplementado com colistina.

As amostras de suabe de orofaringe e cloaca de *S. leucogaster* foram negativas para todos os vírus testados (Influenza, Newcastle, Herpesvírus, Adenovírus, Circovírus e Avulavírus). As análises foram realizadas no laboratório de Virologia, do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. As amostras de *P. arminjoniana* coletadas em Trindade foram negativas para Influenza, Newcastle e Adenovírus. As amostras de sangue total de todas as aves testadas foram negativas para *Borrelia* sp.

A ausência de amostras oriundas do Programa de Monitoramento de Praias (PMP) no Espírito Santo representou dificuldade importante para a análise de amostras biológicas para alguns táxons. Apesar da impossibilidade de obtenção de amostras sem acordo formal, dados de mortalidade podem ser obtidos através do Sistema de Informação de Monitoramento da Biotaquicultura – SIMBA e foram discutidos no relatório anual.

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. Contudo, de acordo com alguns outros parâmetros obtidos com as análises realizadas, a saúde dos animais mostrou-se afetada. Em termos clínicos, aves apresentaram um quadro de desidratação leve à moderada (apesar do quantitativo não ter sido fornecido). No entanto, o aspecto mais preocupante foi a presença de patógenos com perfil de resistência a substâncias antimicrobianas. A disseminação de bactérias multirresistentes 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 metais 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 (Wright et al. 2006; Chattopadhyay e Grossart 2011).

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.

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.

Além disso, uma vez que foram mencionados os mecanismos de queda da imunidade e o aparecimento de lesões oculares inéditas nos táxons monitorados, sugerimos que na continuidade deste importante monitoramento, seja considerada a inclusão de estudos imunológicos, com mensuração também de anticorpos IgG e IgM, e sorologia buscando identificar reações aos principais patógenos considerados no monitoramento.

4.2.8.16 - Análise do Subprojeto: Contaminantes

4.2.8.16.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio.

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 o atendimento do TR4 e documentos associados. Apesar de *Pterodroma arminjoniana* utilizar a costa do Espírito Santo apenas no período pré-incubatório a continuidade do

monitoramento desta espécie em relação a contaminantes é importante uma vez que neste período as fêmeas adultas estão preparando seus tecidos para a oviposição e eventuais impactos dos contaminantes podem afetar a reprodução desta espécie ameaçada de extinção. Parâmetros capazes de identificar impactos em espécies ameaçadas devem ser considerados com atenção, apesar de não representarem bio-indicadores imediatos e locais do impacto. De modo geral, a redução na concentração dos elementos essenciais e o aumento dos elementos não essenciais, está alinhado com a precária imunidade determinada para alguns dos parâmetros hematológicos e sanitários apresentados no mesmo relatório; a uma mudança de área de alimentação, ao menor sucesso reprodutivo para *P. aethereus* na temporada 2018/2019, e à redução na diversidade genética nas duas espécies de aves de Abrolhos.

Os resultados apresentados identificaram flutuações na concentração de metais pesados para as diferentes espécies analisadas. Cada metal apresentou uma variação distinta pré e pós desastre da barragem de Fundão. Porém não ficou clara a correlação dos contaminantes com a área de vida, sazonalidade e condições oceanográficas. **Destaca-se que o TR4 apontava a necessidade de concluir tais variações com a área de vida utilizada pelos animais, o que não foi cumprido plenamente, prejudicando a análise dos efeitos do impacto.**

4.2.8.16.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Na página 265 do relatório há um problema de formatação na identificação das Tabelas 62 e 61.

Na Tabela 61 (páginas 265 e 266) estão descritos os tamanhos amostrais e valores mínimos, médios, mediana e máximos obtidos provavelmente considerando-se apenas o período anterior ao rompimento da barragem de Fundão. Contudo, no texto da legenda da tabela aparece a informação “*nos pré e pós rompimento da barragem de Fundão*” gerando confusão no entendimento. Esta provavelmente foi gerada por erro de formatação/digitação, uma vez que nesta mesma tabela não estão explícitos quais são os dados pré e pós rompimento. Apesar de discutido ao longo do texto, seria importante termos os resultados explicitados nas tabelas de forma clara e sem erros importantes de conteúdo que podem gerar dificuldade na interpretação dos resultados.

Problemas na formatação do texto também podem ser observados no primeiro parágrafo do item 3.3.3.1.

Para o próximo relatório anual, disponibilizar informações temporais e espaciais em relação à obtenção das amostras e tecidos coletados antes e depois do rompimento da barragem em Mariana e que foram analisados para as espécies foco do monitoramento, notadamente para *Sula leucogaster*, *Phaethon aethereus*, *Thalassarche chlororhynchos* e *Pterodroma arminjoniana*. Além disso, deverão ser padronizadas as coletas de penas para cada espécie de forma a se realizar uma comparação segura relacionada a concentração de contaminantes nestas.

Para o próximo relatório anual, disponibilizar planilha com os dados obtidos para os contaminantes e elementos analisados de forma individualizada, ou seja, o valor correspondente a cada um dos animais amostrados (espécime) bem como sua identificação (anilha), quando disponível e de forma cumulativa desde o início do monitoramento.

Segundo o relatório: “*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.*” Carece informações sobre a relação entre lesões oculares em aves marinhas e metais pesados, com base em literatura científica consolidada. No próximo relatório anual a análise e descrição de tais informações devem ser aprofundadas. **Tal fato, ao mesmo tempo em que representa uma evidência de impacto direto associado ao rompimento da barragem, num cruzamento de informações e inferências, são superficiais, uma vez que os animais com lesões oculares não foram devidamente amostrados pelos pesquisadores do anexo.** Recomenda-se que na revisão do PMBA seja especificada metodologia para amostragem de indivíduos que apresentem anomalias de formação, saúde entre outros.

4.2.8.16.3 - Análise Geral

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. 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.

Quando avaliadas as relações entre os diferentes elementos no sangue de *P. aethereus* coletado antes e depois do rompimento da barragem de Fundão, observa-se um aumento nas correlações significativas no período pós rompimento. Nas penas analisadas constatou-se, assim como no sangue, o aumento nas correlações significativas entre os elementos após o rompimento.

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.

A comparação das concentrações de contaminantes nas penas em coletas pré e pós rompimento da barragem de Fundão foram realizadas entre diferentes tipos de penas dentro de uma mesma espécie. Foram coletadas penas primárias, penas de crescimento e de contorno, tendo esses diferentes tipos sido comparados entre si. Ocorre que em função do estado de desenvolvimento da pena, ou mesmo do seu

tamanho (penas primárias possuem raque longa, grossa e densa, enquanto penas de contorno possuem raque curta e fina) e forma de síntese, a concentração de contaminantes pode se dar de forma distinta entre cada tipo. Desta forma é prudente que a comparação se dê entre os mesmos tipos de pena para cada espécie.

Uma vez que os dados pré e pós rompimento da barragem serão comparados em uma longa série temporal de amostras obtidas e analisadas pós-rompimento, é importante que também seja disponibilizada planilha com os dados brutos individualizados, ou seja, o valor correspondente a cada um dos animais amostrados bem como sua identificação (anilha), quando disponível.

Quando comparadas as concentrações dos **elementos essenciais** no sangue e penas das aves analisadas pós rompimento da barragem de Fundão com os níveis pré-rompimento, percebe-se uma diminuição significativa nos valores para as três espécies de aves comparadas, com destaque para Cobre (Cu), Cromo (Cr) e Zinco (Zn). Destaca-se no relatório referências bibliográficas que demonstram 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 todas as espécies apresentaram correlação significativamente positiva de Cr com 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 competem por sítios de ligação com elementos essenciais, podendo ser excretados via ovos e penas (Koster et al. 1996, Spiro & Stigliani 2008, Malik & Zeb 2009, Baird & Cann 2011), corroborado pela correlação significativamente negativa observada no sangue de *S. leucogaster* após o rompimento da barragem.

P. aethereus, espécie que, assim como *S. leucogaster*, reproduz-se no arquipélago dos Abrolhos, apresentou aumento bastante significativo de Cádmio (Cd) de aproximadamente 6 vezes em na corrente sistêmica e de 1,4 vezes nas penas, e níveis de Arsênio (As) aproximadamente 4 vezes maiores no sangue e 127 vezes nas penas.

Para alguns 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 à 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 (Fournier et al. 2002), 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 aumentam e as de Hg diminuíram.

De modo geral, a redução na concentração dos elementos essenciais e o aumento dos elementos não essenciais, está alinhado com a precária imunidade determinada pelos parâmetros hematológicos e sanitários, a uma mudança de área de alimentação, reduzido sucesso reprodutivo na temporada 2018/2019 de *P. aethereus*, 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.

Apesar de não estar incluído no Plano de Trabalho da RRDM, as análises relacionadas aos dados obtidos em relação a concentração de contaminantes nas aves sugerem a necessidade de incluir adicionalmente a análise das amostras de ovos, notadamente de *Pterodroma arminjoniana*, com o intuito de elucidar se as fêmeas estão absorvendo elementos-traço oriundos do rompimento da barragem, uma vez que no período pré-incubatório, os adultos de *P. arminjoniana* forrageiam na costa do Espírito Santo (LEAL et al., 2017), região afetada pelo rompimento ocorrido em 2015. Esta inclusão é justificada na continuidade do monitoramento principalmente porque no período reprodutivo, as fêmeas de aves aumentam significativamente a busca por alimentos ricos em cálcio (Ca), devido à pré-postura dos ovos. Cádmio e Chumbo competem por sítios de ligação com o cálcio e podem, portanto, substituir o Ca na produção do ovo.

4.2.8.17 - Análise do Subprojeto: Ecologia Trófica (Isótopos e Dieta)

4.2.8.17.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio.

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, inclusive completando as análises comparativas faltantes para *Thalassarche chlororhynchos*.

4.2.8.17.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o próximo relatório anual, analisar amostras de *Thalassarche chlororhynchos* oriundas do Programa de Monitoramento de Praia para permitir análise comparativa no período pré e pós-rompimento.

4.2.8.17.3 - Análise Geral

Para *Pterodroma arminjoniana* os resultados das análises do período pré-incubatório sugerem que a dieta desta espécie se manteve similar entre os períodos pré e pós rompimento da Barragem do Fundão ($p = 0,338$; $t = 0,224$).

Sula leucogaster nos períodos pré e pós-rompimento demonstra que não houve mudança nos itens predados, mas uma possível diminuição da diversidade de presas consumidas. *S. leucogaster* parece ter alterado sua dieta passando a uma alimentação mais pelágica e menos dependente de recursos costeiros, possivelmente associados à redução na pesca de arrasto na zona nerítica da região, e que fornecia descartes para estas aves.

A impossibilidade neste primeiro ano de amostragem de obter amostras biológicas de *Thalassarche chlororhynchos* oriundas do Programa de Monitoramento de Praia não permitiu a análise comparativa no período pré e pós-rompimento. Apenas dados anteriores ao rompimento foram apresentados no relatório anual. Os valores de isótopos estáveis em sangue de *T. chlororhynchos* obtidos no período pré-rompimento foram avaliados e os resultados obtidos se assemelham a outros já descritos na bibliografia (Weimerskirch et al. 1985, Cherel et al. 2002, Bugoni et al. 2010).

Considerando o material biológico disponível, foi possível realizar a comparação entre os períodos pré e pós-rompimento para todas as espécies, exceto *T. chlororhynchos*, a qual não foi obtido um número suficiente de amostras para as análises. 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.

4.2.8.18 - Análise do Subprojeto: Uso de Habitat e Rastreamento

4.2.8.18.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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 ao uso de habitat e rastreamento. No relatório fica clara a necessidade de período maior de tempo para a obtenção e análise de todos os dados previstos inclusive para descartar efeitos sazonais, oceanográficos ou climáticos que não estejam relacionados ao rompimento da barragem.

O Plano de trabalho apresenta que serão rastreados 20 indivíduos de cada espécie: “Serão rastreados 20 indivíduos de cada uma das espécies *Sula leucogaster*, *Phaethon aethereus* e *Pterodroma arminjoniana*.” Porém, no relatório foram apresentados dados de 11 *Sula leucogaster* e 3 *Pterodroma arminjoniana*. **Tal fato indica um cumprimento parcial no Plano de Trabalho, sem as devidas justificativas, o que compromete a interpretação dos resultados e análises como subsídio para a avaliação de impactos. Deve ser apresentado no próximo relatório explicação por não terem sido coletados os dados dos 20 indivíduos e quais as perdas resultantes do não cumprimento dessa meta dentro do projeto.**

O TR 4 e o plano de trabalho afirmam 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 (Candia-Gallardo *et al.*, 2010).” Porém no relatório final afirma que os equipamentos foram colocados e retirados nas aves. **Assim, houve descumprimento no TR4 prejudicando as análises que permitiram correlações diretas entre demais variáveis analisadas e áreas de vida das aves, além da submissão dos animais ao estresse pela necessidade de manipulações para instalação de aparelhos como o GPS, que envolvem capturas e recapturas. Para o próximo relatório anual, justificar o uso de equipamentos que devem ser retirados das aves, envolvendo esta necessidade de recapturas.**

4.2.8.18.2. Encaminhamentos de alterações ou complementações

Na Tabela 90, há necessidade de confirmação ou provável correção dos dados de batimetria apresentados para *Sula leucogaster* para 2013 e 2019, pois os valores descritos na página 313 (0,8 e 1,2 respectivamente), são extremamente baixos, mesmo para esta espécie que incluem habitats mais costeiros. Estes valores também não correspondem às informações adicionais sobre este assunto discutidas ao longo do texto do relatório. **No próximo relatório apresentar estas informações revisadas.**

Na figura 162 há um erro importante na legenda. Tratam-se de dados de 2019 e não de 2012, conforme texto do parágrafo anterior à mesma Figura, também na página 315.

A continuidade da análise envolvendo rastreamento de *Pterodroma arminjoniana* é fundamental para que se possa ampliar o número de aves desta espécie rastreadas 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 desta espécie em relação ao uso da foz do Rio Doce no período pré-incubatório e potencial contato com contaminantes.

Uma vez que as mudanças de área de uso e forrageio podem ter ocorrido por mudanças nas características químicas ou físicas da água, alteração na distribuição de presas, ou por efeitos sazonais em demais variáveis oceanográficas e climáticas, a continuidade do

monitoramento por período prolongado é necessária, uma vez que meses rastreados entre períodos pré e pós rompimento diferiram. Efeitos sazonais importantes na distribuição da espécie devem ser devidamente elucidados com a continuidade deste monitoramento para serem separados de potenciais efeitos oriundos do rompimento da barragem.

O Plano de trabalho apresentado fala de se correlacionar as áreas de vida, distribuição e abundância com as variáveis oceanográficas: “As análises de distribuição no mar e sobreposição com variáveis oceanográficas seguirá a metodologia descrita na Meta 1”. Porém para o primeiro relatório anual não foram apresentadas as correlações, comprometendo a compreensão e análise das mudanças nas área de vida das espécies analisadas. Para o próximo relatório anual, correlacionar o uso do habitat e área de vida com variáveis ambientais.

Para o próximo relatório anual, esclarecer a possibilidade de aprofundar as relações e comparações temporais dos resultados de rastreamento apresentados para *P. aethereus* com um maior número de variáveis oceanográficas e fisiográficas (não apenas batimetria, profundidade, temperatura do mar).

4.2.8.18.3. Análise Geral

Os dados de rastreamento pré-rompimento da barragem contemplam 4 espécies, *Pterodroma arminjoniana* com dados de 2007, 2014 e 2015, *Phaethon aethereus* em 2012, *Sula leucogaster* em 2013 e *Thalassarche chlororhynchos*, a partir de janeiro de 2015.

Os dados pós rompimento foram obtidos de *P. aethereus* em 2019 e a partir dos dados de sensor de pressão e do modelo de Markov, foi possível verificar que as atividades de alimentação neste ano ocorreram além da quebra da plataforma continental, a nordeste de Abrolhos. Dados pretéritos para esta espécie demonstravam, contudo, uso de área predominante para sul/sudeste do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.

Para *S. leucogaster* as análises do relatório demonstraram que os indivíduos rastreados em 2013 se mantiveram preferencialmente antes da quebra da plataforma continental, em águas com de cerca de 26,15 metros de profundidade. No geral, a área de uso aumentou consideravelmente em 2019, assim como a média de batimetria, já que um indivíduo foi além da quebra da plataforma continental. Outros dois foram em direção à foz do Rio Doce, ficando a uma distância média de 50 km da Foz.

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.

Phaethon aethereus, que nidifica no Arquipélago de Abrolhos, teve sua distribuição e uso do habitat afetada. As áreas de alimentação utilizadas pela espécie antes e depois do rompimento foram distintas a partir dos dados de rastreamento obtidos. As aves viajaram preferencialmente para a quebra da plataforma continental na direção norte e leste-nordeste, portanto distanciando-se da área sob influência da foz do Rio do Doce e pluma da lama no mar. Essa mudança de área pode ter ocorrido por mudanças nas características químicas ou físicas da água, alteração na distribuição de suas presas, ou por efeitos sazonais em demais variáveis oceanográficas e climáticas, uma vez que meses rastreados entre períodos pré e pós rompimento diferiram. Efeitos sazonais importantes na distribuição da espécie devem ser devidamente elucidados com a continuidade deste monitoramento para serem separados de potenciais efeitos oriundos do rompimento da barragem.

A distribuição e uso do habitat de *Sula leucogaster* também diferiu entre os períodos pré e pós rompimento. Esta espécie utilizou uma área maior para o forrageio em 2019 em relação a 2013. Além disso, em 2013, as aves ficaram mais próximas ao arquipélago dos Abrolhos, e sua distância total e máxima percorridas foram em geral menores. A continuidade dos rastreamentos desta espécie no arquipélago dos Abrolhos em diferentes estações do ano possibilitará análises estatísticas em períodos comparáveis às amostragens pré-rompimento, a fim de remover potenciais efeitos de variações naturais na busca por alimento.

Não houve variação no uso do mar por *P. arminjoniana* quando comparados os dados obtidos antes e depois do rompimento. Contudo, os dados pós-rompimento foram obtidos de somente três indivíduos rastreados. Há necessidade de ampliar o número de aves desta espécie rastreadas para uma comparação mais robusta de dados pré e pós rompimento, além de maior precisão no rastreamento desta espécie em relação ao seu uso na foz do Rio Doce, exatamente em seu período pré-incubatório (em que o contato com contaminantes poderá influenciar diretamente a oviposição e reprodução desta espécie ameaçadas globalmente).

Em relação à distribuição espacial de *T. chlororhynchos*, é importante destacar a importância da foz do Rio Doce e adjacências como área de internagem e para indivíduos juvenis, conforme demonstrado no presente estudo. A utilização de uma área conhecidamente atingida pelos rejeitos da barragem representa uma ameaça adicional à espécie, a qual está classificada como “Ameaçada” (EN) globalmente e com tendência de declínio no tamanho das populações.

4.2.8.19 - Análise do Subprojeto: Demografia e Reprodução

4.2.8.19.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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 o próximo relatório anual, 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 com o monitoramento apresentado neste relatório anual.

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”, com 02 anos completos de monitoramento regular. 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 ninhas de aves marinhas, mantendo o programa de monitoramento com a parceria formal para repasse de dados e apoio técnico, logístico e de equipamentos.

O Plano de trabalho prevê: “Além da individualização das informações sobre cada espécime, o anilhamento permitirá verificar, a partir da captura e recaptura da ave marcada, outras informações como sobrevivência, fidelidade ao ninho e ao parceiro reprodutivo.” Porém, não foram apresentados dados referentes aos anilhamentos, foram apresentados apenas as informações reprodutivas. **Logo, houve cumprimento parcial do Plano de trabalho nesse ponto. No próximo relatório deverão ser apresentados os dados das anilhas.**

4.2.8.19.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Na página 319 estão mencionados os anos em que foi possível obter o tamanho populacional das espécies-alvo do monitoramento, contudo as referências não estão citadas no primeiro parágrafo. Apesar de constar nas referências bibliográficas, torna-se mais acessível para quem lê o texto a citação da referência logo após a informação pretérita publicada, como ocorre ao longo de diversos outros trechos do relatório. Para o próximo relatório anual, apresentar as informações de citação ao longo do texto a fim de deixar mais claro e fácil o entendimento quanto à origem dos dados demográficos considerados.

Ao citar que não existem referências publicadas para o tamanho populacional de *Sterna hirundinacea* no primeiro parágrafo da página 319, cita-se a utilização de dados do Sistema Nacional de Anilhamento (SNA). A forma de acesso a estes dados não foi citada claramente neste trecho. Seria importante esclarecer que as informações foram obtidas via relatórios de anilhamento deste SNA e através do esforço de compilação destes dados publicado por Mestre 2006, conforme é esclarecido e citado na página 321 do mesmo relatório. Além de mencionar no primeiro parágrafo da pag. 319 a forma de acesso à informação (citando Mestre 2006), é importante completar o parágrafo com a informação sobre o período de origem destes dados, entendido na análise do relatório como sendo de 1988 a 2006 – conforme Figura 168. Vale ressaltar que não foram consultados dados do Sistema Nacional de Anilhamento para as ilhas do estado do Espírito Santo a partir de 2006.

Na Figura 167, menciona-se que o tamanho populacional de *Phaethon aethereus* nidificantes em Abrolhos são os obtidos da contagem de ninhos ativos pela equipe. Não fica claro na legenda, e ao longo do texto que apresenta estes mesmos resultados, se foram dados da contagem total de ninhos realizados semestralmente em todas as cinco ilhas ou apenas foram contabilizados os dados padronizados contados quinzenalmente pela equipe. Para o **próximo relatório anual**, é importante deixar bem claro no texto qual o exato mês do monitoramento do tamanho populacional e se o mesmo inclui todas as ilhas do arquipélago dos Abrolhos.

Para o **próximo relatório anual**, esclarecer ao longo dos trechos apontados no texto dos resultados que o esforço quinzenal da equipe e mensal em conjunto com o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos não cobre a contagem total de ninhos em todas as cinco ilhas deste Parque e que o tamanho total da população é obtido semestralmente em contagens em conjunto com o ICMBio, desde outubro de 2017, como parte do “Programa de Monitoramento das Aves Marinhas do Parque Nacional dos Abrolhos” (ICMBio, 2017).

Enfatizamos a pequena quantidade de ninhos ativos de *Sterna hirundinacea* que puderam ser localizados ao longo do monitoramento, o que pode representar um alerta para esta espécie no estado do Espírito Santo, refletindo no mínimo a necessidade de intensificar o monitoramento desta ave na região. **Para o próximo relatório anual**, ressaltar os resultados para o monitoramento desta espécie.

Na descrição da metodologia empregada ao longo do monitoramento é mencionado na página 87 que armadilhas fotográficas foram instaladas para tentar identificar potenciais predadores dos ovos e filhotes. É mencionado na descrição dos resultados, na página 323, que dos ninhos com insucesso alguns tiveram seus ovos predados (conforme apontamentos técnicos acima). Contudo, não é apresentado quais os indícios considerados que levaram a conclusão de predação e porque não foram considerados outros fatores que podem causar a mortalidade de filhotes, quebra de ovos e insucesso reprodutivo (ex. condições climáticas extremas, patógenos, pisoteamento pelas cabras presentes na ilha Santa Bárbara, entre outros fatores). **Para o próximo relatório anual**, sugerimos o esclarecimento de quais indícios

foram observados para considerar a predação como causa do insucesso (Imagem das armadilhas fotográficas; Registro de fezes de ratos no ninho, ou outros).

O relatório destaca que: “É necessário destacar que os dados pretéritos não possibilitam a geração de tendências robustas sobre a dinâmica populacional nas áreas, por terem sido obtidos de forma pontual e não padronizada” (pg. 320). Ainda sugerem alguns aspectos reprodutivos que possam ser afetados pela presença de metais nas aves, tais como, espessura da casca do ovo, fecundidade dos adultos, entre outros. Sugerimos que sejam avaliados novas variáveis para melhor aferir a relação entre o impacto do desastre com o sucesso reprodutivo e dinâmica populacional das espécies, avaliando indicadores apontados como espessura da casca do ovo, fecundidade dos adultos, impactos de outros fatores, tais como, erosão de solo, índice pluviométrico e impactos de espécies exóticas, que podem interferir diretamente nos resultados. Para a revisão do PMBA deve ser explicitado quais variáveis são necessárias serem 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 no sucesso reprodutivo das aves marinhas.

4.2.8.19.3 - Análise Geral

Em relação a *Sula leucogaster*, para a obtenção dos tamanhos populacionais atuais, menciona-se o emprego de esforço padronizado e **quinzenal** na página 320. Contudo, durante as atividades padronizadas mensais do Programa de Monitoramento das Aves Marinhas do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e as quinzenais da equipe responsável pelo presente relatório não são amostradas todas as ilhas que integram este Parque Nacional, e sim apenas uma amostra de parte da população. O ICMBio, uma vez a cada semestre (usualmente em maio e outubro), faz a contagem total das aves marinhas de todas as ilhas do arquipélago dos Abrolhos com o esforço da equipe do PARNAM Abrolhos, CEMAVE e parceiros. Para o próximo relatório anual, importante esclarecer ao longo do texto dos resultados que o esforço quinzenal não cobre a contagem total em todas as cinco ilhas da Unidade de Conservação e que o tamanho total da população é obtido semestralmente em contagens em conjunto com o ICMBio, desde outubro de 2017.

No segundo parágrafo da página 320, é citado o artigo de Mancini et al. (2016) e que dados pretéritos não possibilitaram a geração de tendências sobre a população, por terem sido obtidos de forma pontual e sem padronização. Contudo, não é mencionado que, desde outubro de 2017, justamente para sanar esta lacuna de conhecimento decorrente de falta de continuidade do monitoramento e de sua padronização, foi estabelecido em conjunto pelo ICMBio (através da união de esforços da equipe do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres/CEMAVE) o “Programa de Monitoramento das Aves Marinhas do Parque Nacional dos Abrolhos” (ICMBio, 2017). O mesmo busca obter de forma padronizada, anualmente e em longo prazo, o tamanho da população reprodutiva da Unidade de Conservação através de contagem semestrais da totalidade de ninhos nas cinco ilhas do arquipélago. Este Programa prevê também esforço mensal de monitoramento de ninhos em uma amostra dos ninhos conhecidos e população das aves nidificantes. Para obtenção da estimativa do tamanho populacional total desta Unidade de Conservação as contagens de ninhos ocorrem durante o pico da estação reprodutiva conhecido de cada espécie, na qual os ninhos ativos são georreferenciados e identificados com placas numeradas, e indivíduos adultos e filhotes marcados com anilhas metálicas do CEMAVE/ICMBio contendo código alfanumérico. Ressalta-se que este trabalho é realizado com a integração entre equipes.

Para a avaliação do sucesso reprodutivo, uma amostra das colônias de *P. aethereus* e *S. leucogaster* na ilha Santa Bárbara foi monitorada quinzenalmente, da postura do ovo ao voo dos filhotes. É mencionado na página 87 do relatório anual que, em Abrolhos, os trabalhos de campo estiveram em consonância com o Programa de Monitoramento de Aves Marinhas do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (ICMBio, 2017). O estudo da fenologia reprodutiva de *S. leucogaster* mostra que entre março e abril o número de ovos aumenta e o número de filhotes diminui, indicando o início de um ciclo reprodutivo. O pico reprodutivo é atingido em meados de **maio** e a partir daí a postura de ovos diminui e os filhotes seguem em desenvolvimento até o final de junho. Por outro lado, a fenologia reprodutiva de *P. aethereus* demonstrou um primeiro pico reprodutivo em meados de dezembro, quando a quantidade de ninhos com ovos começou a diminuir. Entre março e setembro foram registrados poucos ninhos ativos na parte da população amostrada, sugerindo um período de baixa intensidade reprodutiva.

Em maio de 2019, foram marcados e vistoriados 23 ninhos ativos de *Sula leucogaster* e, em junho, foram marcados e acompanhados 12 ninhos. Apesar de não estar explícito no texto do relatório, entende-se que todos foram monitorados apenas na Ilha Santa Bárbara, não incluindo a ilha Sueste. O estágio reprodutivo dos ninhos para esta espécie variou entre casais com ovos e filhotes de diversas idades, demonstrando uma reprodução assíncrona. Nos 35 ninhos monitorados ocorreram 47 posturas, das quais 13 não tiveram sucesso (27,7%), 29 obtiveram sucesso de eclosão (61,7%) e, até início de outubro, 12 filhotes concluíram o desenvolvimento e saíram do ninho (25,5%). É mencionado na descrição dos resultados na página 323 que, dos ninhos com insucesso, nove tiveram seus ovos predados. Contudo, não é apresentado quais os indícios considerados que levaram à conclusão de predação e porque motivo não foram considerados outros fatores que podem causar a mortalidade e insucesso reprodutivo (ex. condições climáticas extremas, patógenos, pisoteamento pelas cabras presentes na ilha Santa Bárbara, entre outros fatores). **Para o próximo relatório anual, sugerimos o esclarecimento de quais indícios foram observados para considerar a predação como causa do insucesso (Imagem das armadilhas fotográficas; Registro de fezes de ratos no ninho, ou outros).**

Para *Phaethon aethereus* também são apresentados os resultados de que, nos 50 ninhos monitorados, ocorreram 43 posturas, das quais 25 não tiveram sucesso (58,1%), 15 obtiveram sucesso de eclosão (34,9%) e, até início de outubro, 12 filhotes concluíram o desenvolvimento e saíram do ninho (27,9%). Dos ninhos com insucesso, 23 tiveram seus ovos predados. Os indícios de predação observados não foram mencionados.

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 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 suas colônias para estimativa de parâmetros reprodutivos, este cenário observado no primeiro ano do monitoramento ressalta a importância de que maior atenção seja dada para esta 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 sobrevoos tripulados e censos) corroboram com o uso intensivo por parte deste grupo na área imediatamente afetada. 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 (2015 – 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 crescimento. 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 contaminantes, saúde e apoia o trabalho de rastreamento – que requer informações de estágio reprodutivo e atividade dos ninhos.

Para *P. aethereus*, o sucesso reprodutivo da única temporada completa monitorada no primeiro ano foi de aproximadamente 36%. Apesar dos dados pretéritos disponíveis não possibilitarem a geração de tendências seguras neste parâmetro, verifica-se que o sucesso reprodutivo atual ainda está abaixo de temporadas anteriores, que foram de 55,5 a 58,4%, bem como de outras populações da espécie no Atlântico (51% em Ascensão; Stonehouse 1962). No entanto, sabe-se do impacto negativo de espécies exóticas invasoras, tais como *Rattus rattus* (Sarmiento *et al.* 2014) nesta espécie e não foi considerada nas análises. Contudo, eventuais contaminações nos adultos, em especial nas fêmeas que sintetizam os ovos, e no alimento repassado aos filhotes, poderá 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 espermática, 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 (Spahn & Sherry 1999, Dawe *et al.* 2004). Essas variáveis, que podem ser afetadas por metais, (ex.: espessura da casca do ovo, fecundidade dos adultos) não foram avaliadas no projeto.

4.2.8.20 - Análise do Subprojeto: Contagens (Mar e Costa)

4.2.8.20.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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 e no mar. No relatório fica clara a necessidade de período maior de tempo 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 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.

4.2.8.20.2. Encaminhamentos de alterações ou complementações

Nada a comentar.

4.2.8.20.3. Análise Geral

Para avaliação do padrão de encalhes das aves, foi realizado um levantamento no Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA), no período compreendido entre outubro de 2018 e junho de 2019. Não foi possível levantar dados anteriores ao acidente em Mariana, uma vez que só há informações disponíveis no SIMBA para os anos de 2017, 2018 e 2019. Durante o período compreendido entre outubro de 2018 e junho de 2019, foram registradas 24 espécies de aves, num total de 276 registros, e as espécies mais abundantes foram *S. leucogaster* (132 registros), *Puffinus puffinus* (39 registros), *Sterna hirundo* (24 registros), *Larus dominicanus* (13 registros) e *Fregata magnificens* (13 registros), que juntos corresponderam a 80% do total de ocorrências. As demais espécies tiveram entre 1 e 8 registros apenas. As aves encontradas durante o período avaliado foram predominantemente adultas, 64,9% (n = 179); os juvenis representam 25% (n = 69) dos registros e aproximadamente 10% (n = 28) das aves não foram identificadas quanto à fase de vida.

Considerando a abundância e densidade de aves marinhas na foz do rio doce e águas adjacentes, 796 indivíduos foram contabilizados nos censos contínuos e instantâneos e a densidade total de aves marinhas para a área de estudo é 0,472. As espécies com maior abundância e densidade encontradas na Foz do Rio Doce e águas adjacentes durante o período amostrado foram *S. dactylatra* (n=142, D= 0,084), *P. gravis* (n =103, D=0,061), *P. puffinus* (n=96, D= 0,056) e *A. stolidus* (n= 85, D= 0,050). Para as demais espécies, menos de 55 indivíduos foram contabilizados e com densidade inferior a 0,032.

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 transecuratoriais, como *C. alba*, *A. interpres*, *P. puffinus*, e *S. hirundo*. 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.

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. Mensalmente, 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. Os resultados representaram a coleta de dados de outubro de 2018 a setembro de 2019, totalizando doze campanhas. Ao longo de doze campanhas, em 1088 ocasiões foram registradas aves marinhas, considerando os registros em sua totalidade (aves identificadas e não identificadas em nível específico; aves registradas durante os censos contínuos e instantâneos; aves estacionárias; e registros fora do esforço amostral). A frequência de ocorrência de aves marinhas variou espacialmente (entre as transecções) e temporalmente (entre as estações do ano). Em 86,6% dos registros foi possível a identificação em nível de espécie. 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). 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 transecções, e em todas as estações do ano. As transecções com registros mais frequentes de aves e maior número de indivíduos foram TFOZ e TN4. A transecção TFOZ está posicionada junto à Foz do Rio Doce, sendo, portanto, uma área diretamente afetada pela pluma do Rio Doce e pelos resíduos tóxicos oriundos do rompimento da Barragem do Fundão. Quanto à elevada concentração de aves em relação à transecção TN4, 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, é ocupada pelas aves que reproduzem em Abrolhos, além de espécies migratórias oriundas de outras regiões.

Para os censos de aves de praia foram apresentados resultados de outubro de 2018 a setembro de 2019. 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. Foram registradas 35 espécies, de 14 famílias e 6 ordens. A maior riqueza de espécies foi registrada na primavera. Entre as 35 espécies registradas, 12 (34,2%) são migratórias de longa distância, que se reproduzem no Hemisfério Norte, ao norte dos Estados Unidos e/ou Canadá. São elas duas batuíras (Charadriidae), seis maçaricos (Scolopacidae), duas gaivotas-rapineiras (Stercorariidae) e dois trinta-réis (Sternidae). Foi registrada uma colônia mista de garças *Ardea alba*, *Egretta thula* e *Egretta caerulea*. A colônia já se encontrava em atividade quando o monitoramento iniciou, em outubro de 2018, e seguiu em atividade até fevereiro de 2019.

Dentre as 35 espécies registradas, quatro (11,4%) são consideradas ameaçadas no Brasil, segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio 2018): Maçarico-rasteirinho (*Calidris pusilla*) e Trinta-réis-real (*Thalasseus maximus*) na categoria EN (Em Perigo); Trinta-réis-róseo (*Sterna dougallii*) e Trinta-réis-de-bico-vermelho (*S. hirundinacea*) na categoria VU (Vulnerável). Ainda há duas espécies que se encontram na categoria NT (Quase Ameaçada): o Piru-piru (*Haematopus palliatus*) e o Vira-pedras (*Arenaria interpres*).

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 73,7% dos registros totais do relatório. 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. acutylavidus*. 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.

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, sendo assim, 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. 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.

* Observação Geral para os projetos de Aves

Análise de dados brutos:

O Plano de trabalho apresenta uma gama de dados brutos que serão entregues como produto no relatório final (Tabela abaixo). Porém, não foram entregues os dados brutos e planilhas que permitiram realização das análises. **Sugestão: Apresentar no relatório final a revisão dos produtos entregues, buscando atender Plano de Trabalho, como previsto nas tabelas abaixo.**

5. PRODUTOS

5.1. DADOS BRUTOS (Listar os dados que serão entregues como produto, segundo o TR4, tanto os coletados in situ como os processados no laboratório)	RESPONSÁVEL (Pessoal Vinculado)
Lista de modelos de rastreadores e seus respectivos fabricantes, com detalhe acerca dos custos. Matriz com dados de contagens de ninhos de frequência mensal.	Profs. Leandro, Guilherme e Márcio, Bolsista pós-doc
Lista dos indivíduos rastreados com informações sobre conteúdo e localização do ninho. Matriz de dados espaciais dos indivíduos rastreados.	Profs. Guilherme e Márcio
Matrizes de dados físicos com médias para os últimos 15 anos e dados atuais referentes ao período do rastreamento.	Prof. Guilherme; Doutor (análise de dados espaciais)
Matrizes de dados de distribuição espacial de aves marinhas obtidos com rastreadores remotos.	Prof. Márcio; Doutor (análise de dados espaciais); Doutor (matemático)
Matrizes de dados de distribuição espacial de aves marinhas obtidos com rastreadores remotos.	Prof. Márcio; Doutor (análise de dados espaciais); Doutor (matemático)
Matrizes de dados de distribuição espacial de aves marinhas obtidos com rastreadores remotos.	Prof. Márcio; Doutor (análise de dados espaciais); Doutor (matemático)
Matrizes de contagens de ninhos com determinação do conteúdo de cada ninho	Profs. Márcio e Guilherme
Matrizes de contagens de ninhos atuais e pretéritos	Profs. Márcio e Guilherme
Matrizes de censos embarcados com localização geográfica das avistagens	Projeto Albatroz, Prof. Leandro
Matrizes de censos embarcados com localização geográfica das avistagens	Projeto Albatroz, Prof. Leandro
Dados de encaixes de aves recebidos de equipes de monitoramento organizados e repassados às instituições	Projeto Albatroz, Prof. Leandro
Lista de números de tombamento das aves em coleções de referência ou bancos de amostras.	Projeto Albatroz; Prof. Leandro, bolsista responsável pela curadoria
Lista de amostras obtidas em campo para cada espécie	Projeto Albatroz, Profs. Leandro, Márcio, Guilherme

Matriz com patógenos analisados para cada indivíduo amostrados nas colônias, no mar, e na praia.	Projeto Albatroz, Prof. Guilherme
Matriz com sequências moleculares dos microorganismos analisados.	Prof. Guilherme e bolsista geneticista
Matrizes de dados quantitativos e qualitativos dos microrganismos observados	Prof. Projeto Albatroz, Prof. Guilherme
Matrizes de sequências obtidas antes e após o evento.	Prof. Guilherme e bolsista geneticista
Tabela com concentrações dos metais analisados para cada espécie de ave marinha e tecido	Prof. Leandro; Mestre (experiência em análise de metais)
Tabela com razões isotópicas de carbono e nitrogênio para cada indivíduo amostrado	Profs. Leandro e Guilherme; Doutor (especialista em ecologia trófica)

MONITORAMENTO DE TARTARUGAS MARINHAS

4.2.8.21 - Subprojeto: Diversidade genética

4.2.8.21.1 - Aderência ao TR4, Plano de Trabalho da RRDM e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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. No relatório não há informação acerca da utilização deste tipo de material nas análises. No apêndice “Protocolo de Análises” é informado apenas que serão utilizadas as amostras de tecido coletadas das tartarugas marinhas encontrados encalhadas nas praias do Espírito Santo assim que houver o acordo da Fundação Renova com o PMP. É preciso que no próximo relatório haja algum esclarecimento acerca desta questão e uma justificativa para a não utilização de material proveniente dos encalhes. Isto já havia sido solicitado na análise do relatório semestral e não foi atendido.

4.2.8.21.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para a continuidade do programa e próximo relatório anual, deve-se:

Conferir referência citada no segundo parágrafo da página 370 - TOREZANI et al., 2010. É informado que o mesmo será utilizado como amostragem pré-rompimento da barragem. Contudo, a referida referência não trata de estudo genético. O parágrafo ficou confuso.

Verificar possibilidade de obter outras amostras pré-rompimento com a Petrobrás, oriundas do programa de monitoramento de praias.

Buscar e considerar dados pretéritos ao rompimento da barragem, mais uma vez, como informações comparativas.

É importante também que se avalie a viabilidade de utilizar amostras de outras regiões impactadas pelo rejeito, conforme a área determinada pelo Termo de Referência 4, do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, para o monitoramento de áreas de desova de *Dermochelys coriacea* que chega a 110 km ao norte da foz do Rio Doce. Apesar de apresentar uma baixa ocorrência de desovas da espécie, a região a norte do Rio Doce (Pontal do Ipiranga, Campo Grande, Barra Seca, Urussuquara, Barra Nova, Guriri) é área de nidificação da tartaruga de couro. Além disso, é interessante que o N amostral representado por filhotes natimortos seja aumentado.

Iniciar o processo de utilização das amostras de tecido das tartarugas marinhas encontradas encalhadas na região de estudo. É preciso que haja justificativa para a não utilização de material proveniente dos encalhes.

A parte metodológica (pág. 91) deste subprojeto é tratada juntamente com o subprojeto de Saúde. Mas, isso não fica claro no relatório, devendo ser melhor descrito no próximo relatório.

4.2.8.21.3 - Análise Geral

As amostras cedidas por parceiros e tidos como dados pretéritos não foram utilizados em sua integralidade. As conclusões das análises são apresentadas de forma inconclusivas, dependendo de maior tempo e coletas para melhor amostragem.

Apenas uma das amostras representaram clone, que no caso representou um retorno para desova de *Caretta caretta*. Isso foi possível confirmar através da marcação com anilhas feitas pela Fundação Pró-Tamar na região.

No protocolo de análise é informado que serão utilizadas as amostras de tecido coletadas das tartarugas marinhas encontrados em áreas de desova (Povoação), área de alimentação (APA Costa das Algas) ou encalhados nas praias do Espírito Santo, assim que houver o acordo da Fundação Renova com o PMP. Desta forma, entende-se que o referido acordo com o PMP-BC/ES (executado pela Petrobras) ainda não foi feito. Contudo, não há maiores informações no relatório.

O texto é apresentado com tabelas e gráficos que facilitam a interpretação.

O estudo coletou amostras de tecido de 60 indivíduos de *Caretta caretta* na temporada reprodutiva 2018/2019. Os dados pretéritos obtidos com outras instituições não puderam ser aproveitados integralmente. Informam que a baixa taxa de sucesso na amplificação destas amostras provavelmente ocorreu por terem sido armazenadas de forma inadequada e/ou porque são amostras mais antigas, o que possivelmente comprometeu a qualidade do DNA extraído.

A comparação temporal dos índices de diversidade genética desta espécie (pré e pós-rompimento) ficou comprometida por conta da baixa qualidade do DNA das amostras pré-rompimento. É necessário que se busque outras fontes de amostras pré-rompimento, com sugestão daquelas oriundas do programa de monitoramento de praias.

Para a espécie *Caretta caretta* não houve evidência de expansão ou redução populacional.

Um fator interessante foi a confirmação e validação do retorno de uma fêmea através da análise genética, o que mostrou a eficiência da técnica para marcação e identificação dos indivíduos.

Foram coletadas 50 amostras de tecido de *Chelonia mydas* entre novembro de 2018 e junho de 2019. As análises não permitem inferir que houve mudanças na estrutura populacional antes e pós rompimento da barragem, assim como a baixa diversidade genética do grupo não pode ser associada ao evento citado.

Tanto para marcadores microsatélites quanto para o DNAm, as tartarugas verdes apresentaram valores de diversidade mais baixos que os de duas áreas de alimentação (RJ e ES) e de duas populações de desova da espécie no Brasil (Trindade e Atol das Rocas). Portanto, seguindo a análise apresentada no relatório, esta situação necessita de monitoramento a longo prazo para se quantificar a influência direta ou indireta dos níveis de metais sobre a diversidade genética desta espécie.

Para a espécie *Dermochelys coriacea* foram coletadas 21 amostras biológicas sendo 11 fêmeas em reprodução e 2 filhotes natimortos coletadas no âmbito deste projeto na temporada 2018/2019. Os dados pretéritos foram cedidos pela Fundação Pró-Tamar, em 10 amostras de tecidos coletados entre 2004 e 2010. A análise identificou a baixa diversidade genética associada à espécie já em lista oficial como criticamente ameaçada no ES. No entanto, a comparação temporal ficou comprometida por conta do baixo N amostral analisado. Portanto, na tentativa de aumentar o N amostral, é importante também que se avalie a viabilidade de utilizar amostras de outras regiões impactadas pelo rejeito (ao norte de Povoação), além da tentativa de aumentar o N amostral representado por filhotes natimortos, caso seja possível.

Para essa espécie, não foi possível identificar mudanças genéticas pré e pós rompimento da barragem e não houve evidência de aumento ou redução da população causada pelo evento citado.

4.2.8.22 - Análise do Subprojeto: Saúde

4.2.8.22.1 - Aderência ao Termo de referência 4 - TR4/2016, Plano de Trabalho da Rede Rio Doce Mar e Nota Técnica nº 8/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

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

Segundo os pesquisadores, os dados relativos às concentrações de metais pesados em ovos de *C. caretta* e *D. coriacea* e na reprodução serão apresentados em um adendo posterior, uma vez que as análises de metais em ovos não foram concluídas a tempo da apresentação do relatório.

Sub-item 3.4.2.1 Avaliação da saúde de tartarugas *Chelonia mydas* juvenis: Segundo o TR 4, em relação ao item Saúde e eficiência reprodutiva de Tartarugas marinhas, foi solicitado que, em adultos e juvenis, fossem coletadas informações sobre os poluentes orgânicos persistentes ao nível de partes por bilhão: bifênilas policloradas (PCBs) totais e específicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) totais e específicos, pesticidas organoclorados (OCs) totais e específicos. No entanto, o relatório não apresentou resultados em relação a estes parâmetros. Entendemos que estas análises não foram realizadas. Informar no próximo relatório sobre a realização destas análises e discutir os resultados.

Sub-item 3.4.2.2 Avaliação da saúde de *Caretta caretta* em reprodução: Segundo o TR 4, em relação ao item Saúde e eficiência reprodutiva de Tartarugas marinhas, foi solicitado que, em adultos, juvenis, ovos e natimortos, fossem coletadas informações sobre os poluentes orgânicos persistentes ao nível de partes por bilhão: bifênilas policloradas (PCBs) totais e específicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) totais e específicos, pesticidas organoclorados (OCs) totais e específicos. No entanto, o relatório não apresentou resultados em relação a estes parâmetros. Entendemos que estas análises não foram realizadas. Informar no próximo relatório sobre a realização destas análises e discutir os resultados.

4.2.8.22.2. Encaminhamentos de alterações ou complementações

Problema no conteúdo do parágrafo da pág. 381, quinta linha, onde a informação ficou incompleta ("95% das tartarugas da APA apresentaram ectoparasitos como sanguessugas e isópodas contra 4,5% em"); depois desta frase, iniciou-se outra que acabou ficando incompreendida por, talvez, estar relacionada com a anterior ("Comparando os dados pretéritos do IMD, a prevalência foi maior na APA do que em Coroa Vermelha nos 03 anos anteriores a 2019.).

Em relação à tabela 112, pág. 385, é preciso que seja esclarecido no texto qual a diferença entre as duas colunas relativas a Fernando de Noronha, que são referenciadas como dados de Prioste, 2016.

Identificar as lacunas na metodologia que podem ter contribuído para reduzir a percentagem executada do N previsto e articular com a equipe ou com os parceiros as ações que possam minimizar esta perda para a próxima temporada de coleta de dados.

É recomendado no relatório que seja incluído no monitoramento o exame oftalmológico e a análise histopatológica de lesões oculares nas tartarugas em desova. Consideramos a solicitação pertinente. Sugestão de inclusão das análises para o próximo ano de monitoramento.

Não ficou claro se todos os resultados de concentração de metais em ovos foram apresentados. Apresentam resultados, mas ao final informam que os dados relativos às concentrações de metais pesados em ovos de *C. caretta* e *D. coriacea* e na reprodução serão apresentados em um adendo posterior, uma vez que as análises de metais em ovos não foram concluídas a tempo da apresentação do relatório. Para o próximo relatório, esclarecer melhor se os resultados são parciais, e preferencialmente, apresentar todos os dados e respectiva discussão.

A parte metodológica (pág. 91) deste subprojeto é tratada juntamente com o subprojeto de Diversidade Genética. Mas, isso não fica claro no relatório, devendo ser melhor descrito no próximo relatório.

Apresentar os resultados das análises: bifênilas policloradas (PCBs) totais e específicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) totais e específicos, pesticidas organoclorados (OCs) totais e específicos. Caso as análises não sejam realizadas, apresentar justificativa no próximo relatório.

4.2.8.22.3. Análise Geral

O TR indicava um número mínimo de 3 ovos e filhotes por ninho, totalizando 60 ninhos por temporada para *Caretta caretta* e 45 para *Dermochelys coriacea*. No entanto, na Tabela 108 do item 3.4.2 Saúde, do relatório, as porcentagens executadas do N previsto para "Pool de 3 ovos por ninho pré incubação, Pool de 3 ovos por ninho pós incubação e Natimortos" ficaram abaixo do planejado para *Caretta caretta* na Praia do Forte, *Caretta caretta* em Povoação (exceto para Pool de 3 ovos por ninho pré incubação) e *Dermochelys coriacea* na Foz do Rio Doce.

Conforme a análise dos dados apresentada pelos pesquisadores no relatório (sub-item 3.4.2.1), a área afetada pela pluma principal de rejeitos de mineração na APA Costa das Algas apresenta uma situação complexa quanto à saúde das tartarugas verdes por estas apresentarem-se menos saudáveis e com maiores níveis de metais (As e Cu) que a área controle e do que outras áreas no Brasil menos sujeitas a poluição costeira.

Com relação à avaliação da saúde de *Caretta caretta* em reprodução (sub-item 3.4.2.2), o relatório informa que, das lesões oftalmológicas de 6 tartarugas, foram isolados bactérias e fungos oportunistas que podem ser tanto causadores quanto secundários às lesões, não sendo possível determinar um diagnóstico etiológico preciso do quadro apresentado. 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.

Recomendam ampliar o estudo das lesões oftalmológicas para definir a patogenia através de exame histopatológico (biópsia) e análise de etiologia viral, a fim de avaliar se a doença está relacionada a imunossupressão e compreender se as mesmas possuem ou não correlação com a exposição dos animais aos rejeitos.

Os resultados apresentados no relatório ainda são incipientes para relacionar as condições de saúde das tartarugas com as condições ambientais locais decorrentes da presença de rejeitos de mineração no sedimento. Portanto, é necessário que os estudos tenham continuidade de modo que permitam uma avaliação, a longo prazo, dos fatores que estejam contribuindo para as alterações do estado de saúde das tartarugas marinhas.

É importante que o monitoramento da saúde das tartarugas *Chelonia mydas* juvenis ocorra a longo prazo para se quantificar a influência direta ou indireta dos níveis de metais sobre a saúde das tartarugas verdes.

Com relação à avaliação da saúde de *Caretta caretta* em reprodução, ressaltam que é necessário que as lesões oftalmológicas sejam estudadas, e que sejam utilizadas metodologias moleculares para diagnóstico viral, bem como a coleta de biópsias de pálpebra para análise histopatológica. Apesar dos organismos isolados apresentarem baixa patogenicidade, eles podem levar a casos clínicos em animais imunossuprimidos. É recomendado no relatório que seja incluído, no monitoramento, o exame oftalmológico e a análise histopatológica de lesões oculares nas tartarugas em desova nas praias de Povoação e Regência e, na Praia do Forte, seja incluída a análise molecular da ocorrência de vírus. Consideramos a solicitação pertinente.

É indicado no relatório que sejam avaliados os níveis de metais levando em consideração o estado fisiológico das tartarugas em época reprodutiva e o estado fisiológico das tartarugas em áreas de alimentação, fora da temporada reprodutiva, comparando-os. Foi levado em consideração que os níveis de metais são maiores no plasma, seguidos pela carapaça e em menor quantidade nos ovos, indicando, segundo o relatório, que há uma exposição recente e que há uma transferência variável para os ovos entre os diferentes metais. Sugerimos, portanto, que seja avaliado durante a atualização do TR4 e respectivo plano de trabalho, a inclusão da coleta de material biológico em áreas de alimentação da *Caretta caretta*, fora do período reprodutivo da espécie.

* Observação Geral Quelônios

Objetivo 3 – Anexo 6 do TR 4 (encalhes)

“Monitorar, por um período de 5 anos, os encalhes de todos os cetáceos, tartarugas e aves marinhas nas praias do litoral do ES e realizar necropsias, quando for possível recolher os animais, para determinar uma possível *causa mortis*.”

Este objetivo **não foi atendido** para tartarugas marinhas. O Plano de Trabalho não apresenta projeto específico para este tópico, contudo, o tema é abordado no *Subprojeto: Cetáceos – Genética, Saúde, Dieta, Reprodução, Uso Do Habitat e Interação com a Pesca*. Apesar deste subprojeto enfatizar o grupo dos mamíferos marinhos, durante a apresentação do plano de trabalho foi considerado neste tópico a análise de encalhes de aves e tartarugas marinhas também. Assim, a metodologia de execução do referido objetivo do TR foi totalmente reproduzida neste subprojeto no plano de trabalho.

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. Considerar tais informações e apresentar no próximo relatório anual.

Importante que este objetivo seja discutido durante a Revisão do TR 4, e se necessário, que seja apresentado Plano de Trabalho específico para quelônios, para que seja contemplado na continuidade do monitoramento.

Objetivo 8 – Anexo 6 do TR 4 (idade)

“Estimar a idade dos cetáceos e quelônios, de sua primeira maturação e analisar a taxa de fecundidade dos cetáceos encontrados mortos nas praias ao longo de 5 anos.”

Não há menção de realização deste objetivo para quelônios no relatório. Até o momento, não foi atendido. A princípio não vemos a necessidade deste tipo de estudo para quelônios, podendo ser revista sua permanência para o próximo ano de monitoramento.

Objetivo 10 – Anexo 6 do TR 4 (monitoramento de áreas de desova)

“Monitorar as áreas de desova de *Caretta caretta* e *Dermochelys coriacea* ao redor da foz do Rio Doce, incluindo o comportamento reprodutivo dessas espécies, distribuição espacial e temporal de ninhos, sucesso reprodutivo e efeito de contaminantes sobre a saúde de fêmeas e filhotes (neonatos).”

Os pesquisadores informam que o relatório relativo ao Monitoramento reprodutivo das tartarugas marinhas, do objetivo 10 do TR4 de Megafauna, foi produzido por uma instituição não vinculada à Rede Rio Doce Mar e está vinculado ao PMBA/RENOVA, e suas principais conclusões foram resumidas no item 4.7 Tartarugas marinhas do Relatório Anual do PMBA. O Centro TAMAR tem conhecimento deste fato e de sua vinculação ao PMBA/RENOVA. Importante, entretanto, que as informações de ambos os projetos sejam cada vez mais unificadas e discutidas conjuntamente.

4.2.9 - RT-24: Anexo 7 - Dulcícola

4.2.9.1 - Avaliação das informações apresentadas para os subprojetos:

Ecologia da ictiofauna dulcícola e Genética da ictiofauna dulcícola

No item Introdução do relatório é mencionado que existem poucos trabalhos de levantamento de espécies de peixes em afluentes e na calha principal do rio Doce, sendo que a referência mais recente citada para essa afirmação é de 2017. Também é mencionado que o levantamento de dados pretéritos ao rompimento das barragens de rejeitos de Fundão e Santarém, foi feito a partir de dados da literatura e que este teria sido a base para as comparações realizadas pelo Anexo 7. Entretanto, não há menção no relatório dos estudos realizados pela empresa de consultoria Econservation (estudos populacionais da Cláusula 164 do TTAC e da Notificação IBAMA nº 678311/2015), embora estes já estivessem disponíveis em 2019. Como foi confirmado pelo Prof. Jorge Dergam, durante a apresentação do relatório nos dias 11 e 12 de fevereiro de 2020, a RRDM ainda não teve acesso a base de dados gerada por esses estudos.

Encaminhamento: Como as coletas de dados para os estudos realizados pela Econservation começaram 1 ano e 6 meses após o rompimento da barragem de Fundão, é de extrema relevância que as informações geradas por esses estudos sejam disponibilizadas e constem como referência nos estudos do monitoramento em desenvolvimento pela RRDM, conforme prevê o TR4. Dessa forma, a Fundação Renova deverá disponibilizar à RRDM tanto as bases de dados como os relatórios para serem incorporados nas próximas análises.

No item Metodologia, subitem 'Área de estudo', consta que "os locais de coleta foram próximos aos estabelecidos nos termos de referência, envolvendo três ecossistemas: calha do rio Doce, lagoas da região e um córrego" (página 17). Entretanto, o relatório não informa como foi feita a seleção dos locais, e se a heterogeneidade ambiental foi suficientemente contemplada com essa seleção, já que o número de pontos diferiu nos três ecossistemas (um ponto amostral em tributário, dois em lagoas e cinco na calha do rio Doce).

Encaminhamento: Embora o número e localização dos pontos amostrais tenham sido estabelecidos pelo TR, consideramos pertinente que conste no relatório uma avaliação de sua representatividade.

Na página 18 do relatório consta que a coleta dos espécimes foi realizada utilizando-se esforço amostral de nove redes de espera de diferentes malhas (3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, e 14 mm entre nós opostos) que ficaram expostas por quatro horas, e 10 passadas com rede de arrasto e 46 lances de tarrafã, em cada ponto. No anexo 2 do TR4 consta que as redes de emalhe deveriam ser instaladas sempre a partir das 16h00min e retiradas na manhã do dia seguinte a partir das 08h00min e inspecionadas em intervalos de quatro horas. No plano de trabalho ficou determinado que as redes de espera ficariam por 12hs na água aproximadamente.

Ao ser questionado sobre essas diferenças entre os documentos, o Prof. Jorge Dergam indicou que a redução de tempo para 04 horas de permanência das redes de espera na porção capixaba foi com o propósito de garantir a melhor qualidade do material para as análises genéticas.

Encaminhamento: Indicar no item Metodologia os ajustes metodológicos e as justificativas. Esses ajustes deverão ser discutidos também quando da Revisão do TR4.

Consta também no item Metodologia que a coleta de dados ambientais, que consistiu nas medidas de temperatura, porcentagem de oxigênio dissolvido, salinidade, condutividade, turbidez e pH, foi realizada em apenas cinco campanhas (C6 a C9, e C12) com sonda multi-parâmetro (pág. 19). Na página 206 foi justificado que a não mensuração dos parâmetros em todas as campanhas deveu-se ao atraso no recebimento do equipamento e, posteriormente, à avaria de uma das sondas. Entretanto, o relatório não cita alternativas para contornar esses problemas, como, por exemplo, a utilização de dados coletados por estudos de outros anexos do PMBA, visando melhorar a confiança dos resultados relacionados à mensuração destes parâmetros. Como consta no relatório, "Em relação aos dados abióticos, nenhuma influência significativa foi encontrada para explicar a distribuição das espécies. Talvez isso tenha ocorrido devido ao restrito número de campanhas em que os parâmetros puderam ser medidos...".

Encaminhamento: Considerando a importância da busca de alternativas para a solução de eventuais problemas na execução dos estudos, devem constar nos próximos relatórios as alternativas utilizadas para minimizar os efeitos desses problemas na qualidade dos resultados.

Ainda no item Metodologia, verifica-se que algumas análises previstas no Plano de Trabalho não constam no relatório, tais como:

(para 'Ecologia de peixes dulcícolas')

- Caracterização ambiental de cada ponto amostral (Índice de Integridade de Habitat);
- Dados fisiográficos e geográficos;
- Seleção de espécies de grande porte e de interesse comercial para Telemetria;
- Informações que devem constar na lista de espécies coletadas: Número de coleta, local de amostragem, Categorias rara, migradora

(e para 'Genética de peixes dulcícolas')

- Teste de desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg;
- Estimativa da endogamia;
- Estimativa da ocorrência de eventos de gargalo populacional;

- Biblioteca de DNA *barcodes* para as espécies nativas da bacia que ainda não possuem a sequência registrada. As sequências obtidas serão depositadas no banco de dados de forma a serem reconhecidas formalmente como sequências *barcode* das espécies em questão.

Encaminhamento: Mesmo que algumas análises ainda venham a ser realizadas em ciclos futuros do monitoramento, deve ser indicado no relatório se os dados necessários estão sendo coletados e se as condições para a sua execução estão sendo satisfeitas. Quanto a lista de espécies coletadas, as informações que faltam devem ser fornecidas, ou sua ausência justificada.

Quanto às análises de genética de populações, consta que foram selecionadas 15 espécies de diferentes famílias (segundo anexo 2 do TR4), e que essas análises foram feitas para mais 5 espécies de *Astyanax* (*A. giton*, *A. lacustris*, *A. intermedius*, *A. sp1* e *A. sp2*). Portanto, um total de 20 espécies foram selecionadas, sendo 9 da família Characidae.

Encaminhamento: Fornecer detalhes sobre a escolha de *Astyanax* como um modelo que está sendo explorado e quais seriam as implicações das análises.

No item 3.1.1.1 Caracterização da ictiofauna dulcícola - foi apresentada uma caracterização bastante completa das espécies encontradas na parte capixaba da bacia do rio Doce, contendo as informações: Ordem, Família, Espécie, Nome popular, Características gerais (descrição: forma do corpo, coloração fixado e em vida), DNA *barcode*, Tamanho máximo, Habitat, Hábito alimentar, Reprodução, Grau de ameaça, Distribuição, e ilustrada com fotos de boa qualidade e com escala de tamanho dos peixes. Para as espécies selecionadas também há a informação Genética de populações. Porém, assim como verificado para a lista de espécies coletadas (Quadro 2, pág 25), não são informados número de coleta e locais de coleta da espécie, conforme previsto no Plano de Trabalho. Verifica-se ainda que algumas espécies diferem quanto a indicação “cf.” e “aff.” no quadro 2 e no item Caracterização, como por exemplo: *Astyanax cf. giton*.

Encaminhamento: Justificar ausência de informações e atualizar nomenclatura das espécies.

Quanto aos resultados referentes ao subprojeto ‘Ecologia de peixes dulcícolas’, ‘Composição da comunidade amostrada’, chama a atenção o grande número de espécies registradas pela primeira vez para a bacia do rio Doce nas expedições de coleta realizada pela RRDM. No total, 18 espécies foram registradas pela primeira vez, sendo 11 exóticas. Entretanto, considerando que os estudos da Cláusula 164 e da Notificação IBAMA nº 678311/2015 não foram consultados, é necessário que esse quantitativo seja revisto considerando esses estudos.

Encaminhamento: Rever as informações apresentadas considerando as bases de dados e os relatórios dos estudos da Cláusula 164 e da Notificação IBAMA nº 678311/2015.

Na Figura 105 - O índice gonadosomático (IGS), verifica-se que não há legenda para os estágios indicados pelo IGS – 1, 2, 3, 4 A e 4 B.

Encaminhamento: Inserir legenda para os estágios indicados pelo IGS – 1, 2, 3, 4 A e 4 B.

Na página 194 do relatório consta que “devido à desvalorização do real em relação ao dólar”, foi preciso mudar a estratégia do desenvolvimento dos microssatélites, buscando alternativas de serviços de terceiros no Brasil e realizando a maior parte desse trabalho no próprio laboratório da RRDM. Entretanto, o relatório não informa se a CTBIO e a Fundação Renova foram comunicadas de tais alterações no estudo, e se estas resultam em prejuízos para as análises.

Encaminhamento: Toda alteração de estratégia, além de justificada, deve ser informada a Fundação Renova e a CTBIO, o quanto antes, para as devidas providências.

Não foi apresentada Carta de recebimento do material biológico depositado. Ao ser questionado, o Prof. Jorge Dergam indicou que a carta será elaborada.

Encaminhamento: Apresentar Carta de Recebimento com listagem do material biológico recebido (informando as espécies e o número de indivíduos) pela instituição didática e/ou científica, em papel timbrado e assinado pelo responsável.

A Planilha de dados apresentada não traz os dados brutos do Anexo, mas sim os dados trabalhados/calculados. Cada linha da planilha deve indicar um indivíduo e não uma espécie como foi apresentada.

Encaminhamento: Apresentar corretamente a Planilha de dados brutos.

4.2.9.2 - Considerações finais sobre os resultados apresentados no Anexo 7 - dulcícola

- Os estudos que compõem o Anexo 7 dulcícola acrescentam importantes informações sobre a ictiofauna que habita a porção capixaba do rio Doce impactada pelo rompimento da barragem de Fundão. Foram registradas até o momento 69 espécies de peixes, das quais cerca de 40 % são exóticas à bacia do rio Doce e 17 são espécies registradas pela primeira vez na bacia. Além disso, as análises genéticas com DNA *barcoding* apontaram a existência de relevante diversidade críptica e de populações geneticamente estruturadas. Tais informações indicam que ainda temos muito o que conhecer sobre a ictiofauna desta região para que medidas adequadas de conservação sejam adotadas, e enfatizam o valor complementar de abordagens moleculares para estudos ecológicos e de avaliação de impacto.
- Em termos de biomassa, os resultados indicam que as espécies exóticas estão dominando os ambientes, principalmente a calha do rio Doce. Como essas espécies são consideradas resistentes à ambientes alterados, sua dominância foi considerada indicadora da qualidade do ambiente e do impacto da lama. Além disso, foi verificado que a maior parte das espécies exóticas possui hábito

alimentar carnívoro/piscívoro ou hábito generalista, o que seria consistente com teorias que predizem que espécies com alto poder de se tornarem invasoras são aquelas que consomem os itens mais abundantes no sistema após um distúrbio (como peixes e detritos), e que as exóticas estariam alocando mais energia para reprodução do que para crescimento do corpo, como indicou o menor fator de condição relativo e a maior proporção de indivíduos imaturos encontrados para essas espécies. Também merece destaque o fato de que a espécie mais abundante em número de indivíduos *Poecilia vivipara*, embora nativa da bacia, também é considerada hiper-tolerante e indicadora potencial de ambientes alterados. O predomínio dessas espécies na estrutura da comunidade que sobrevive atualmente na zona impactada pelos rejeitos, ou em locais próximos a ela, suscita preocupação e deve ser parte das discussões para proposição de medidas visando a recuperação do ambiente.

- Outro resultado obtido que também contribuiria como indício do impacto do derramamento da lama sobre a comunidade de peixes refere-se à diferença na composição da comunidade, que foi maior entre a calha do rio e os ambientes de lagoas e riachos que não foram diretamente afetados. Contudo, foi destacada também a influência das barragens como outro fator relevante nas diferenças encontradas, indicada pelo menor valor de riqueza e biomassa de espécies obtido para o ponto localizado mais próximo a UHE Mascarenhas, na calha principal do rio Doce. Portanto, uma das conclusões do relatório foi que a assembleia de peixes estaria ameaçada por efeitos conjuntos de alterações ambientais provocadas por barragens, espécies exóticas e derramamento da lama.

4.2.9.3 - Considerações finais sobre as condições de atendimento ao Termo de Referência 4 - TR4/2016 e Plano de trabalho da Rede Rio Doce Mar

- Os resultados apresentados para o primeiro ano (outubro/2018 - setembro/2019) de execução do “Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I (PMBA) – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente”, referentes aos estudos que compõem o Anexo 7 (dulcícola): ‘Ecologia da ictiofauna dulcícola’ e ‘Genética da ictiofauna dulcícola’, estão muito bem elaborados e atendem satisfatoriamente ao que foi estabelecido no Plano de Trabalho e na Nota Técnica nº 8/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBIO que aprova o Plano de trabalho.
- Quanto às complementações apontadas na presente nota técnica para o Anexo 7, estas poderão ser incluídas no próximo relatório anual, não havendo necessidade de apresentação de nova versão do Anexo 7 dulcícola.
- Contudo, para viabilizar algumas dessas complementações, entende-se ser urgente que a Fundação Renova disponibilize à RRDM tanto as bases de dados como os relatórios dos estudos executados para atendimento da Cláusula 164 do TTAC e da Notificação IBAMA nº 678311/2015. Informações geradas por esses estudos já deveriam constar como referência nos estudos do monitoramento em desenvolvimento pela RRDM, conforme prevê o TR4. Como informado pelo Prof. Jorge Dergam, a RRDM ainda não teve acesso a essas informações.

4.2.9.4 - Considerações finais sobre a continuidade do monitoramento (revisão do TR4)

- Concordamos com os autores do relatório quanto a importância de se manter ao longo do monitoramento as análises genéticas voltadas para a confirmação das identificações taxonômicas e caracterização da diversidade e estrutura das populações, já que estas contribuem para o entendimento e decisões de manejo cujo objetivo seja minimizar os efeitos negativos de eventos de extinção local e de reintroduções, mesmo daquelas feitas a partir de localidades próximas. Entretanto, consideramos desnecessária a continuidade das análises de DNA *barcoding* para as espécies exóticas.
- Também concordamos quanto à necessidade de se manter as coletas mensais para comprovar se as demais espécies previstas para a região a partir do levantamento de dados pretéritos não ocorrem na parte capixaba do rio Doce ou se ainda não foram amostradas. Porém, destacamos a necessidade da inclusão dos estudos realizados para o atendimento da Cláusula 164 e da Notificação IBAMA nº 678311/2015, os quais ainda não constam no levantamento de dados pretéritos.
- Quanto ao acréscimo de pontos amostrais nas áreas controle, visando uma comparação eficaz do efeito direto da lama na composição de espécies, e à utilização de cortes histológicos, visando confirmação dos estádios de desenvolvimento gonadal, entendemos que tais procedimentos deverão trazer informações relevantes ao estudo, devendo ser considerados na revisão do PMBA.
- Quanto às análises multivariadas, e detecção de possíveis preditores dos padrões encontrados, consideramos necessário que seja esclarecido nos próximos relatórios se os parâmetros ambientais considerados foram satisfatoriamente amostrados, já que não foram coletados em todas as campanhas, e se seria possível considerar para essas análises dados coletados por outros anexos. Embora o estabelecimento de uma linha de base tenha sido prejudicado pela escassez de estudos pré-evento, a consideração adequada de tais parâmetros pode contribuir para o entendimento dos efeitos da lama de rejeitos sobre a ictiofauna.

4.2.10 - RT-25: Anexo 7 - Marinho

4.2.10.1 Avaliação das informações apresentadas para os subprojetos:

No que se refere às “Armadilhas luminosas” para peixes estuarinos, a informação de que duas campanhas de campo foram realizadas para

coleta de pós-larvas ocorrendo na estação chuvosa com duração de 15 dias e na estação seca tendo duração de 12 dias (página 45), causa um pequeno desconforto para a análise, tendo em vista que o ideal seria a mesma quantidade de dias para as duas campanhas até mesmo para um padrão comparativo. A mesma inconformidade foi observada para os peixes recifais, onde a coleta de pós-larvas na estação chuvosa ocorreu com duração de oito dias e na estação seca ocorreu em dez dias.

Encaminhamento: Inserir justificativas/esclarecimentos sobre as diferentes durações (quantidade de dias) das campanhas, garantindo não haver prejuízos futuros. Esta questão deverá ser discutida na Revisão do PMBA, a justificativa deverá ser apresentada no próximo relatório e o período deve ser ajustado nas próximas campanhas.

No quadro 3, apresentado nas páginas 82 à 86, não consta os nomes populares/comuns das espécies, assim como na tabela 7 (páginas 88 à 92), tabela 8 (páginas 94 à 98), tabela 9 (páginas 100 à 103), tabela 10 (páginas 105 à 107) e tabela 11 (páginas 109 à 113).

Encaminhamento: Consideramos pertinente inserir o nome popular/comum das espécies nas tabelas e quadros presentes no relatório.

Nas legendas das figuras e tabelas apresentam alguns problemas como por exemplo, na página 114, figura 16, onde a última frase da legenda “a área azul representa o período chuvoso” não condiz com o observado no gráfico, semelhante ao ocorrido nas figuras 17 e 18 das páginas 115 e 117, respectivamente.

Outro exemplo é a ausência dos significados das siglas na legenda, como nas tabelas 12 à 30 (com exceção da tabela 14) pertencentes às páginas 114, 115, 117, 118, 123, 127, 129, 131, 133 e 135. Também observado nas figuras 74 e 75, páginas 245 e 247 respectivamente, onde as siglas de 16 espécies não foram apresentadas nas legendas, prejudicando a interpretação dos resultados nos gráficos. Semelhante às páginas 280, 281, 283 e 284, as figuras 93, 94, 95, 97 e 98 e a tabela 93 da página 284, que possuem siglas com significados ausentes nas legendas.

Encaminhamento: Verificar e ajustar equívocos nas legendas de figuras e tabelas.

Na tabela 69 “Espécies de peixes estuarinos amostrados por localidade” apresentada na página 248, o somatório está equivocado, tendo em vista que o N total é 1153 e não 1182 conforme descrito na tabela.

Encaminhamento: Verificar dados e ajustar equívoco na tabela.

No item “Telemetria acústica”, página 268, cita que “nos rios Doce e São Mateus, houve 4 e 3 indivíduos marcados, que nunca foram detectados”, entretanto não apresenta esclarecimentos a respeito desta perda, causando preocupações aos resultados. Seria importante informar a normalidade deste ocorrido comparado a outros estudos semelhantes, assim como citar a justificativa mais apropriada para a não detecção destes animais e apontar se há possíveis prejuízos aos resultados. Ao ser questionado, o Prof. Maurício Hostim esclareceu todas as questões.

Algo semelhante ocorreu com os peixes recifais, mas no primeiro parágrafo da página 279 houve um equívoco, onde na primeira frase “Dos 16 indivíduos marcados, temos informações de movimentação de 15 deles.” informa que apenas um indivíduo não foi detectado, entretanto na última frase do mesmo parágrafo “Os dois indivíduos que nunca foram detectados ou morreram após o procedimento de implantação do tag, ou se moveram para fora da malha de detecção instalada.”, diverge a quantidade de indivíduos que não foram detectados.

Encaminhamento: Verificar dados e ajustar equívoco no texto, além de apresentar esclarecimentos/informações a respeito dos indivíduos marcados e não detectados, para dar confiabilidade e despreocupação à integridade dos resultados finais. A Planilha de dados apresentada não traz os dados brutos do Anexo, mas sim os dados trabalhados/calculados. Cada linha da planilha deve indicar um indivíduo e não uma espécie como foi apresentada.

Encaminhamento: Apresentar corretamente a Planilha de dados brutos.

Os esclarecimentos a respeito dos indivíduos não detectados e os dados brutos deverão ser apresentados no próximo relatório.

4.2.10.1.1 - Aderência ao TR4, Plano de Trabalho da RRDM e Nota Técnica nº 08/2019/CTBio/DIBIO/ICMBio

4.2.10.2 - Encaminhamentos de alterações ou complementações

Justificar a não realização dos estudos reprodutivos e de ecologia trófica destacados acima, ou no caso de terem sido realizados, justificar a não apresentação destes neste relatório. Em caso de não terem sido realizados, os estudos deverão ser acrescentados ao monitoramento. Os resultados deverão ser apresentados no próximo relatório. Caso não tenha sido possível a realização dos mesmos, deverá ser apresentada a justificativa para isso e a questão deverá ser discutida na Revisão do PMBA.

4.2.10.3 Análise Geral

Os estudos relacionados à ictiofauna marinha apresentaram resultados bastante relevantes para a determinação dos impactos da lama de rejeitos na foz do rio Doce e nos estuários e ambientes adjacentes analisados. Infelizmente, a escassez de dados pretéritos na região e o início tardio dos monitoramentos prejudicaram em parte a determinação de quais impactos foram gerados por processos anteriores ao rompimento da barragem e quais foram causados após o desastre. Diante desse contexto, a extensão da área amostral para outros estuários e regiões mais distantes da foz do rio Doce foram fundamentais para estabelecer parâmetros de comparação entre ambientes mais distantes e, portanto, menos impactados, com os ambientes mais próximos ao ponto de contato da lama de rejeitos com o mar.

A foz do rio Doce, em comparação com os demais estuários monitorados apresentou os menores valores médios de abundância, riqueza

e diversidade. A nível de população, as áreas estudadas apresentaram maior dominância de espécies resilientes como o bagre *Genidens genidens*, porém a foz do rio Doce apresentou uma frequência maior dessas espécies. Quanto a abundância de um dos principais recursos pesqueiros da região, o camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) não foram detectados quedas na abundância, que permaneceu elevada na foz do rio Doce, mas sua ocorrência exatamente nas áreas de deposição de sedimentos mais finos indica que este recurso está sujeito a maiores índices de contaminação e consequentemente de todos os níveis tróficos superiores que se alimentam dessa espécie.

As análises de isótopos estáveis de seis espécies estuarinas indicam que as mesmas sofreram mudança de nicho isotrópico e perda de diversidade associada quando comparados com dados imediatamente anteriores à chegada da lama na foz. Os estudos da variação espacial do fator de condição mostraram que a condição corporal das espécies coletadas foi menor nos rios Doce e Ipiranga, variando inversamente com a altas concentrações de metais como ferro, manganês, cromo entre outros encontrados no sedimento.

Os estudos de telemetria com espécies de robalo (*Centropomus* sp.) indicaram diferenças no seu comportamento entre os rios Doce e São Mateus. No rio São Mateus a espécie apresentou padrão mais disperso enquanto que na foz do rio Doce os indivíduos foram detectados apenas nas áreas de canal mais profundas e com maior fluxo hidrológico e consequentemente menor deposição de sedimentos. Outro fato observado foi que na foz do rio Doce não foram observados indivíduos seguindo a montante da foz. Historicamente os pescadores já registravam que devido ao assoreamento do rio Doce a subida dos robalos a pontos mais acima do rio estava diminuindo, porém a mesma ainda vinha ocorrendo. A presença da lama de rejeitos na calha do rio pode estar causando uma modificação na migração da espécie rio acima, levando a impactos negativos em sua reprodução e recrutamento.

Na ictiofauna recifal, houve perda de diversidade genética em pelo menos três espécies nas áreas próximas à foz do rio Doce e APA Costa das Algas. Os estudos de telemetria com espécies recifais também indicaram modificações comportamentais em algumas espécies quanto a seus habitats, essas modificações podem estar relacionadas ao impacto causado pela pluma de sedimentos que pode estar afetando o crescimento dos corais ou a outros impactos como o branqueamento e ainda um efeito sinérgico dos dois fatores. A nível de comunidade houve diminuição na abundância, índices de diversidade, riqueza e composição de espécies na área da APA Costa do Corais quando comparada com outras regiões monitoradas consideradas como áreas controle. Também foram encontrados menores abundâncias e riqueza de espécies na foz do rio Doce em comparação com outras áreas estudadas.

Como já foi dito, apesar da dificuldade em se encontrar na literatura dados de estudos para comparar com os resultados obtidos até o momento, a malha amostral possibilitou a comparação entre áreas com diferentes níveis de impactos causados pela pluma de rejeitos e quase todas as análises indicaram impactos mais significativos na região da foz do rio Doce e proximidades, como a APA Costa do Corais. Para que possamos compreender melhor os impactos sobre a ictiofauna marinha e estuarina é necessário que o monitoramento iniciado prossiga por mais alguns anos para avaliarmos como o ambiente na foz do Rio Doce vai se adaptar aos impactos causados pela pluma de rejeitos.

4.2.11 - RT 26: Anexo 8 – Sedimentação em Abrolhos

4.2.11.1 - Análise do subprojeto: Sedimentação no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e região:

O presente subprojeto tem como principal objetivo realizar a análise sedimentológica, com uso também do sensoriamento remoto, a fim de caracterizar a assinatura geoquímica dos sedimentos coletados da coluna d'água, quanto a chegada de sedimentos oriundos do rompimento das barragens de rejeitos de minério de Mariana/MG, ou não. 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 do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.

Um importante item a se considerar para a análise dos resultados é que na região do Parque Nacional, além de apresentar alta turbidez natural, apresenta um processo de dragagem costeira para navegação no Canal do Toma (empreendimento licenciado pelo IBAMA) e que pode apresentar tanto um efeito sinérgico com outras fontes de sedimentação que atuam na região, bem como pelas técnicas de monitoramento empregadas, poderia gerar dados/ informação/ tecnologia de análise que permita diferenciar contribuições entre dragagem, plumas sedimentares de rios que contribuem na região, ressuspensão por frentes frias e pluma de sedimentos da Samarco. O refinamento das análises do Relatório considerando tais apontamentos é de suma importância para compreender a dinâmica sedimentar na região.

Em relação a Metodologia apresentada, alguns pontos merecem justificativas e/ou revisão dos autores para apresentação no próximo relatório, com destaque para::

- Dos 05 pontos apresentados, apenas 03 destes pontos incluem o polígono do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Outros 02 pontos localizam-se na APA Estadual Ponta da Baleia/Abrolhos e Zona de Amortecimento da RESEX Cassurubá. Assim, recomenda-se que em todas as figuras de resultados e métodos apresentadas destaque os polígonos dessas outras Unidades de Conservação citadas;
- Importante ser melhor destacado o que os autores consideram como áreas costeiras e se a calibração buscada contemplou ou não todos os pontos amostrados, e se isso trouxe alguma limitação para as análises na região, pois toda a área amostrada é considerada área costeira, uma vez que encontra-se sobre a plataforma continental, ainda que mais isolada da costa (como no caso dos pontos de amostragem localizados no polígono referente ao Parque Nacional Marinho dos Abrolhos);
- Em relação ao apresentado na Figura 8: o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos encontra-se localizado sobre principal influência da Bacia Hidrográfica dos Rios Peruípe, Itanhem e Jucuruçu, inclusive havendo instituído um Comitê de Bacia Hidrográfica específico para a área em questão. Seria importante ser justificado qual critério para seleção dos rios Peruípe, Alcobaça (Itanhem) e Mucuri como principais. Como já citado, destaca-se também a necessidade de incluir os limites das demais UCs que estão na

região de estudo. Tal fato também deveria ser levado em consideração para análises médias da precipitação e ventos que atuam na região e demais parâmetros utilizados como referência para as análises;

- Como justificativa para realização da “ANÁLISE DE ISÓTOPOS RADIOGÊNICOS”, na página 25, 2ª oração, do 1º parágrafo, considerando o escopo dos pontos amostrados seria importante incluir que além da ferramenta contribuir para análise dos impactos nas UC's, as informações geradas também podem contribuir para entendimentos dos riscos para saúde pública e segurança alimentar, considerando a grande importância da pesca artesanal e turismo na região de estudo.

No item Resultados são tecidas as seguintes considerações:

- De uma maneira geral figuras, tabelas e descrições de resultados pouco interpretaram o que os dados apresentados significaram frente ao objetivo do estudo de avaliar a sedimentação no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e região. Recomenda-se que para cada conjunto de dados, tabelas e figuras apresentadas uma análise sintética seja inserida a fim de entender o que cada variável, de cada método empregado, contribui para atingir o objetivo do monitoramento. **Solicitamos que tal análise seja apresentada no próximo relatório;**
- Não ficou claro pelos RESULTADOS apresentados no item “4.4. ANÁLISE ISOTÓPICA”, se o MÉTODO empregado foi suficiente ou não para se ter um entendimento conclusivo da chegada de sedimentos contaminado por aqueles metais constituintes da lama de rejeitos das barragens de Mariana/MG sobre a região. **Solicitamos que tal análise seja apresentada Solicitamos que tal análise seja apresentada no próximo relatório;**
- Quanto aos dados apresentados no item 2.4., sugerimos que esses dados sejam apresentados no formato de tabela para facilitar o entendimento. **Solicitamos que no próximo relatório a ser entregue a apresentação siga o solicitado neste item;**
- Figura 17: incluir limites municipais e das UC's. **Solicitamos que no próximo relatório a ser entregue a apresentação siga o solicitado neste item;**
- Figura 22: indicar também a estimativa de chegada em Abrolhos pelo Ibama, além da indicação do colapso da barragem; e melhorar a legenda da figura descrevendo o que é R1?R2?R3?; **Solicitamos que no próximo relatório a ser entregue a apresentação siga o solicitado neste item;**
- Tabela 2, p. 66 e demais: substituir os CÓDIGOS apresentados por ponto amostral pelo NOME DO PONTO da amostra pelo nome do ponto; seria interessante também utilizar ferramentas da geoestatística para ver os resultados de forma especializada (para os principais elementos); não ficou claro se os campos referem-se a períodos de coleta diferentes, e caso positivo, ao invés de campo poderia colocar as datas das amostras realizadas. **Solicitamos que tal análise seja apresentada no próximo relatório;**
- Página 70: apresentar resultados de forma especializada. **Solicitamos que tal análise seja apresentada no próximo relatório;**
- Página 80: esclarecer se a amostragem trata-se do estuário do rio Caravelas ou Rio Peruípe (cuja foz encontra-se no município de Nova Viçosa). **Solicitamos que tal informação seja apresentada em no próximo relatório;**
- Figura 53: incluir shape das outras UCs. **Solicitamos que tal informação seja apresentada no próximo relatório;**
- Página 83, Tópico 4.3. recomenda-se que essa análise integrada fique junto com o mesmo tópico, mais acima (dentro da seção de resultados para facilitar o entendimento, ou trazer toda a discussão para esse tópico - importante considerar o dado de volume dragado na discussão (dragagem do canal do tomba em caravelas) - licenciada pelo Ibama. **Solicitamos que tal informação seja apresentada no próximo relatório;**
- Figura 57: figura importante, mas de difícil entendimento; sugestões para melhorar legenda: indicar significados dos polígonos rosa, verde e azul com a mesma cor do polígono; maior diferenciação de cores e formas entre os pontos no gráfico, principalmente considerando o antes e o depois da lama; para alguns pontos tem nome e para outros códigos...padronizar. **Solicitamos que tal informação seja apresentada no próximo relatório.**

4.2.11.2 - Considerações finais sobre as condições de atendimento:

Os resultados apresentados para o primeiro ano atendem parcialmente o previsto no TR4, uma vez que não foram instaladas boias para monitorar, em tempo real, a variação da turbidez da água do mar no arquipélago de Abrolhos e permitir comparações com imagens de satélite, nem foram apresentadas análises correlacionando a sedimentação nos ambientes recifais com a vitalidade dos corais. **Solicitamos que tais informações sejam claramente justificadas e apresentadas e que tais dados e análises componham o próximo relatório anual.**

4.2.11.3 - Considerações finais sobre a continuidade do monitoramento (revisão do Termo de Referência 4 - TR4/2016):

Concordamos com os autores quanto a importância de replanejar do monitoramento em questão, levando em consideração o apontamento dos autores para buscar novos métodos para mensurar impactos na biota marinha local, em especial, análises sobre “bioacumulação de metais e isótopos dissolvidos nas espécies de corais no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e região.

Importante que para a revisão do PMBA sejam incluídas amostragens no Recife de Timbebas, que compõe um dos polígonos que formam

o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.

A fim de ampliar a possibilidade integrada entre os diversos subprojetos envolvidos no TR4, também recomendamos que as amostragens devem coincidir com ambientes recifais amostrados em outros subprojetos, como o previsto no Anexo 3.

4.2.12 - RT 27: Integração Abiótica dos Ambientes

O relatório apresenta a integração das informações abióticas levantadas durante o Programa de Monitoramento da Biota Aquática (PMBA). O relatório traz informações importantes sobre os processos meteorológicos e hidrológicos que atuam na dispersão dos contaminantes oriundos da lama de rejeitos. O relatório é bem sucedido ao utilizar mapas para demonstrar de forma didática a distribuição espacial e o percentual de conformidade aos valores de referência de diversos contaminantes nas matrizes água, sedimento e solo.

Sugiro para o próximo relatório que as figuras 1 e 2, assim como as figuras 1 a 9 do apêndice expresse o número de campanhas realizadas em cada ponto, de forma análoga a utilizada na figura 10 (dentre outras). Caso o número de campanhas seja o mesmo para todos os pontos, expressar essa informação no texto.

A figura 9 e o texto que a precede refere-se a critérios mineralógicos e químicos/geoquímicos, contudo não é apresentado no referido relatório a definição de tais critérios, como foi feito no Anexo 3 – Análise abiótica e biótica no Ambiente Marinho Discussão Integrada (RT - 19K), ou seja, “*Critério Mineralógico: Aumento de volumes totais de fases minerais de ferro (hematita, magnetita, grenalita-T, magmista e goethita), aumento da susceptibilidade magnética dessas fases minerais e aumento dos teores de óxido de ferro (Fe_{total}) no sedimento de fundo em comparação aos dados pretéritos; Critério Geoquímico: é baseado nas concentrações dos seguintes metais: Ni, Cu, Pb, Cr, Fe, Al, Mn, Zn.*”. Assim sugiro para o próximo relatório inserir no texto da definição de tais critérios.

Nas figuras 12 e 13, aparecem as siglas: AET; TEL; PEL; VRQ e VP, contudo no texto não são apresentados a definição de tais siglas. Assim sugiro para o próximo relatório definir no texto cada uma das siglas e elaborar tabela que apresente tais valores de referência para cada matriz e contaminante.

Nas figuras 15 a 20 são do apêndice são usados os termos agudo, crônico e normal e nas figuras 21 a 24 são usados os termos PEL TEL e Normal. Assim sugiro para o próximo relatório a uniformização e definição dos termos.

Encaminhamentos: i) inserir número das campanhas realizadas as figuras 1 e 2, assim como as figuras 1 a 9 do apêndice; ii) definir os critérios mineralógicos e geoquímicos; iii) definição das siglas dos valores de referência: AET; TEL; PEL; VRQ e VP; bem como apresentação de seus valores; iv) padronização do uso dos termos nas figuras do apêndice de 15 a 24.

4.2.13 - RT 28: Integração a partir de Índices Ecotoxicológicos

Para a interpretação dos dados dos estudos ecotoxicológicos foram calculados índices denominados “*Índice de Respostas Integradas de Bioacumulação - IBR acumulação*” e “*Índice de Respostas Integradas de Biomarcadores - IBR*”. Além disso, para uma avaliação temporal das respostas biológicas, foi calculado o “*IBR bioacumulação pretérito*”, destaca-se que não foi calculado o “*IBR biomarcadores pretérito*” devido a ausência de dados pretéritos dessa natureza. Foi informado que o “*IBR bioacumulação pretérito*” foi estimado a partir de dados de bioacumulação de metais obtidos anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão, todavia, conforme informado no item 4.2.2 - RT-17: Anexo 1 – Ecotoxicologia os dados pretéritos utilizados para correlação com alguns grupos de organismos são provenientes de uma literatura, apresentada sem subsídios suficientes para compreensão dos ambientes estudados.

Encaminhamentos: Desta forma, solicita-se esclarecimentos no próximo relatório de como esses índices foram construídos para melhor compreensão por parte do corpo técnico da CTBIO.

4.2.14 RT 29: Integração da Biodiversidade do Ambiente Dulcícola

O relatório informa que a partir de uma análise integrada dos diferentes parâmetros, calculados para os diferentes grupos estudados do ambiente dulcícola, foi possível estabelecer um diagnóstico geral das condições abióticas e bióticas na área monitorada. Porém, no caso da ictiofauna, embora tenha sido selecionado um indicador para a análise da qualidade ambiental, sendo este a razão da biomassa de espécies exóticas sobre a biomassa total das espécies amostradas, este indicador não foi utilizado na análise de integridade biótica das comunidades biológicas, uma vez que a malha amostral do PMBA para a coleta de peixes é diferente daquela utilizada para avaliar os demais grupos de organismos estudados (fitoplâncton, zooplâncton, macrófitas e perifiton).

Assim, as principais conclusões apresentadas pelo Anexo são:

- Há convergência entre os indicadores de integridade biótica, que reúnem informações das comunidades dos principais organismos produtores e consumidores primários no ambiente dulcícola (fitoplâncton, zooplâncton, perifiton e macrófitas), e análises abióticas, sobretudo aquelas associadas à contaminação por metais na água e no sedimento, e com as análises ecotoxicológicas.
- Há evidências claras de impacto negativo e significativo na organização energética entre níveis tróficos basais dos sistemas dulcícolas avaliados, e importantes alterações negativas nas integridades abiótica e biótica dos ambientes.
- Há evidências do envolvimento de metais característicos do rejeito oriundo do rompimento da barragem de Fundão nestes impactos negativos observados na estrutura, composição e funcionamento das comunidades biológicas do baixo rio Doce.

- Especialmente em relação ao sedimento e a biota, a calha principal do rio Doce se apresenta como um *hotspot* de contaminação por metais, nos distintos períodos do ano (seco e chuvoso).
- A calha do rio Doce apresenta também os maiores índices de impactos biológicos, mensurados por meio da resposta de biomarcadores e da toxicidade das amostras ambientais (água e sedimento) para os organismos-teste, bem como através do indicador de integridade biótica.

Conclusão da avaliação do relatório: Os resultados das análises apresentadas no relatório permitem conclusões importantes sobre o estado atual da biodiversidade no ambiente dulcícola e devem ser aperfeiçoadas com a continuidade do monitoramento. Em relação à ictiofauna, é importante que outros parâmetros, além da biomassa de exóticas, sejam considerados em associação a parâmetros ambientais para uma avaliação da integridade biótica.

4.2.15 - RT 30: Integração da Biodiversidade do Ambiente Marinho

O relatório anual apresenta o Anexo de Integração da Biodiversidade do Ambiente Marinho, em que a análise sobre o impacto na megafauna foi realizada baseada no potencial de vulnerabilidade das populações de aves, quelônios e cetáceos, considerando seu habitat e área de alimentação. São apresentados diferentes aspectos relacionados à vulnerabilidade desses organismos para 4 áreas distintas, definidas pelos pesquisadores. Consideramos importante a manutenção da análise integrada nos próximos relatórios.

Com relação à ictiofauna o Anexo relata que as análises de abundância, biomassa e índices ecológicos ao longo dos 12 meses de coleta ainda não são suficientes para indicar diferenças espaciais significativas, mas ressaltam que a diminuição no Índice de Condição Residual (RCI) no estuário do rio Doce foi considerada como um impacto moderado e também destaca mudanças no comportamento migratórios dos robalos nos estudos de telemetria.

4.2.16 - RT 31: Integração da Biodiversidade da Zona Costeira

O relatório anual apresenta também o Anexo de Integração da Biodiversidade da Zona Costeira, que foi dividida em três setores: SETOR A - Terraços de Abrasão (Litoral de Aracruz); SETOR B (Praias Próximas à Foz do Rio Doce) e SETOR C (Litoral Norte da Desembocadura do Rio Doce). Consideramos importante a manutenção da análise integrada nos próximos relatórios.

Encaminhamentos de alterações ou complementações

Para o setor A é informado que as tartarugas *Chelonia mydas* apresentaram baixa diversidade haplotípica, maiores níveis de ectoparasitas, maior prevalência da fibropapilomatose e também sinais de imunossupressão, anemia, pior nível nutricional e maior déficit fisiológico.

Deixar claro no texto se a comparação foi feita com a área controle, dados pretéritos da mesma área ou dados de outras regiões.

4.2.17 - RT 32: Integração nas Unidades de Conservação

O Relatório faz um agrupamento dos principais impactos observados nas Unidades de Conservação (UCs) localizadas na costa do Espírito Santo e região marinha adjacente, que apresentam pontos de monitoramento dentro da malha amostral do PMBA ou bem próximo a seu limite.

A UCs abordadas no relatório foram: Área de Proteção Ambiental de Setiba; Refúgio de Vida Silvestre Santa Cruz e Área de Proteção Ambiental Costa das Algas; Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim; Reserva Biológica de Comboios e Terra Indígena de Comboios; Área de Relevante Interesse Ecológico do Degredo; Área de Proteção Ambiental Conceição da Barra; Parque Nacional Marinho de Abrolhos, Área de Proteção Ambiental Ponta da Baleia/Abrolhos e Reserva Extrativista de Cassurubá.

Pela listagem acima, verifica-se que, além das UCs indicadas, também foi considerada a Terra Indígena de Comboios, denominada de Reserva Indígena. As Terras Indígenas (TIs) não são Unidades de Conservação (UCs), mas são também consideradas elementos componentes do sistema de áreas protegidas do Brasil.

A seguir, apresenta-se uma síntese das avaliações e impactos evidenciados para cada uma das UCs listadas.

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SETIBA

O relatório aponta, para diversos metais, concentrações na água e/ou no sedimento em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005; valores acima dos níveis para efeitos crônicos à biota, seguindo níveis referência estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (*Environmental Protection Agency* - EPA) e pela NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Agency*; presença de metais no músculo de peixes coletados acima do permitido pela resolução ANVISA RDC 42/2013; maior concentração corporal no zooplâncton, alterações na densidades numéricas de fitoplâncton, baixa abundância de organismos zooplancônicos, baixas densidades médias de ovos e larvas de peixes, quando comparados com o período pré-desastre; além da dominância de espécies indicadoras de impacto e presença de larvas de peixes com trato digestório destruído.

No entanto, o relatório considera que por esta UC estar próxima de portos ligados ao comércio de Ferro, os resultados obtidos para a

região se mostram inconclusivos em relação ao impacto causado pela lama de rejeito oriunda do rompimento da Barragem de Fundão e que as evidências de estresse ambiental podem ter outras fontes precursoras, uma vez que a área em questão sofre influência de outras atividades antrópicas realizadas nas regiões metropolitanas de Vitória e Vila Velha, tais como despejo de efluentes domésticos e industriais, dragagem para atividade portuária, entre outros.

REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE SANTA CRUZ E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL COSTA DAS ALGAS

O relatório aponta que a APA Costa das Algas e o RVS de Santa Cruz foram as principais UCs afetadas pelos rejeitos de minério que chegaram à região costeira. Os sinais do impacto puderam ser observados nas concentrações de metais (Ferro, Cobre, Mercúrio, Níquel, Zinco, Alumínio, Manganês) e Arsênio (As) na coluna d'água, nas frações dissolvida e total, e no sedimento. Foram verificados níveis de concentração de metais em não conformidade com os limites estabelecidos pela CONAMA 357/05 e níveis de concentração causadoras de efeitos crônicos e agudos na biota, conforme a EPA. Foi observado o incremento na concentração de metais associado à presença de material lamoso na antepraia e eventual aporte para a praia emersa.

Além de visualmente apresentar material de rejeitos no leito marinho, a análise sedimentológica do material de fundo identifica uma tendência de afinamento da granulometria do sedimento superficial e a presença do sinal mineralógico de terras raras e a presença de aminas associadas ao rejeito. Destaca ainda a possibilidade da ocorrência da ressuspensão de sedimentos, pelo fato de concentrações altas de feopigmentos terem ocorrido principalmente nas amostras de fundo e uniformemente em quase todas as estações amostrais da APA e do RVS.

Para a biota, foram encontradas diversas evidências que demonstram que a área destas UCs está sofrendo influência da lama oriunda do rompimento da barragem, destacando: concentrações acima do permitido pela resolução ANVISA RDC 42/2013 para Arsênio (As) no músculo de camarões e peixes e Cádmio (Cd) no músculo de peixes; aumento da concentração de metais nos tecidos e presença de marcadores biológicos de estresse oxidativo observados para a biota de praias, manguezais costeiros, recifes costeiros, bentos de plataforma; registros de alterações nas comunidades fitoplancônicas (fisiologicamente senescente) e ictioplancônicas (larvas de peixes com trato digestório destruído e baixo recrutamento); diferenças significativas quanto a abundância, riqueza, diversidade, composição e estrutura de algumas populações de espécies de peixes recifais, quando comparado com áreas consideradas controles; aumento expressivo na cobertura de *Sargassum* spp. (tolerantes a sedimentos finos), e redução na cobertura de algas calcárias articuladas e *Caulerpa* spp., além da redução de cerca de 20% na cobertura total de macroalgas; maiores níveis de ectoparasitas e maior prevalência da fibropapilomatose em tartarugas marinhas da espécie *Chelonia mydas*. O relatório destaca ainda que, do ponto de vista ecotoxicológico, amostras de água e sedimento coletadas no REVIS Santa Cruz se apresentaram tóxicas, o que foi verificado através de ensaios de toxicidade padronizados com organismos de diferentes níveis tróficos.

Em síntese, o relatório destaca que os resultados abióticos e bióticos obtidos na APA e RVS são conclusivos quanto ao impacto associado ao rejeito de minério, oriundo do rompimento da Barragem de Fundão e evidencia que os indicadores geoquímicos (água e sedimento), sedimentológicos, ecotoxicológicos e biológicos, na comparação dos resultados com dados pretéritos ao rompimento, não deixam dúvida que a região mais costeira da APA Costa das Algas e o RVS de Santa Cruz estão impactados pelo aporte de rejeito. Ressalta ainda que no entorno destas UCs estão instalados o estaleiro Jurong, o Portocel e a fábrica de celulose Suzano AS, que podem estar contribuindo para o impacto no local.

RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MUNICIPAL PIRAQUÊ-AÇU E PIRAQUÊ-MIRIM

O relatório aponta um aumento, ao longo do primeiro ano do PMBA, no nível de metais acumulados nos tecidos dos caranguejos e que foram observados níveis de Ferro (Fe) e Cromo (Cr) nos tecidos dos caranguejos acima dos relatados na literatura especializada. Também indica correlações positivas entre as concentrações de metais e biomarcadores com danos oxidativos e danos ao DNA. Registra ainda a concentração de Chumbo (Pb) no músculo de caranguejos acima do permitido pela resolução da ANVISA (RDC 42/2013).

Aponta altos níveis de Ferro (Fe) dissolvido na água e de Manganês (Mn), Cromo (Cr), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) no sedimento, evidenciados pelo monitoramento do PMQQS no período 2017-2018, quando comparados àqueles descritos para manguezais considerados como ambientes controle.

Porém, o relatório não traz considerações se estes aspectos observados têm relação com o aporte de rejeitos da barragem de Fundão.

RESERVA BIOLÓGICA DE COMBOIOS E TERRA INDÍGENA DE COMBOIOS

O relatório indicou concentrações de metais na água acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 e incremento nas concentrações de metais e Arsênio ao longo do primeiro ano do PMBA. Na antepraia, registrou concentrações elevadas de metais associados à presença de lama, com eventual aporte de contaminantes para a praia emersa em função da alta exposição à ação das ondas.

Na região marinha adjacente, foi registrado o aumento nas concentrações de nutrientes em mais de 50% das amostras d'água, em relação aos valores de referência pré-desastre, e destacou as elevadas concentrações de Ferro dissolvido e totais ao longo do monitoramento, indicando o contínuo impacto dos rejeitos nesta região.

Registrou aumento nos níveis corporais de Arsênio, Ferro e outros metais e de metalotioneína em organismos que compõem a fauna das praias da região, ao longo do período amostral, e aumento de indicadores de mortalidade de organismos bentônicos de sedimento

inconsolidado na área marinha confrontante.

Na vegetação de restinga, principal ambiente da REBIO Comboios e da Terra Indígena de Comboios, registrou indicadores importantes de alteração, com modificações morfo-estruturais na vegetação, aumento da razão lignina:hemiceluloses, redução de espessura de folhas, alterações na fotossíntese e metabólitos primários e alta relação entre teores de clorofila e concentração foliar de Ferro, clorose e reduções nos teores de clorofila nas formações arbustivas e arbóreas, com comprometimento na capacidade de recuperação.

O mapeamento na região da foz do rio Doce registrou a extensa presença de lama fluida, indicando a presença do sinal mineralógico associado ao rejeito, com tendência de afinamento da granulometria do sedimento superficial, bem como aumento nos teores de metais (principalmente Fe e Al) quando comparadas com dados pré-rompimento da barragem.

Como a região marinha confrontante à REBIO e TI é uma área de uso e ocupação intensiva de pequenos cetáceos residentes, o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e a toninha (*Pontoporia brainvillei*) e de aves migratórias da família Sternidae, que a usam como local de alimentação e criação, o relatório destaca a alta sensibilidade a impactos crônicos devido à presença de acumulação de lama de rejeitos na plataforma interna, oriunda do rompimento da barragem de Fundão. Também indicou impactos em tartarugas marinhas das espécies *Dermochelys coriacea* e *Caretta caretta*, principais alvos de conservação da REBIO Comboios, como o aumento nos níveis corporais de metais, redução da condição imunológica e alterações oftalmológicas não relatadas em outras partes do país.

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO DO DEGREDO

O relatório registra, no ambiente praial desta UC, o aumento nas concentrações de Arsênio e metais na água e no nível corporal de Arsênio, metais e de metalotioneínas em organismos da fauna desses ambientes, bem como identificada a redução da riqueza e diversidade da macrofauna bentônica. Registra ainda altos teores de lama, metais e minerais pesados na praia e antepraia.

Quanto as amostragens realizadas na plataforma continental adjacente, que apesar de não abranger a UC está associada ao contexto da área, podendo influenciá-la, foi encontrada a assinatura do rejeito de minério (elementos terras raras) no material particulado em suspensão e no sedimento, bem como o afinamento da granulometria do sedimento superficial e a presença do sinal mineralógico associado ao rejeito. Foram ainda registradas alterações nas concentrações de sílica e nutrientes, em relação aos valores de referência pré-desastre e verificados elevados níveis de Ferro (Fe) e Cobre (Cu) dissolvidos, acima dos estabelecidos pela CONAMA 357/05, bem como níveis de concentração de diversos metais, hidrocarbonetos alifáticos e HPA, acima dos observados em 2016, apontados como indicativo da contínua influência do rejeito na região de Degredo.

Em relação à biota da plataforma, foram registradas larvas de peixes com o trato digestório destruído, densidade baixa de ovos e larvas ictoplantônicas, alteração na densidade numérica do fitoplâncton e na comunidade de zooplâncton e aumento nos indicadores de mortalidade de fauna bentônica.

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CONCEIÇÃO DA BARRA

Em relação aos caranguejos dos manguezais da UC, o relatório registra, ao longo do período amostral do PMBA, incrementos nas concentrações de Ferro (Fe) e Zinco (Zn) e maiores níveis de danos oxidativos nos tecidos. Também registra para os caranguejos, nível de Ferro acumulado no hepatopâncreas e brânquias, nível de Cromo acumulado nos tecidos, níveis de proteínas carboniladas (PCO) e metalotioneína, acima das médias relatadas na literatura. Registra também, nos sedimentos dos manguezais, concentrações de Ferro, Manganês, Cromo e Zinco maiores do que aquelas observadas em manguezais considerados como ambientes "controle".

Para a vegetação de restinga, foram detectadas evidências de impacto relacionadas a modificações morfo-estruturais, como o aumento da espessura das folhas e dos teores de hemicelulose em plantas presentes nas formações herbácea, arbustivas e arbóreas, e alterações na chamada "maquinaria fotossintética" das plantas analisadas que indicam alterações persistentes que apontam estresse fisiológico.

Quanto às condições da plataforma continental adjacente, que apesar de não ser abrangida pela APA está associada ao contexto regional da qualidade da água e da integridade da biodiversidade na região, foram encontradas evidências de incremento na mortalidade de organismos bentônicos e os valores de sílica e nutrientes na água e as concentrações no sedimento de Arsênio, Ferro e outros metais estão mais elevados do que em relação aos valores de referência pré-rompimento. Além disso, foi observada a assinatura do rejeito de minério (elementos terras raras) no material particulado em suspensão e no sedimento nas imediações marinhas desta unidade de conservação. Em relação às formações recifais na plataforma, foi observada a presença de sedimentos terrígenos aportando esses recifes e não foi verificado o recrutamento de corais na área.

PARQUE NACIONAL MARINHO DE ABROLHOS, ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PONTA DA BALEIA/ABROLHOS E RESERVA EXTRATIVISTA DE CASSURUBÁ

O relatório destaca que essas três UCs apresentam um mosaico de ecossistemas costeiros e marinhos da maior importância para a biodiversidade e manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Destaca, para o ambiente de manguezal e apicuns, que a análise temporal dos dados do PMBA e comparações com dados da literatura evidenciaram maiores níveis de acumulação de Ferro e outros metais nos tecidos de caranguejos, maiores níveis de lipoperoxidação, de metalotioneína e danos oxidativos em lipídeos no hepatopâncreas e de proteínas carboniladas no músculo de caranguejos. Registra altos níveis de Ferro dissolvido na água e de Ferro, Manganês, Cromo e Zinco no sedimento, quando comparados àqueles observados para manguezais considerados como ambientes "controle".

Na região marinha, em relação à legislação vigente, destaca concentrações de Mercúrio total e Ferro dissolvido na água acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005. Destaca também maiores níveis corporais de Chumbo, Cádmio e Ferro no zooplâncton e maiores níveis de metalotioneína, dano oxidativo em lipídios e maior atividade de enzimas envolvidas no metabolismo de metais no fitoplâncton, quando comparados com dados pretéritos pré-rompimento da barragem.

Para os resultados das análises de química da água, registra que foram evidenciados aumentos nas concentrações de metais e Arsênio (As) em todas as frações comparadas aos níveis encontrados anteriormente ao monitoramento e que eventos cíclicos acarretaram no aumento de concentração de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), aminas e ácidos graxos. Destaca ainda, apesar de indicar que esta análise não foi conclusiva, que foi observada presença do sinal mineralógico no sedimento associado ao rejeito na porção mais próxima a costa.

Em relação à comunidade fitoplanctônica, o relatório registrou oscilações significativas na densidade numérica de fitoplâncton inversas às concentrações de feopigmentos, em quase todas as estações e profundidades amostradas, o que indica um ambiente exposto a um maior estresse ambiental, destacando que o efeito do impacto destas alterações na região das UCs de Abrolhos parece ter sido menor e mais tardio do que em áreas mais ao sul, mas ainda inconclusivos por terem sido feitas apenas duas campanhas. Quanto ao zooplâncton, registrou índices de diversidade baixos, mas que são comuns para a região de Abrolhos e que a área pode também receber influência antrópica com origem no estuário do Rio Caravelas, além da atividade de dragagem que ocorre no canal do Tomba.

Quanto às comunidades recifais de Abrolhos, informou que a análise do conjunto dos dados pré e pós rompimento não permite atribuir a variação observada na estrutura de comunidades diretamente ao evento de rompimento da barragem de Fundão. Registra ainda que, embora exista confirmação da chegada da lama ao arquipélago de Abrolhos, não foram verificados efeitos ou impactos diretos detectados em relação a assembleia ou populações da ictiofauna recifal. Quanto à avifauna, o relatório destacou que é possível inferir que as aves marinhas que se reproduzem em Abrolhos estão utilizando as áreas atingidas pelos rejeitos para alimentação, o que indica uma vulnerabilidade destas espécies.

Síntese das análises do relatório:

O relatório aponta uma condição de contaminação por diversos metais e substâncias presentes nos rejeitos da barragem de Fundão, em níveis de ocorrência e concentração variáveis, em todas as UCs avaliadas, tanto nos ambientes marinhos, quanto em manguezais e restingas e também diversos indicadores biológicos de impactos decorrentes de ações antrópicas.

Mas as análises de relação destes impactos com o desastre de rompimento da barragem de Fundão são apontadas como consistentes e comprováveis, principalmente para a APA Costa das Algas, RVS de Santa Cruz e REBIO de Comboios, destacando que as duas primeiras foram as principais UCs afetadas pelos rejeitos de minério que chegaram à região costeira.

Para a APA de Setiba e para as UCs da região de Abrolhos (Parque Nacional Marinho de Abrolhos, Área de Proteção Ambiental Ponta da Baleia/Abrolhos e Reserva Extrativista de Cassurubá), o relatório argumenta que os impactos de origem antrópica observados, apesar de significativos, ainda são inconclusivos quanto à suas relações com os rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, em função da possível relação com outras fontes de impactos decorrentes de outras atividades humanas.

Para as demais UCs analisadas, o relatório aponta a existência de relação entre os impactos observados e a incidência dos rejeitos do rompimento da barragem de Fundão, porém em número de indicadores menos significativos e incidindo em menos grupos biológicos que os das três primeiras UCs citadas nesta síntese.

Cabe o registro de que a análise realizada, agrupando diferentes UCs situadas numa mesma área, em especial no caso da APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz e das UCs da denominada “Região de Abrolhos”, dificulta uma melhor compreensão de quais impactos incidem sobre cada UC, o que é bastante relevante frente aos processos que serão necessários para a futura adoção de ações de reparação e mitigação dos referidos impactos em cada UC.

Por fim, cabe também o destaque de que na região abrangida pelo PMBA, na porção capixaba do rio Doce e região marinha alcançada pela pluma de rejeitos do acidente da Samarco, existem outras unidades de conservação não contempladas no relatório do PMBA, mas que integram a relação de UCs a serem avaliadas pela cláusula 181 do TTAC, que não foram avaliados pela ausência de pontos amostrais em seu interior ou proximidade de seus limites.

Considerando que a estratégia de avaliação de impactos do desastre da Samarco sobre as UCs e a subsequente implementação de ações reparatórias e mitigadoras desses impactos, pressupõem a otimização das estratégias metodológicas por meio da absorção de dados gerados em outros programas do TTAC, em especial a cláusula 165, como consta no Plano de Trabalho para a cláusula 181 aprovado pelo CIF, evidencia-se a relevância de manutenção de uma malha amostral do PMBA que contemple as UCs potencialmente afetadas pelo desastre na área de abrangência deste Programa, ou que possam refletir para cada UC as flutuações dos parâmetros e indicadores analisados, para que as avaliações relativas à cláusula 181 possam ter a necessária robustez, tanto na definição dos impactos incidentes, quanto na avaliação e monitoramento das futuras ações reparatórias e mitigatórias.

4.2.18 - Gestão de Dados

Não consta no Relatório Anual apresentado, as informações sobre este assunto.

Paralelamente à entrega do relatório Anual do PMBA, a Rede Rio Doce Mar disponibilizou à CTBIO os dados brutos gerados nos estudos, que estão armazenados no ambiente virtual “Dropbox” em formato de planilhas.

Os dados brutos sobre a biodiversidade encontrada atendem ao solicitado no TR4 e na NT Nota Técnica nº 11/2017/DIBIO/ICMBio, estando em padrão Darwing Core, com exceção dos dados referentes ao Anexo 7 marinho. Estas planilhas inconformes deverão ser reapresentadas imediatamente à CTBIO em complementação.

Entretanto, não foi disponibilizado à CTBIO e ao Sistema CIF nem pela Rede Rio Doce Mar e nem pela Fundação Renova o Sistema de Gestão de Dados de Biodiversidade. A RRDM apresentou em em Junho de 2019 a proposta de Plano de Gestão de Dados para os cinco anos do Programa de Monitoramento PMBA. O documento foi aprovado pela CTBIO. Atualmente somente foi apresentado à CTBIO o acesso ao Armazém de dados no Dropbox. Deverá ser imediatamente apresentado à CTBIO os produtos previstos no Plano de Gestão de Dados da RRDM para o segundo ano do PMBA, conforme cronograma apresentado.

Quanto ao sistema de Gestão de Dados para a Cláusula 165 do TTAC e dos Programas de conservação da biodiversidade que a CTBIO acompanha, ainda não foi iniciado pela Fundação renova, descumprindo o solicitado no TR4.

A Deliberação CIF nº 347, de 19 de novembro de 2019, Aprova o Plano de Trabalho do Sistema de Gestão de Dados gerados na Cláusula 165 do TTAC nos termos da Nota Técnica nº 28/2019/CTBIO/DIBIO/ICMBIO e estabelece que:

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.

Na 41ª Reunião ordinária da CTBIO a Fundação Renova apresenta um cronograma alternativo para atendimento à Deliberação CIF 347/2019, mas os membros da CTBIO não consideraram-no razoável e que um prazo de 1 ano e 9 meses para iniciar o projeto, extrapola todos os prazos, fugindo da razoabilidade quanto a espera. O MPF solicitou que deve ser encaminhado ao CIF para uma cobrança mais imediata e que a Fundação Renova atenda a Deliberação.

Após este momento, nenhum novo produto do documento foi entregue pela Fundação Renova, descumprindo a Deliberação CIF 347/2019.

A falta deste Sistema de gestão de dados não nos permite analisar os dados de uma forma mais aprofundada e mais dinâmica, de forma que não é possível a realização do cruzamento destes dados com outras informações geradas em outros programas do TTAC como o PMQQS (Programa de monitoramento Quali Quantitativo de Água e Sedimento), de monitoramento da pesca e de impactos socioeconômicos. Sem este Sistema de gestão de dados o sistema CIF também fica impedido de acompanhar o andamento dos estudos, de divulgar amplamente à sociedade brasileira e mundial os dados e informações geradas pelos programas de biodiversidade.

5. CONCLUSÃO E/OU PROPOSIÇÃO

O Relatório Anual do PMBA traz o registro do monitoramento das condições ambientais e da biodiversidade na Área Ambiental I, indicando os impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão nos ambientes aquáticos nesta área, atendendo ao solicitado no TR4 e suas alterações. Também apresenta a extensão territorial destes impactos.

A presente Nota Técnica vem apresentar ao Comitê Interfederativo - CIF a avaliação do Relatório Anual (2018/2019) do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente, elaborado pela Rede Rio Doce Mar (RRDM)/FEST/UFES e entregue pela Fundação Renova em 19/11/2019 - OF.NII.112019.8380.

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;
- Apontamento de eventuais dados que necessitem complementações de informações e/ou alterações para serem solicitados à RRDM e Fundação Renova;
- Apontamento ao CIF de direcionamentos quanto aos impactos do desastre associados ao rompimento da barragem de Fundão na biodiversidade e nos habitats estudados;

Diante desta análise, a CTBio entende que o Relatório Anual do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA) atende o estabelecido no Termo de Referência 4 e suas alterações, bem como no Plano de Trabalho apresentado.

Tendo em vista a complexidade do presente Programa, tanto do ponto de vista da diversidade, profundidade e ineditismo das análises, como de sua extensão territorial, abarcando distintas regiões, compartimentos ambientais e realidades, é compreensível que alguns Subprojetos do PMBA tenham atingido seu objetivo parcialmente. Além disso, o relatório traz dados de apenas 1 ano de amostragem, o

que é insuficiente para se ter clara resposta para todas perguntas do TR4.

As necessidades de complementações, correções de informações e esclarecimentos dos pontos destacados ao longo desta Nota Técnica deverão ser apresentadas no próximo relatório anual do PMBA, conforme indicado no texto desta Nota Técnica para cada Anexo e Subprojeto.

Em síntese, constatou-se uma resposta direta da biota às forças físicas e químicas introduzidas nos ambientes, pelo derrame de rejeito da barragem rompida, bem como uma variabilidade temporal e espacial de índices e indicadores de impacto que refletem a qualidade do ambiente da biota associada.

Os critérios para a análise de indicadores e de interpretação quanto às condições ambientais, foram definidos com base na comparação com dados pré-rompimento da barragem, dados pré-PMBA e pós-rompimento da barragem, valores de referência estabelecidos pela legislação brasileira ou internacional e comparação com dados de literatura.

A constatação dos impactos do rejeito, em muitos casos, não necessita de comparações com dados pretéritos ao rompimento da Barragem de Fundão, já que só a presença física do rejeito evidencia impactos no meio ambiente. Inclusive, os órgãos ambientais envolvidos na análise do desastre já emitiram vários documentos técnicos apontando impactos, desde o rompimento da Barragem de Fundão até agora. Este relatório anual do PMBA amplia enormemente o conhecimento da amplitude, gravidade, persistência e efeitos destes impactos ao longo do tempo.

Considerando que este estudo abarca apenas a porção capixaba do Rio Doce e área marinha adjacente, conclui-se também pela importância de olhares distintos para o ambientes de água doce, costeiro, e marinho, tendo em vista o comportamento distinto do rejeito nos três ambientes, assim como as forças que atuam de forma diferencial, sendo os períodos secos e chuvoso para as águas interiores, e ainda as frentes frias e fenômenos metaoceanográficos nas porções costeira e marinha.

Ambiente Dulcícola

- Há evidências claras de impacto negativo e significativo na organização energética entre níveis tróficos basais dos sistemas avaliados, e importantes alterações negativas nas integridades abiótica e biótica dos ambientes.
- Há evidências do envolvimento de metais característicos do rejeito oriundo do rompimento da barragem de Fundão nestes impactos negativos observados na estrutura, composição e funcionamento das comunidades biológicas.
- Especialmente em relação ao sedimento e a biota, a calha principal do rio Doce se apresenta como uma área de maior impacto pela contaminação por metais, nos distintos períodos do ano (seco e chuvoso).
- A calha do rio Doce apresenta também os maiores índices de impactos biológicos, mensurados por meio da resposta de biomarcadores e da toxicidade das amostras ambientais (água e sedimento) para os organismos-teste.
 - A biota dulcícola sofreu impacto crônico, com favorecimento das espécies exóticas ou oportunistas/generalistas (redução da diversidade funcional).
 - A biota dulcícola sofreu impacto agudo em nível de espécies, com desaparecimentos de algumas na área impactada, com eliminação das espécies menos tolerantes – sobretudo espécies sésseis e de pouca mobilidade;
 - Quando existem dados pretéritos, os resultados indicam relação causal entre o declínio da biodiversidade e os efeitos do rejeito, evidenciando que as espécies nativas sofreram maior impacto, apresentando níveis mais elevados de concentrações de metais acumulados no fígado e nas brânquias do que as espécies exóticas

Em termos de biomassa, os resultados indicam que as espécies exóticas de peixes estão dominando os ambientes, principalmente a calha do rio Doce. Como essas espécies são consideradas resistentes a ambientes alterados, sua dominância foi considerada indicadora da qualidade do ambiente e do impacto da lama.

Portanto, uma das conclusões do relatório foi que a assembleia de peixes estaria ameaçada por efeitos conjuntos de alterações ambientais provocadas por barragens, espécies exóticas e derramamento da lama oriunda do rompimento da barragem de Fundão.

Área Costeira Marinha

- Considerando a óbvia integração entre os ambientes costeiros e marinhos, as análises demonstram que uma extensa área foi atingida, por um aporte, sem precedentes, de uma carga de sedimentos, e metais, oriundas da foz do Rio Doce, que distribuiu-se ao longo do litoral, adentrando pelos movimentos das marés, às demais desembocaduras de rios, ao sul e norte da Foz do Doce.

Foi estabelecido um critério geoquímico para identificação da ocorrência do sinal do rejeito no ambiente marinho, o qual é baseado nas concentrações de níquel (Ni), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), ferro (Fe), alumínio (Al), manganês (Mn) e zinco (Zn), e considera que há sinal de rejeito quando há um incremento a partir de 10% na concentração de pelo menos 6 dos 8 metais que compõem o critério, em relação aos valores de linha de base prévios ao desastre. Com base no referido critério geoquímico, no setor APA Costa das Algas 80% das estações de monitoramento apresentaram sinal do rejeito, enquanto no setor Foz (incluindo os três subsetores) esta proporção atingiu 100% das estações analisadas. Ainda, se considerado o critério de um incremento a partir de 50% na concentração dos metais, 73% das estações continuaram apresentando sinal de rejeito no setor APA Costa das Algas e 82% no setor Foz.

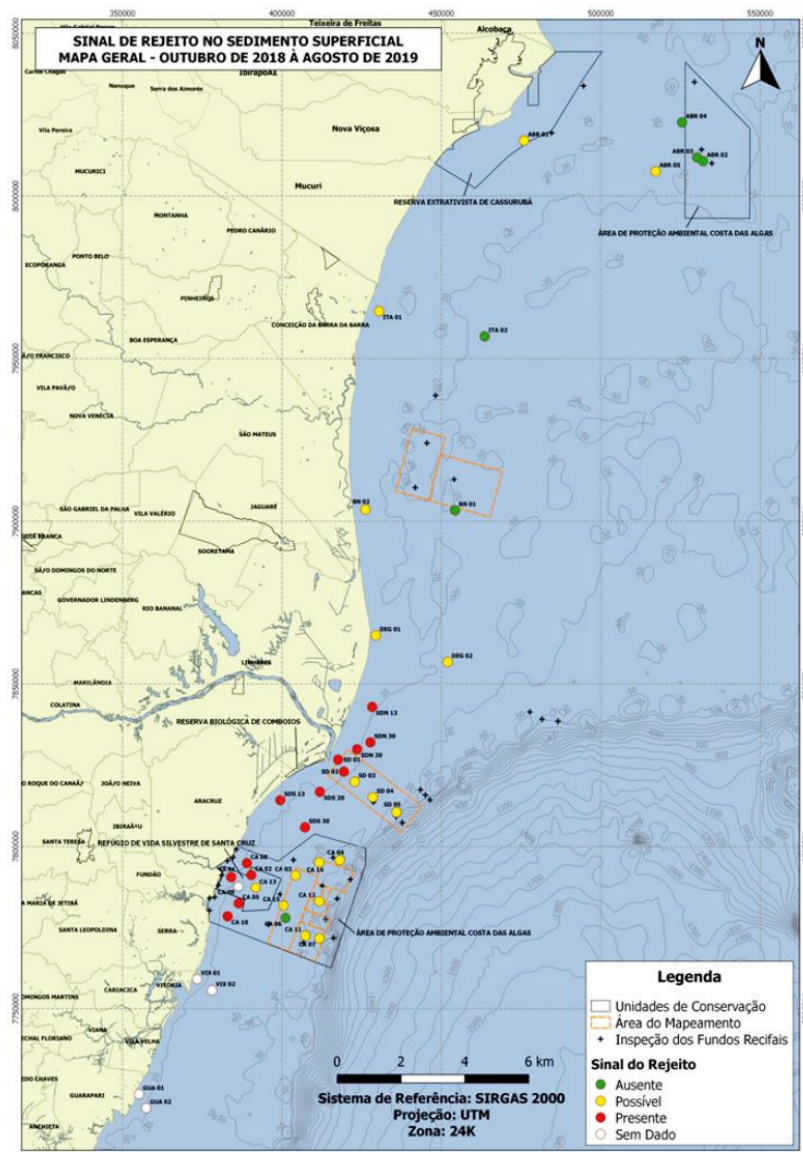


Figura 4: Mapa do sinal de rejeito no sedimento superficial, de acordo com o critério geoquímico elaborado no PMBA.

Portanto, é possível afirmar que o rompimento da barragem de Fundão resultou, nos meses subsequentes a este evento, em uma alteração aguda da condição oligotrófica da área marinha. Esta condição apresentou implicações diretas na biota, refletindo assim os resultados obtidos em 2015, 2016 e 2018-2019 (PMBA) no monitoramento da biota, no que se refere aos aspectos qualitativos e quantitativos em diferentes níveis tróficos.

No que se refere aos sedimentos, do ponto de vista do impacto na biodiversidade, o levantamento na foz do Rio Doce mostrou o potencial de uma alta frequência de material em ressuspensão junto ao fundo, o que pode impactar diretamente a macrofauna bentônica. Os resultados obtidos apontam para fundos com lamas fluidas e uma constante ressuspensão que afetam a biota em geral.

Não obstante, os resultados obtidos a partir da análise dos testemunhos estratigráficos já apresentaram informações importantes para a compreensão dos impactos associados ao rompimento da barragem, indicando um enriquecimento recente do sedimento com elementos metálicos em concentrações com potencial efeito tóxico para a biota.

A maior contaminação foi observada para o ferro, resultado que pode ser justificado pelo aporte substancial deste elemento para a PCRD através do rio Doce, em função do rompimento da barragem de Fundão.

De forma geral, o cromo, o níquel e o cádmio se mostraram presentes em concentrações deletérias para a biota em todos os testemunhos avaliados.

Tal contaminação alterou a estrutura das comunidades bentônicas, fitoplancônicas e zooplancônicas na maior parte dos pontos amostrados, porém mais intensamente no setor "Foz do Rio Doce" e nas estações amostrais mais próximas à costa, ou seja, nas áreas com maior influência da pluma do rio Doce.

Consequentemente, de modo geral, houve dominância de grupos taxonômicos e/ou espécies resistentes, indicadores de impactos ambientais. As áreas mais próximas à desembocadura do rio Doce, foram caracterizadas pela ocorrência de vestígios de organismos bentônicos (conchas, carapaças, e esqueletos, etc.) em maior proporção do que organismos vivos, o que foi interpretado como evidência de impacto.

Peixes

Os resultados obtidos indicam evidências de impactos em larvas de peixes (destruição do trato digestório), mais frequentes nos setores foz do rio Doce e APA Costa das Algas. Ainda, de modo geral para todos os setores amostrados, é reportada uma diminuição na abundância de larvas quando são comparados os resultados obtidos antes e após o aporte de rejeitos na área marinha.

Com relação à ocorrência de larvas de peixes apresentando trato digestório destruído, o relatório indica uma relação de causa e efeito com o rompimento da barragem de Fundão e consequente aporte de rejeitos e outras substâncias carregadas em conjunto na área marinha, indicando que *"a ocorrência de larvas de peixes com trato digestório destruído na região marinha e costeira adjacente após a chegada da pluma é uma evidência do impacto causado pelo acidente."* (Arquivo digital RT-19H_A3M_Ictioplancton.pdf - Pág. 172/194).

Os resultados também indicam, como padrão de forma abrangente, uma predominância de espécies r-estrategistas nas amostras obtidas pelo PMBA. Estas espécies, apresentam características que favorecem sua dominância em comunidades de ambientes sob estresse ecológico, como tamanho relativamente reduzido, ciclo de vida curto e alta capacidade reprodutiva, o que lhes confere a capacidade de proliferar em condições de estresse ambiental (espécies oportunistas). O padrão observado sugere que o ambiente ainda está sob efeito de estressores (p. ex: contaminantes), o que é reforçado pelos resultados obtidos em outros Subprojetos do PMBA.

Manguezais

Ainda que o estudo tenha sido realizado pelo período de 1 ano, há indicação de houve aporte de ferro (Fe) e manganês (Mn) em condições capazes de alterar a integridade biológica e a qualidade ambiental deste sistema, o que pode resultar em perdas econômicas e culturais.

Foi verificado que houve contaminação em todos os tecidos (brânquias, hepatopâncreas e músculo) dos caranguejos avaliados, sendo que a contaminação parece estar relacionada, principalmente, com os seguintes metais: ferro (Fe), cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).

A correlação entre metais e os biomarcadores mostrou que existiram diversas correlações positivas, evidenciando uma relação causa/efeito entre a bioacumulação dos metais nos tecidos dos caranguejos e o surgimento de danos bioquímicos nos mesmos.

Restingas

São relatadas evidências de restingas com alterações nas composições florísticas e alterações nos mecanismos reprodutivos, que podem assim causar risco a redução populacional de algumas espécies, porém não ficando ainda muito claro dimensão dos resultados obtidos e dos impactos associados.

Praias

Quanto às praias, além da alteração de granulometria, declividades, entre outros fenômenos cíclicos, foram evidenciadas as alterações ocorridas na fauna bentônica após a chegada do rejeito no sistema praial, **indicando que houve uma drástica redução nos índices biológicos da macrofauna (riqueza, densidade e diversidade)**. Como síntese da relação da comunidade bentônica com os aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e geoquímicos, o relatório destaca que os padrões ecológicos da comunidade bentônica apresentaram anomalias quando comparados aos padrões descritos na literatura, seja por desacordo com a tipologia da praia, seja pela presença excessiva de alguns metais.

Mega fauna

Organismos dos diversos grupos da mega fauna, alguns ameaçados de extinção, comprovadamente frequentam a área impactada (área de vida, refúgio e alimentação). Análises iniciais relatadas pelo PMBA apontam alterações de habitat, sensibilidade ao habitat mais impactado devido ao uso muito intenso e processos infecciosos incomuns derivados de provável imunossupressão (indicativo de impacto na saúde e debilidades geradas por fatores estressores para algumas espécies). Por serem espécies de vida longa, ou grande área de dispersão, somente a continuidade dos estudos, em longo prazo, poderão demonstrar, de fato, as alterações observadas e comprovar tais impactos, com possíveis perdas de diversidade genética, áreas de alimentação, gasto extra de energia, entre outros.

Unidades de Conservação

O Relatório apresentado traz um agrupamento dos principais impactos observados nas Unidades de Conservação (UCs) localizadas na costa do Espírito Santo e Bahia, considerando os pontos de monitoramento incluídos na malha amostral do PMBA ou bem próximo a seu limite.

As UCs abordadas no relatório foram: Área de Proteção Ambiental de Setiba; Refúgio de Vida Silvestre Santa Cruz e Área de Proteção Ambiental Costa das Algas; Reserva de Desenvolvimento Sustentável Municipal Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim; Reserva Biológica de Comboios e Terra Indígena de Comboios; Área de Relevante Interesse Ecológico do Degredo; Área de Proteção Ambiental Conceição da Barra; Parque Nacional Marinho de Abrolhos, Área de Proteção Ambiental Ponta da Baleia/Abrolhos e Reserva Extrativista de

Cassurubá.

O relatório do PMBA aponta uma condição de contaminação por diversos metais e substâncias presentes nos rejeitos da barragem de Fundão, em níveis de ocorrência e concentração variáveis, em todas as UCs avaliadas, tanto nos ambientes marinhos, quanto em manguezais e restingas, além disso, são relatados e também diversos indicadores biológicos de impactos decorrentes de ações antrópicas.

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.

ANEXO I – MINUTA DE DELIBERAÇÃO DO COMITÊ INTERFEDERATIVO

COMITÊ INTERFEDERATIVO

Deliberação nº XX/2020, de xx de julho de 2020.

Assunto: 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.

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 que foi discutido na 46ª Reunião Ordinária da CT-BIO/CIF. O COMITÊ INTERFEDERATIVO delibera:

Deliberação do CIF:

1. Aprovar, nos termos da Nota Técnica 15/2020/CTBio, 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, apresentado pela Fundação Renova e realizado pela Rede Rio Doce Mar /FEST/UFES em Acordo de Cooperação.
2. A Fundação Renova deverá apresentar no próximo relatório anual as complementações e justificativas solicitadas ao longo das análises dos diferentes subprojetos desta Nota Técnica.
3. A Fundação Renova deverá dar continuidade à execução deste e dos demais projetos e estudos solicitados nos Termos de Referência elaborados pela CTBIO para execução da Cláusula 165.
4. Os impactos identificados no presente relatório deverão ser considerados nos programas de reparação ambiental da Fundação Renova;
5. A Fundação Renova deverá elaborar em 180 dias um Plano de Ação para Conservação da Biodiversidade Aquática afetada pelo rompimento da barragem de Fundão;
6. O Plano de Monitoramento da Biodiversidade Aquática deve ter sua continuidade garantida pela Fundação Renova nos moldes do monitoramento atual, em cumprimento do Item 3 da Deliberação CIF nº 279/2019, incluindo o monitoramento das medidas de reparação e conservação.

Brasília, xx de xxx de 2020.

EDUARDO FORTUNATO BIM
Presidente do Comitê Interfederativo

NOME DO(S) SIGNATÁRIO(S) RESPONSÁVEL(S)	
Anexo 1 - Monitoramento Ecotoxicológico Dos Impactos Causados Pela Lama Oriunda Do Rompimento Da Barragem De Mariana (MG) Em Regiões Dulcolas, Estuarinas E Marinhas	Thatiana Cappi - IEMA
	Rafael Almeida Magris - ICMBio/Coordenação de Criação de Unidades de Conservação
Anexo 3 – Estudo E Monitoramento Ambiental No Rio Doce, Área Estuarina E Marinha (Área Ambiental 1). Meio Dulcicola	Tarcísio Caires - Ramboll
	Luiz Fernando Netto - ICMBio/CEPTA
Anexo 3 – Estudo E Monitoramento Ambiental No Rio Doce, Área Estuarina E Marinha (Área Ambiental 1). Meio Marinho	Gustavo Vaz De Mello Baez Almada - IBAMA/ES
	Fernando P.M. Repinaldo Filho - ICMBio/Parna Abrolhos
	Adelino Silva - IEMA
Anexo 4 - Monitoramento De Potenciais Impactos Do Rejeito De Minério De Ferro Na Praia E Antepara Adjacentes Da Desembocadura Do Rio Doce.	Antônio de Almeida Pádua - ICMBIO/Comboios
	Roberto Sforza - ICMBio/APA Costa das Algas, REVIS Santa Cruz e NGI Santa Cruz
Anexo 5 - Alterações Ecológicas Na Dinâmica Dos Manguezais e Vegetação De Restinga Sob Influência Dos Sedimentos Provenientes Do Rio Doce. Manguezal	Flávia Toledo - Ramboll
Anexo 5 - Alterações Ecológicas Na Dinâmica Dos Manguezais e Vegetação De	Flávia Toledo - Ramboll

Restinga Sob Influência Dos Sedimentos Provenientes Do Rio Doce. Restinga	Cezar Neubert Gonçalves - ICMBio
Anexo 6 - Monitoramento De Mamíferos, Tartarugas E Aves Marinhas Associados À Foz Do Rio Doce, Plataforma Continental E Áreas Protegidas Adjacentes	Gabriella Tiradentes Pizetta - ICMBIO/Centro Tamar
	Cecília Baptistotte - ICMBIO/Centro Tamar
	João Luiz Almeida de Camargo - ICMBIO/Centro Tamar
	Kelly Bonach - ICMBio/Centro Tamar
	Hermes José Daros Filho - IEMA
	Patrícia Pereira Serafini - ICMBio/CEMAVE
	Gláucia Pereira de Sousa - ICMBio/CMA
Anexo 7 - Estudo e Monitoramento da Ictiofauna Marinha e Estuarina. Marinho	Nilamon de Oliveira Leite Júnior - ICMBio/Centro Tamar
	Larissa Novaes Simões - IEMA
	Renilson Paula Batista - IEF
Anexo 7 - Estudo E Monitoramento Da Ictiofauna Marinha E Estuarina. Dulcícola	Rosemary de Jesus de Oliveira - ICMBio/CEPTA
	Larissa Novaes Simões - IEMA
	Renilson Paula Batista - IEF
	Alessandra Peil - Ramboll
Anexo 8 - Monitoramento Da Sedimentação No Parque Nacional Marinho Dos Abrolhos E Regiões Relacionadas.	Fernando P.M. Repinaldo Filho - ICMBio/Parna Abrolhos
	Amanda Santos Silva - INEMA
	Marília das Graças Mesquita Repinaldo (ICMBio/ Base Avançada do Centro TAMAR em Caravelas/BA)
	Lucas Cabral Lage Ferreira - ICMBio/Bolsista ParnaAbrolhos

FREDERICO DRUMOND MARTINS

Coordenador da Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade - CTBio/CIF



Documento assinado eletronicamente por **VINICIUS ANDRADE LOPES, Usuário Externo**, em 03/09/2020, às 15:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Vaz de Mello Baez Almada, Usuário Externo**, em 03/09/2020, às 15:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Larissa Novaes Simões, Usuário Externo**, em 03/09/2020, às 17:21, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Rosemary De Jesus De Oliveira, Analista Ambiental**, em 04/09/2020, às 11:27, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Hermes José Daros Filho, Usuário Externo**, em 04/09/2020, às 14:44, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Renilson Paula Batista, Usuário Externo**, em 04/09/2020, às 17:25, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Nilamon De Oliveira Leite Junior, Analista Ambiental**, em 04/09/2020, às 17:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Gabriella Tiradentes Pizetta, Analista Ambiental**, em 04/09/2020, às 18:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Almeida Magris, Analista Ambiental**, em 08/09/2020, às 10:00, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Kelly Bonach, Analista Ambiental**, em 09/09/2020, às 17:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **João Luiz Almeida De Camargo, Técnico Ambiental**, em 10/09/2020, às 10:19, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Cecilia Baptistotte, Analista Ambiental**, em 10/09/2020, às 10:49, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Glauca Pereira De Sousa, Analista Ambiental**, em 10/09/2020, às 11:14, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Pedro Marinho Repinaldo Filho, Chefe**, em 10/09/2020, às 18:05, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Sforza, Chefe**, em 10/09/2020, às 18:57, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Antonio De Padua Leite Serra De Almeida, Chefe**, em 11/09/2020, às 17:42, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Patricia Pereira Serafini, Analista Ambiental**, em 11/09/2020, às 18:05, 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 7653770 e o código CRC 79B56932.



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

