

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região
Marinha e Costeira Adjacente**

**RELATÓRIO SEMESTRAL DE EVOLUÇÃO DO PMBA/FEST-RRDM
OUTUBRO/2019 – MARÇO/2020**

RT-35 RRDM/AGO 20

Coordenação Geral

Adalto Bianchini

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius Ribeiro de Castro

Vitória,

02 de agosto de 2020

COORDENAÇÕES

Ambiente Dulcícola

Jorge Abdala Dergam dos Santos (UFV)

Ambientes Marinho e Costeiro

Fabian Sá (UFES)

Anexo 1

Juliana Zomer Sandrini (FURG)

Subprojetos

Camila de Martinez Gaspar Martins (FURG)

Juliana Zomer Sandrini (FURG)

Marta Marques de Souza (FURG)

Anexo 3

Daniel Rigo (UFES)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

Subprojetos

Alessandra Delazari Barroso (FAESA)

Alex Cardoso Bastos (UFES)

Ana Cristina Teixeira Bonecker (UFRJ)

Anderson Geyson Alves de Araújo (UFES)

Camilo Dias Júnior (UFES)

Daniel Rigo (UFES)

Eneida Maria Eskinazi Sant'Anna (UFOP)

Gilberto Amado Filho (IPJB) *in memoriam*

Gilberto Fonseca Barroso (UFES)

Leila Lourdes Longo (UFRB)

Leonardo Tavares Salgado (IPJB)

Luís Fernando Loureiro (UFES)

Marco Aurélio Caiado (UFES)

Renato David Ghisolfi (UFES)

Renato Rodrigues Neto (UFES)

Paulo Sergio Salomon (UFRJ)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)

Vanya Marcia Duarte Pasa (UFMG)

Anexo 4

Jacqueline Albino (UFES)

Subprojetos

Jacqueline Albino (UFES)

Karla Costa (UFES)

Maria Tereza Carneiro (UFES)

Anexo 5

Diolina Moura Silva (UFES)

Mônica Tognella (UFES)

Anexo 6

Ana Paula Cazerta Farro (UFES)

Subprojetos

Agnaldo Silva Martins (UFES)

Ana Paula Cazerta Farro (UFES)

Leandro Bugoni (FURG)

Sarah Vargas (UFES)

Anexo 7

Maurício Hostim Silva (UFES)

Tomas Hrbek (UFAM)

Subprojetos

Carlos W. Hackradt (UFSB)

Fabiana Felix Hackradt (UFSB)

Jean-Christophe Joyeux (UFES)

Jorge Abdala Dergam dos Santos (UFV)

Maurício Hostim Silva (UFES)

Tomas Hrbek (UFAM)

Anexo 8

Heitor Evangelista (UERJ)

Coordenação Técnico-Científica (CTEC)

Adalto Bianchini

Lara Gabriela Magioni Santos

Laura Silveira Vieira Salles

Tarcila Franco Menandro

Escritório de Projetos (EscPro)

Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro

Patrícia Bourguignon Soares

Karla Pereira Rainha

Kennedy Gera Nishio

Luiz Otavio da Cruz de Oliveira Castro

Sidnei Vieira

Walter Luiz Alda Júnior

Wanessa da Costa Cruz

Núcleo de Atuação Integrada em Rede (NAIR)

Edmilson Costa Teixeira

Karla Libardi Gallina

Andressa Christiane Pereira

Anna Paula Lage Ribeiro

Caroline De Marchi Pignaton

Paulo Eduardo Marques

SUMÁRIO

1	SUMÁRIO EXECUTIVO	9
2	PARÂMETROS/INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA - PMBA/FEST-RRDM	18
2.1	Anexo 1 - Ecotoxicologia	19
2.2	Anexo 3 - Monitoramento Dulcícola.....	20
2.3	Anexo 3 - Monitoramento Marinho.....	26
2.4	Anexo 4 - Praias	40
2.5	Anexo 5 – Manguezal.....	41
2.6	Anexo 5 – Restinga.....	47
2.7	Anexo 6 – Megafauna	49
2.8	Anexo 7 – Ictiofauna Dulcícola.....	64
2.9	Anexo 7 – Ictiofauna Marinha	67
2.10	Anexo 8 – Sedimentação em Abrolhos.....	73
3	ÁREAS MAIS IMPACTADAS E ÁREAS MENOS NA REGIÃO DE ATUAÇÃO DO PMBA/FEST-RRDM.....	76
4	ALTERAÇÕES DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAIS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO ..	80
4.1	Anexo 1 - Ecotoxicologia	83
4.2	Anexo 3 – Monitoramento Dulcícola.....	83
4.3	Anexo 3 – Monitoramento Marinho.....	84
4.4	Anexo 4 - Praias	85
4.5	Anexo 5 – Manguezal.....	85
4.6	Anexo 5 - Restinga.....	85
4.7	Anexo 6 - Megafauna.....	85
4.8	Anexo 7 – Ictiofauna Dulcícola.....	86
4.9	Anexo 7 – Ictiofauna Marinha	86
4.10	Anexo 8 - Sedimentação em Abrolhos.....	87

5	ALTERAÇÕES METODOLÓGICAS (CAMPO E LABORATÓRIO) OCORRIDAS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO	91
5.1	Anexo 1 - Ecotoxicologia	91
5.2	Anexo 3 – Monitoramento Dulcícola.....	92
5.3	Anexo 3 – Monitoramento Marinho.....	99
5.4	Anexo 4 – Praias	100
5.5	Anexo 5 - Manguezal	100
5.6	Anexo 5 - Restinga.....	101
5.7	Anexo 6 - Megafauna	101
5.8	Anexo 7 - Ictiofauna Dulcícola.....	101
5.9	Anexo 7 – Ictiofauna Marinha	103
5.10	Anexo 8 - Sedimentação em Abrolhos.....	103
6	SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO E SUA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL	104
6.1	AMBIENTE DULCÍCOLA	104
6.2	AMBIENTE COSTEIRO	113
6.3	AMBIENTE MARINHO	121
7	ACOMPANHAMENTO GERENCIAL DO PMBA/FEST-RRDM.....	137
7.1	Recursos Humanos	137
7.2	Execução Física de Campo e Laboratório	140
7.3	Execução Financeira	143
7.4	Desenvolvimento de Indicadores.....	144
7.4.1	Indicador de Desempenho	145
7.4.2	Indicador de Eficiência.....	148
7.5	Principais Resultados de Campo e Laboratório da Fase 2	150
8	REFERÊNCIAS	166
9	AGRADECIMENTOS.....	221
10	APÊNDICE	222

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração das áreas mais e menos impactadas identificadas no âmbito do PMBA/FEST-RRDM.....	79
Figura 2: Mapa da malha amostral adotada no período do Ano 1 (setembro 2018 – setembro 2019) do PMBA/FEST-RRDM.	82
Figura 3: Mapa da malha amostral adotada durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM.....	88
Figura 4: Mapa indicativo das estações amostrais incluídas ou realocadas durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM.	89
Figura 5: Mapa indicativo das estações excluídas durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM.....	90
Figura 6: Mapa das regiões da bacia do Rio Doce e representação espacial das estações utilizadas.	99
Figura 7: Infográfico com a distribuição de colaboradores do PMBA/FEST-RRDM, em relação ao local de residência no território nacional. A figura apresenta o mapa do Brasil com círculos representativos e proporcionais quanto à densidade de colaboradores. Mostra também a estratificação dos colaboradores por municípios do ES e MG (gráficos de barras).	139
Figura 8: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas por parte de cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM no Ano 1 de execução do programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019). Os dados correspondem ao total previsto (verde), total realizado (preto) e aos valores residuais (vermelho).	141
Figura 9: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas por parte de cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM desde o início deste programa de monitoramento até março/2020. Os dados correspondem ao total previsto (verde), total realizado (azul) e aos residuais (vermelho).	142
Figura 10: Aportes financeiros mensais acumulados do PMBA/FEST-RRDM. A figura apresenta os valores planejados (incluindo os valores do Termo Aditivo ao Acordo de Cooperação), os aportes realizados pela Fundação Renova, bem como os valores executados e valores empenhados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM até março/2020.	144
Figura 11: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas em cada Anexo até setembro de 2019, correspondendo ao total previsto (verde) versus realizado (preto) e aos valores residuais (vermelho).	147

Figura 12: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas em cada Anexo até março de 2020, correspondendo ao total previsto (verde) versus o realizado (azul) e aos residuais pendentes (vermelho).	148
Figura 13: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 1 (Monitoramento da Ecotoxicologia) durante a Fase 2.	153
Figura 14: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 3 (Monitoramento do Ambiente Costeiro-marinho) durante a Fase 2.	154
Figura 15: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 2/3 (Monitoramento dos Ambientes Dulcícola e Estuarino) durante a Fase 2.	155
Figura 16: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento de Bentos) durante a Fase 2.	156
Figura 17: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento da Geoquímica) durante a Fase 2.	157
Figura 18: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento da Morfodinâmica) durante a Fase 2.	157
Figura 19: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 5 (Monitoramento do Manguezal) durante a Fase 2.	158
Figura 20: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 5 (Monitoramento da Restinga) durante a Fase 2.	159
Figura 21: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 6 (Monitoramento da Megafauna) durante a Fase 2.	160
Figura 22: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 7 (Monitoramento da Ictiofauna Estuarina e Marinha) durante a Fase 2.	161
Figura 23: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 7 (Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola) durante a Fase 2.	162
Figura 24: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 8 (Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos) durante a Fase 2.	163
Figura 25: Variáveis obtidas em todos os Anexos executados pelo PMBA/FEST-RRDM até março de 2020, correspondendo ao valor previsto (verde) versus realizado (azul) e ao total de amostras em processo de análise (vermelho).	164
Figura 26: Curva S representativa das atividades de campo e laboratório executadas na Fase 2, considerando a contribuição percentual de todos os projetos integrantes do PMBA/FEST-RRDM. .	165

Figura 27: Curva S representativa do avanço físico do PMBA/FEST-RRDM durante a Fase 1 e Fase 2, considerando os resultados de todos os Anexos integrantes..... 165

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métricas candidatas para a comunidade fitoplanctônica, suas descrições e resposta hipotética à degradação.....	93
Tabela 2: Estações telemétricas utilizadas para análise pluviométrica 7 dias antes de cada amostragem	97
Tabela 3: Intervalo dos escores das métricas do Índice Biótico Bentônico.....	102
Tabela 4: Resumo do avanço físico das atividades de campo dos Anexos durante o Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 a setembro/2019).	140
Tabela 5: Resumo do avanço físico das atividades de campo dos Anexos durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM (outubro/2019 a março/2020).	140
Tabela 6: Valor percentual do indicador de eficiência para os Anexos do PMBA/FEST-RRDM no Ano 1 de execução do programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019).....	143
Tabela 7: Valor percentual do indicador de eficiência para os Anexos do PMBA/FEST-RRDM no Período de Transição do programa de monitoramento (outubro/2019 a março/2020).	143
Tabela 8: Variáveis indicadores em forma de semáforo para a Fase 2.	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de colaboradores do PMBA/FEST-RRDM atuantes durante o Período de Transição (outubro de 2019 a março de 2020) agrupados por Anexo e Subprojeto e gerências.....	12
Quadro 2: Frequência amostral do PMBA/FEST-RRDM nos períodos do Ano 1 (setembro 2018 – setembro de 2019) e de Transição (outubro 2019 – março 2020).	80
Quadro 3: Malha amostral utilizada para os testes de toxicidade no âmbito do Anexo 1 do PMBA....	91

1 SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento apresenta o conteúdo do Relatório Semestral de Evolução (RSE) do *Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/FEST-RRDM)*, para fins de acompanhamento do seu desenvolvimento por parte da CTBio. O semestre a que se refere esse relatório compreende o período de outubro/2019 a março/2020, que é referido como Período de Transição. Isto por caracterizar intervalo de tempo em que o PMBA/FEST-RRDM estaria sendo executado com escopo do Ano 1 ajustado apenas às alterações de malha e frequência amostrais aprovadas pela CTBio através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, de outubro de 2019 até início de nova fase do Programa de Monitoramento após aprovação pelo CIF/CTBio de versão revisada do TR4. O prazo máximo previsto pela Fundação Renova para que o PMBA/FEST-RRDM estivesse sendo executado sob um novo escopo, pós revisão do TR4, era abril do ano corrente.

Os **itens 2 a 6** apresentam informações sobre a parte técnica do RSE, enquanto o **item 7** apresenta a parte gerencial deste relatório. Os **itens 8 e 9** apresentam, respectivamente, as referências bibliográficas usadas para construção de todo RSE e os Apêndices relativos aos Ambientes Dulcícola, Costeiro e Marinho, que compõem também a parte técnica do RSE.

A seção de Acompanhamento Técnico do RSE do *Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (PMBA/FEST-RRDM)* aborda os seguintes tópicos:

- Síntese dos principais parâmetros/indicadores referentes ao Ano 1 e ao Período de Transição;
- Definição de áreas mais impactadas e áreas menos impactadas (referências em relação as áreas mais impactadas) na região de atuação do PMBA/FEST-RRDM, com base nos resultados do Ano 1 e o Período de Transição;
- Alterações de malha e frequência amostrais ocorridas no Período de Transição;
- Alterações metodológicas (campo e laboratório) ocorridas no Período de Transição;
- Síntese dos principais resultados obtidos no Período de Transição, que indicam ou não impactos na qualidade ambiental e na biodiversidade;
- Síntese da evolução temporal na qualidade ambiental e na biodiversidade, apontando diferenças e semelhanças em relação aos resultados observados no Ano 1;
- Síntese da evolução espacial na qualidade ambiental e na biodiversidade, apontando diferenças e semelhanças em relação aos resultados observados no Ano 1.

No **item 2** são apresentados os parâmetros/indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática na área monitorada e que foram apontados pelos Anexos do PMBA/RRDM- FEST e avaliados

pela Câmara Técnica da RRDM, visando a continuidade deste programa de monitoramento. Para cada indicador selecionado, está sendo apresentada uma breve justificativa da sua escolha.

No **item 3** são apresentadas as áreas mais impactadas e áreas menos impactadas (referências em relação as áreas mais impactadas) na região de atuação do PMBA/FEST-RRDM, com base nos resultados do Ano 1 e do Período de Transição. Cabe destacar que estas áreas já foram definidas e apresentadas no Workshop realizado em Vitória/ES, nos dias 05 e 06/03/2020, onde foram apresentados e discutidos os resultados do *Peer Review* do Relatório Anual do PMBA/FEST-RRDM elaborado pelo Instituto Ekos Brasil, por demanda da Fundação Renova.

No **item 4** são descritas as alterações de malha e frequência amostrais implementadas para o Período de Transição.

No **item 5** são relatadas as alterações/modificações metodológicas ocorridas em termos de coleta e análise das amostras e/ou dos dados para o Período de Transição.

O **item 6** apresenta o texto elaborado considerando a estrutura de **AMBIENTES** e, portanto, baseado em uma integração dos dados, mesmo que conceitual e quando possível, dos resultados obtidos pelos diversos Anexos do PMBA/FEST-RRDM que compõem cada ambiente em particular (dulcícola, costeiro e marinho). É notório que o PMBA/FEST-RRDM contempla um grande número de parâmetros analisados pelos diversos Anexos que o compõe. Por isso, enfatizamos, mais uma vez, que, na elaboração do RSE, buscou-se selecionar os principais parâmetros/indicadores que foram abordados por parte de cada Anexo, cujos resultados foram descritos de forma sintética, concisa e clara nestes tópicos do RSE. Neste contexto, ratificamos que se buscou cada vez mais convergência na seleção e uso eficiente e apropriado dos indicadores por parte de cada Ambiente, para que na ocasião da reavaliação do escopo técnico do TR4, os mesmos estejam devidamente caracterizados e possam ser claramente fundamentados.

Ressalta-se que as metodologias e ferramentas de análise que subsidiaram a elaboração do presente RSE são as mesmas que foram empregadas na construção do Relatório Anual/2019 do PMBA/FEST-RRDM. Neste contexto, as metodologias empregadas incluem: comparação dos resultados obtidos no Período de Transição com dados pretéritos pré-rompimento e pós-rompimento da barragem no âmbito da RRDM (dados anteriores ao PMBA/FEST-RRDM); análise espacial dos resultados entre pontos amostrais impactados e não impactados; correlação direta com a presença dos metais característicos do rejeito, como Fe e Mn; dados disponíveis na literatura científica; e limites estabelecidos na legislação vigente. Além dos dados pretéritos já considerados no Relatório Anual, foram também considerados os eventuais novos dados pretéritos levantados durante o Período de Transição.

No contexto descrito acima, ressalta-se que texto relativo ao item 6 do RSE volta-se para a apresentação da síntese da evolução das condições ambientais e da biodiversidade nos ambientes dulcícola, costeiro e marinho, no Período de Transição. Conforme modelo apresentado anteriormente, o texto foi elaborado em formato de narrativa, com base nos principais parâmetros/indicadores abióticos e bióticos empregados para caracterização de tais condições durante o Ano 1 e o Período de Transição

do PMBA/FEST-RRDM. Neste contexto, foi considerada a disponibilidade e suficiência de dados para tal, em decorrência da questão temporal associada à frequência das amostragens em campo e o tempo mínimo necessário para processamento das amostras em laboratório. De qualquer forma, todos os resultados obtidos no Período de Transição estão apresentados no RSE.

No **item 7** é apresentada, de forma sucinta, a seção gerencial do RSE, a qual está baseada em indicadores de evolução temporal abrangendo os seguintes tópicos:

- Execução Física de Campo e Laboratório: evolução das campanhas de campo e análises laboratoriais (realizado x previsto nos Planos de Trabalho);
- Execução Financeira: acompanhamento do desembolso da Fundação Renova para a FEST no âmbito do Acordo de Cooperação Técnico-Científica (previsto x desembolsado x executado).

Visando promover facilidade de exame/avaliação do conteúdo da seção gerencial, foi valorizada a representação dos indicadores de evolução com o emprego de gráficos e ilustrações, fazendo-se uso de textos sucintos complementares. Vale destacar que as informações desta seção gerencial serão apresentadas para cada Anexo; e que foi buscada a representação da evolução desses indicadores desde o início da execução do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 - março/2020, com destaque para o semestre outubro/2019 - março/2020). Estão sendo ainda apresentadas informações sobre os perfis dos corpos técnico-científico e administrativo- gerencial-logístico que compõem a RRDM.

No **item 8** são apresentadas todas as referências bibliográficas usadas para construção do RSE (incluindo as referências dos apêndices).

O **item 9** traz os agradecimentos pela importante e significativa contribuição técnico-científica dada pelo Peer Review¹ do Instituto Ekos Brasil, disponibilizado pela Fundação Renova, ao aperfeiçoamento da versão original do RSE do PMBA/FEST-RRDM, de 22 de junho de 2020.

O **item 10** introduz os documentos de apêndices, sendo: Ambientes Dulcícola (Apêndice I), Costeiro (Apêndice II) e Marinho (Apêndice III). Nestes Apêndices são apresentados em detalhes os resultados relatados nas sínteses narrativas dos respectivos Ambientes, além de gráficos, tabelas, figuras, diagramas, esquemas ilustrativos e/ou mapas que justificam os resultados apresentados nas narrativas em questão, visando assim dar sustentação aos achados reportados nas mesmas. Por sua vez, as memórias de cálculo, tabelas, figuras, esquemas e gráficos mais detalhados, e que foram utilizados ao longo do processo de análise dos dados e elaboração do RSE, estão disponibilizados como **Material Suplementar** ao RSE, sob a forma de uma pasta de arquivos eletrônicos para acesso da Fundação Renova, em sua versão preliminar, durante o período de avaliação interna do referido relatório entre esta Fundação e a RRDM (22/junho a 22/julho), bem como em sua versão final pela CTBio, durante o período de avaliação do RSE por esta Câmara Técnica.

¹ É a avaliação do trabalho por uma ou mais pessoas com competências semelhantes aos produtores do trabalho.

No Quadro 1 é apresentada a lista de todos os colaboradores do PMBA/FEST-RRDM atuantes no Período de Transição (outubro de 2019 a março de 2020) que participaram do processo de elaboração do presente documento através da execução de atividades de campo e/ou laboratório, contribuindo para a discussão e escrita do documento, ou ainda atuando nas gerências de apoio gerencial, técnico e científico.

Quadro 1: Lista de colaboradores do PMBA/FEST-RRDM atuantes durante o Período de Transição (outubro de 2019 a março de 2020) agrupados por Anexo e Subprojeto e gerências.

ANEXO 1: ECOTOXICOLOGIA	
Adalto Bianchini	Layra Lethicia Rodrigues Lopes Werner
Ana Cecilia Francio da Silva	Leandra Marcia Pedroso Dalmas
Anieli Cristina Maraschi	Leandro Pirovani de Sant'Ana
Camila de Martinez Gaspar Martins	Leticia Barenho Pinho
Carlos Eduardo Delfino Vieira	Liziane Cardoso Marube
Cassia Rodrigues da Silveira	Lorena Ziviani Bevitorio
Cinthia Carneiro da Silva	Lucas Antonio Martins Rocha
Claudia Mendesde Souza	Luiz Renato Silveira da Rosa
Eduardo Medeiros Damasceno	Marcio Alberto Geihs
Estefani Porto da Rosa	Marta Marques de Souza
Filipe Berbeti Rangel	Maysa do Vale Oliveira
Francine Rodrigues Pedra	Natali Chagas Fonseca
Henrique Fragoso dos Santos	Niumaigue Goncalves da Silva
Hugo Emiliano de Jesus	Patricia Gomes Costa
Jorge da Cruz Moschem	Simone Rutz da Costa
Joseane Aparecida Marques	Taciana Onesorge Miranda Lopes
Josiane Araujo da Silva	Taiane Coelho Soares
Juliana Castro Monteiro Pirovani	Tamara Oliveira Duarte
Juliana Zomer Sandrini	Thais Metzker Pinto
Karine Gomes Neto	Vanda Artifon Pereira
Kyze Quadros Mello	Yuri Dornelles Zebral
ANEXO 3: MONITORAMENTO DULCÍCOLA	
Anexo 3 Dulcícola - Bacia Integração	
Danilo de Lima Camelo	Julia de Almeida Leite
Fabio da Cunha Garcia	Larissa Bertoldi
Felicidade Porto Lobianco	Luan Mauri Cyrino
Fernando Henrique Lemos	Luiz Anibal da Silva Filho
Gilberto Fonseca Barroso	Marllon Emanuel Martins Reis
Gustavo dos Reis Gonçalves	Paula Delpupo Coelho
Anexo 3 Dulcícola - Bacia Integração Estuário	
Adriano Romao Francisco	Gustavo Baptista de Almeida
Ana Caroline da Silva Pinto Ferreira	Izabela Tavares Spagnol
Ana Karolina Cesario Hott	Livia Luchi Rabello
Antonio Sergio Ferreira Mendonca	Lorena Frasson Loureiro
Bruno Peterle Vaneli	Marco Aurelio Costa Caiado
Daniel Ben-Hur Silva de Oliveira	Monica de Souza Mendes Castro
Daniel Rigo	Sebastiao Francisco Teixeira
Edmilson Costa Teixeira	Tais de Fatima Ramos Guimaraes
Eliane Meire de Souza Araujo	Victoria Alves Gouvea
Anexo 3 Dulcícola - Fitoplâncton	
Alessandra Delazari Barroso	Fabricio Bronzoni de Oliveira
Amanda Martins Batista	Larissa Bassani de Oliveira Viganor
Beatriz dos Santos Carreiro	Maria Caroline Gava
Anexo 3 Dulcícola - Macrófita	
Anderson Geyson Alves de Araujo	Renara Nichio Amaral

Brenno Gardiman Sossai	Victor Santos Miranda
Francisco Alvaro Almeida Nepomuceno	
Anexo 3 Dulcícola - Perifiton	
Bianka Gerhardt Endlich	Lucineide Maria Santana
Bruna Fadul de Souza	Mateus Sardi Trancoso
Davi Barbosa de Jesus	Stefano Zorzal de Almeida
Izabela Clara Marques Balinhas	Valeria de Oliveira Fernandes
Karoline Barros de Souza	
Anexo 3 Dulcícola - Zooplâncton	
Ana Paula Campos de Carvalho	Gleice de Souza Santos
Bruna Lana Delfim	Lara Cunha de Melo
Edissa Emi Cortez Silva	Raquel Xavier Calvi
Eneida Maria Eskinazi Sant Anna	Yuri Gomes Rezende
Anexo 3 Dulcícola - Análises Químicas	
Carolina do Carmo Souza	Paulo Jorge Sanches Barbeira
Danniel Brandao Mendes	Vanya Marcia Duarte Pasa
Keila Leticia Teixeira Rodrigues	Virginia Salete Cotta Pereira
ANEXO 3: MONITORAMENTO MARINHO	
Anexo 3 Marinho - Bentos	
Adriane Cristina Araujo Braga	Luan de Oliveira Cerqueira
Cristiana Gama Pacheco	Mariane Rosa Thomaz da Silva
Dryele Lima Santos	Marina Lopes Marinho
Joao Victor dos Anjos Silva	Paulo Ricardo Alves Gomes Freire
Leila de Lourdes Longo	Renata de Oliveira Patricio
Lohayne Cardoso de Barros Pereira	Rodolfo Leandro Nascimento Silva
Lorrayne Silva Candeias	Sintia Bruneli Fagundes
Anexo 3 Marinho - Fitoplâncton	
Ana Regia Depoli Cabral de Macedo	Georgette Cristina Salvador Lazaro
Brener Freitas de Alvarenga	Juline Rodrigues da Conceição
Camilo Dias Junior	Kassia do Nascimento Lemos
Carolynne Mees Zen	Mariana Magnago Alves
Cintia Maria Ancona	Paulo Henrique da Silva Cheble
Gabriela Vitalino Crestan	Pollyanna Pereira Borgo Auer
Anexo 3 Marinho - Fundos Recifais	
Aline Shimada da Cruz	Livia Bonetti Villela
Anna Carolina da Cunha Monteiro	Ludmilla do Nascimento Falsarella
Arthur Cumplido	Marcio Murilo Barboza Tenorio
Carolina D Ornellas Teixeira	Maria Anita Iatarola Mattenberger Tozzi
Clara Paiva Pires	Maria Julia Pinto da Fonseca Fernandes W
Claudia Santiago Karez	Mariana Soares Sa
Claudio Andre Maciel de Matos	Myllena da Silva Pereira
Dandara Sousa Silva	Nicholas Farias Lopes do Vale
Daniela Chaves Afonso	Nicole Cristina Fernandes da Costa
Daniela Marques da Silva	Pamela Massiel Chiroque Solano
Dilson Silvestre Cajueiro Filho	Paulo liboshi Hargreaves Costa
Felipe de Vargas Ribeiro	Paulo Sergio Salomon
Fernando Coreixas de Moraes	Pedro Cardial da Silveira
Gabriel de Oliveira Cardoso	Rafael Bernardo Menezes
Gabriel Nascimento Damianik Valdetaro	Ricardo da Gama Bahia
Gabriella Almeida Leal	Rodrigo Gomes Barbosa da Silva
Giovana de Oliveira Fistarol Salomon	Rodrigo Leao de Moura
Grace Pacheco de Oliveira	Rodrigo Tomazetto de Carvalho
Jessica Vitoria dos Santos Areias	Tatiana Villalba Viana
Juventino Lourenço da Silva	Tayana dos Santos Louzada
Lelis Antonio Carlos Junior	Thales Ribeiro Amado Oliveira
Leonardo Tavares Salgado	Vitoria Ferreira Defavere

Lilian Jorge Hill	
Anexo 3 Marinho - Hidrogeoquímica	
Amanda Camara de Souza	Fabian Sá
Ana Caroline Cabral	Jorge Pinto da Silva Filho
Andressa Meireles David	Kamila Cezar Gramlich
Arthur Alves Prates Gomes	Livia Maria Bianchi Poleze
Bethania Dal Col Lehrback	Marco Tadeu Grassi
Caroline de Cassia Matos Hermogenes	Mariana Luzia Ribeiro Gripp
Cesar Alexandro da Silva	Ninive Soares Silva
Cesar de Castro Martins	Rafael Garrett Dolatto
Clarissa Heideriqui Comerio	Renata Caiado Cagnin
Cybellle Menolli Longhini	Renato Rodrigues Neto
Denise Galinari Ferreira Rodrigues	Ricardo da Cunha Bisi Junior
Eduardo Schettini Costa	Roberta Rocha Barros
Elisa Milán Chaves de Oliveira	Rubens Cesar Lopes Figueira
Emerson Luis Yoshio Hara	Sarah Karoline Rodrigues
Anexo 3 Marinho - Ictioplâncton	
Ana Carolina Fontoura Valente	Luiz Manoel Cosenza
Ana Cristina Teixeira Bonecker	Marcia Salustiano de Castro
Cristina de Oliveira Dias	Marta Cristiane de Carvalho Quintas
Fabiana Teixeira Bonecker	Rafael Oliveira de França
Anexo 3 Marinho - Mapeamento de Habitats	
Alex Cardoso Bastos	João Victor dos Reis Damaceno
Ana Laura Lopes Piol	José Antônio Baptista Neto
Erika dos Anjos Campodell Orto Jardim	Marcos Daniel de Almeida Leite
Fernanda Vedoato Vieira	Michele Sardinha de Oliveira
Geandré Carlos Boni	Pedro Smith Menandro
Jessica Araujo Mariano	Raiana Neumann Pacheco
Joao Pedro Moreno de Athayde	Valquíria Maria de Carvalho Aguiar
Anexo 3 Marinho – Modelagem Numérica	
Bruno Borlini Duarte	Julia Tavares Salviato
Diego Luiz Fonseca	Mahatma Soares Fernandes
Eduarda Sousa Rangel	Marcos Nicolas Gallo
Fernanda Arantes Lima	Mariela Gabioux
Fernanda Minikowski Achete	Paulo Eduardo de Souza Beiral
Guilherme Brigagão Monteiro de Castro	Renato Arruk Torres
Guilherme Nogueira Mill	Renato David Ghisolfi
Joao Pedro Mancio de Amorim	Sabrina Aparecida Ramos da Fonseca
João Vitor Carvalho Deboni	Susana Beatriz Vinzon
Juca Damasio	Tayna Rosa Martins Paiva
Anexo 3 Marinho - Sedimentologia	
Adeildo de Assis Costa Junior	Kyssyanne Samihra Santos Oliveira
Alex Cardoso Bastos	Livia Rodrigues Garcez
Allan do Nascimento de Oliveira	Lorena Ferreira Monteiro
Anita Gomes Ruschi	Marcos Tadeu D Azeredo Orlando
Arthur Sant'ana Cavichini	Mayara de Oliveira Bandeira
Caio Vinicius Gabrig Turbay Rangel	Rafael Carvalho Neves
Caroline Fiorio Grilo	Valeria da Silva Quaresma
Flavia Acypreste Alfredo Garonce	Vivian Trancoso Campos
Karen Laryssa Oliveira Fadini	
Anexo 3 Marinho - Zooplâncton	
Bianca Salvador	Luciano Alberto Elia Junior
Cristiane Scarton Gomes de Oliveira	Luiz Fernando Loureiro Fernandes
Gabriel Harley Costa Santos	Pedro de Souza Laino
Gustavo Martins Rocha	Priscila Teixeira Amaral
Gustavo Meira Kandler	Sergio Luiz Costa Bonecker

Laura Rodrigues da Conceição	Vitor de Oliveira Conceicao
Lilian Elisa Demoner	
Anexo 3 Marinho - Logística	
Aroldo dos Reis Rocha Junior	Fernanda Perassoli
Danielle Peron D Agostini	Glauca de Laia Nascimento Sa
ANEXO 4: MONITORAMENTO de PRAIAS	
Anexo 4 - Bentos	
Amanda Moreira Deolindo	Milena Santana Boostel
Bruna Adenalian Coelho Teixeira	Raynara Costa Pereira
Emanuel Ezidio da Silva	Rebeca Stefhane Soares Moraes
Gean Zanetti	Taina Sotele
Isabela Jabour E Silva	Tâmara Fuzari Pinto
Jacqueline de Almeida Neves	Tarcila Linhares Barbosa
Jesser Fidelis de Souza Filho	Tathiana Guerra Sobrinho
Karla Gonçalves da Costa	Vanessa Simão do Amaral
Karla Paresque	
Anexo 4 - Morfodinâmica	
Alexandre Burini	Jacqueline Albino
Bernardo Gasperazzo Urquia	Lucas Bermudes de Castro
Brenda Silva de Souza	Luisa da Silva Lopes
Denise de Sousa Paiva Tagliari	Luiz Henrique Sielski de Oliveira
Dieter Carl Ernst Heino Muehe	Pedro Henrique Ferreira Atanasio
Anexo 4 - Geoquímica	
Bruna Silva Correa	Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima
Geisamanda Pedrini Brandao Athayde	Matheus Barbosa Rasch
Izabela de França Schaffel	Tiago Pereira Cunha
Luiza Valli Vieira	Vinicius Camara Costa
Maiara Krause	
ANEXO 5: MANGUEZAL	
Adriano Alves Fernandes	Jose Bernardo Gomes de Jesus
Alan Andrade dos Santos	Karen Otoni de Oliveira Lima
Anders Jensen Schmidt	Lais Altoe Porto
Andreia Barcelos Passos Lima Gontijo	Lucas de Almeida Leite
Antelmo Ralph Falqueto	Marcelo Barcellos da Rosa
Arthur Venturini Checon	Marcos Paulo Berribilli
Brenno Nascimento de Mattos	Mario Luiz Gomes Soares
Camila Patricio de Oliveira	Maykol Hoffmann Silva
Dielle Meire de Santana Lopes	Monica Maria Pereira Tognella
Edilson Romais Schmildt	Neilson Victorino de Brites Junior
Eduardo Almeida Filho	Pamila Cristina Gomes Rosario
Filipe de Oliveira Chaves	Raquel Vidal dos Santos Leopoldo
Helia Del Carmen Farias Espinoza	Samira Leite
Ivoney Gontijo	Saulo Furtado Ronconi Vieiras
Jaqueline Orlandi Paris	Savia Soares Pascoalini
Jeferson Castro Xavier	Vander Calmon Tosta
Joao Victor de Abreu Fernandes	Veronica D Addazio Pinheiro
ANEXO 5: RESTINGA	
Adriano Nunes Nesi	Marcos Antonio Baccarin
Aline Delon Firmino	Mariela Mattos da Silva
Andrea Bittencourt Noura Baccarin	Namir Gabriely Matos Lopes
Auxiliadora Oliveira Martins	Oberdan Jose Pereira
Diolina Moura Silva	Pedro Correa Damasceno Junior
Geovane Souza Gudin	Rodrigo Theofilo Valadares
Giovanny Moraes Metzcker de Souza	Romario de Oliveira Silva Junior
Gislane Chaves Oliveira Silveiras	Sabrina Garcia Broetto
Jaciara Lana Costa	Thais Araujo dos Santos

Julia Cristina Guarnier	Valquiria Ferreira Dutra
Juliana da Silva Penha	Vanessa Nogueira Soares
Karoliny Portes Alves	Wagner Luiz Araujo
ANEXO 6: MONITORAMENTO da MEGAFAUNA	
Anexo 6 - Sobrevoos e Acústica	
Aginaldo Silva Martins	Joao Pedro Motta Mura
Amanda Baron Di Giacomo	Jonathas da Silva Barreto
Artur Andriolo	Kaliany dos Santos Barbosa Braganca
Bruna Ribeiro Duque	Lorena Oliveira do Nascimento
Cesar Rocha de Miranda Xavier	Luciano Cajaiba Rocha
Fernanda Maria Neri	Nelson Barcelos Pereira
Giovanne Ambrosio Ferreira	Thamires Bride Ventura
Joao Batista Teixeira	Thiago Orion Simoes Amorim
Anexo 6 - Cetáceos	
Alexandre de Freitas Azevedo	Leonardo Serafim da Silveira
Ana Paula Cazerta Farro	Leticia Versiani Gomes da Silva
Dahiani Nunes Bossi	Manoela da Silva Pereira
Drienne Messa Faria	Monizze Vannuci E Silva
Fabio Ribeiro Mendes	Mylla Carla Cescon Freire
Gina Nunes Teixeira	Paulo Holz de Souza
Haydee Andrade Cunha	Pollyanna Braga Machado
Jordana Borini Freire	Tatiana Lemos Bisi
Jose Lailson Brito Junior	Vanessa Kuboyama Marques de Oliveira
Juliana Ywasaki Lima	
Anexo 6 - Aves Marinhas	
Aline Barbosa da Silva	Julia Jacoby de Souza
Carmem Elisa Fedrizzi	Karina Bohrer do Amaral
Cindy Tavares Barreto	Leandro Bugoni
Cynthia Campolina de Mello Vianna	Leonardo Marques Furlanetto
Diego Alexandre Salgueiro Rodrigues	Leticia Mendonça Silva de Oliveira
Francisco Elizeu Mendes Borges Neto	Marcio Amorim Efe
Guilherme Tavares Nunes	Marcio Repenning
Igor da Cunha Lima Acosta	
Anexo 6 - Tartarugas Marinhas	
Ana Carolina Barcelos Pereira Mariano	Paula Rodrigues Lopes Guimaraes
José Erickson Alves Silva	Sandra Ludwig
Lais Amorim Ferreira	Sarah Maria Vargas
Monique Pereira do Nascimento	
ANEXO 7: MONITORAMENTO da ICTIOFAUNA DULCÍCOLA	
Aureo Banhos dos Santos	Natalia Martins Travenzoli
Bruno Edesio dos Santos Melo	Pedro Senna Taylor Bittencourt
Cidimar Estevam de Assis	Roberta Cunha de Oliveira
Debora Ferreira Machado	Rommel Roberto Rojas Zamora
Fabio de Lima Muniz	Sandra Marcela Hernandez Rangel
Fabricio Bertuol	Sergio Santorelli Junior
Fernanda Carolina Ribeiro Dias	Simone Gomes Duarte E Moura
Izeni Pires Farias	Tatyana Gomes Silva
Jorge Abdala Dergam dos Santos	Tomas Hrbek
Jose Luis Poveda Cuellar	Valeria Nogueira Machado
Karine Orlandi Bonato	Vinicius Comastri Arruda
Kessia Leite de Souza	Wander Ribeiro Ferreira
Lucas Caetano de Barros	
ANEXO 7: MONITORAMENTO da ICTIOFAUNA MARINHA	
Alexandre da Cunha Aschenbrenner	Kathiani Victor Bastos
Amanda Colleoni	Lana Tumang Lucas
Anastácia Amalia Damasceno Rodrigues	Layza Roxanne Santana de Lima

Carlos Werner Hackradt	Linda Magdalena Kristina Eggertsen
Ciro Colodetti Vilar de Araujo	Marcelo Soeth
Fabiana Cezar Felix Hackradt	Mauricio Hostim Silva
Fabio de Almeida E Silva	Merielle de Oliveira Sá
Fabricio de Andrade Frehse	Pedro Garcia Pereira Bastos
Felipe Pastore Villanova	Priscila Plesley Alves da Silva
Flavio Toscano Szablak	Rafael Lima Oliveira
Francielle Cardoso Andrade	Rafael Souza Laurindo
Francielle dos Santos Oliveira	Rebeka Ferreira Martins
Helder Coelho Guabiroba Junior	Ricardo Alves de Oliveira Souza
Helen Audrey Pichler	Ricardo Marques Dias
Inah Satiro	Ronaldo Ruy de Oliveira Filho
Isis Ribeiro Evangelista	Ryan Carlos de Andrades
Jean Christophe Joyeux	Sara Buttrose Kennedy
Jeane Campos Silva	Vinício Oliveira Martins
Juliana Beltramin de Biasi	Vinicius Castro Santos
Julien Chiquieri	Vitor Leonardo Amaral Rodrigues
ANEXO 8: SEDIMENTAÇÃO EM ABROLHOS	
Bruno Vinicius Ximenes de Oliveira	Hugo Leonardo Cidreira Monteiro
Claudio de Morisson Valeriano	Joao Ricardo Coutinho de Barcellos
Eduardo Delfino Sodre	Mariane Couceiro Pullig
Elaine Alves dos Santos	Newton de Magalhaes Neto
Gabriel Paravidini de Souza	Pedro Adalberto Ramos Bizelli
Heitor Evangelista da Silva	Sergio Jose Goncalves Junior
ESCRITÓRIO DE PROJETOS (ESCPRO)	
Acre Fernandes da Silva	Luis Oscar Rodrigues Bobadilha
Ana Carolina Almeida Oliveira Cheibub	Marcos Aurelio Bertuce
Arildo Detemann	Michelle Sequine Bolzan
Carlos Gilmar Zucolotto Junior	Patricia Bourguignon Soares
Carlos Jose Fraga	Rafael Petri
Cristiane Silveira Machado	Rayano Rocha Ribeiro
Ellen Midian Almeida Raasch	Rejane Rodrigues Monteiro
Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro	Rogério Petri
Fernando Coutinho Bissoli	Rosangela Soares Camargo
Flavia Morgana do Nascimento	Sabrina Felix Bertuani
Juliano Cezar Pinto Paixao	Sannya Maria Britto Côgo
Karla Pereira Rainha	Wagner Ribeiro Baião
Kennedy Gera Nishio	Walter Luiz Alda Junior
Lorenzo Costa Queiroz	Wanessa da Costa Cruz
Lucimar Tadeu Scalzer	
NÚCLEO DE ATUAÇÃO INTEGRADA EM REDE (NAIR)	
Andressa Christiane Pereira	Maria Izabel Ichisato Pelicao
Anna Paula Lage Ribeiro	Marianna de Aguiar Ribeiro
Caroline de Marchi Pignaton	Paulo Eduardo Marques
Edmilson Costa Teixeira	Petrusca Mello Costa Filha
Karla Libardi Gallina	Rafael Neves Gonzaga
Lanna Pereira Nogueira	Thamiris de Aquino Pimenta
Lazaro Villela Neto	
COORDENAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA (CTEC)	
Adalto Bianchini	Laura Silveira Vieira Salles
Lara Gabriela Magioni Santos	Tarcila Franco Menandro

2 PARÂMETROS/INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA - PMBA/FEST-RRDM

As tabelas a seguir apresentam os indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade aquática, os quais foram identificados pelo PMBA/FEST-RRDM ao longo do Ano 1 (Outubro/2018-Setembro/2019) e do Período de Transição (Outubro/2019-Março/2020) na área monitorada. Também são apresentadas as respectivas justificativas para a escolha e utilização destes parâmetros/indicadores, visando a discussão acerca da revisão do escopo técnico do TR4 e a continuidade deste programa de monitoramento.

Os parâmetros/indicadores foram identificados separadamente por Anexo e Subprojeto que compõem o PMBA/FEST-RRDM, a partir dos resultados desenvolvidos ao longo dos dezoito meses de execução dos estudos contemplados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM. Dessa forma, e conforme deliberado pela Câmara Técnica da RRDM, os referidos parâmetros/indicadores são apresentados abaixo por Anexo do PMBA/FEST-RRDM.

2.1 Anexo 1 - Ecotoxicologia

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Diversidade da comunidade microbiana em amostras de água, sedimento e corais.	A utilização da comunidade microbiana para indicação de integridade ambiental é bastante conhecida na literatura, considerando que este parâmetro está relacionado a diferentes características do ambiente, como por exemplo, a contaminação por metais. Na avaliação da diversidade da comunidade microbiana podem ser observados táxons indicadores de regiões impactadas e também táxons representativos de regiões não impactadas, ou seja, evidenciando tanto o impacto quanto sua recuperação.	Este parâmetro já foi utilizado pelo Anexo 1 durante o primeiro ano de monitoramento. Neste sentido, já foram identificados pelo grupo do Anexo 1 nas amostras da região de coleta alguns grupos de bactérias conhecidas por serem comuns em ambientes impactados por metais pesados e resíduos de mineração, evidenciando a importância de continuar monitorando este indicador no ano 2.
Índice de bioacumulação de metais (IBR bioacumulação) - para plâncton, bentos e nécton.	A acumulação de metais pela biota está correlacionada com os níveis de metais no ambiente, ou seja, pode apresentar uma escala espacial/temporal em função do impacto do agente agressor. É importante ressaltar que a quantificação de contaminantes na água ou no sedimento não reflete necessariamente sua disponibilidade aos organismos. Neste sentido, os dados de acumulação de metais na biota são ferramentas fundamentais em um programa de monitoramento ambiental, permitindo fazer uma conexão entre os níveis de metais encontrados no ambiente, e possíveis efeitos gerados nos organismos.	Este indicador vem sendo monitorado pelo Anexo 1 desde o início do PMBA/FEST-RRDM. A continuidade do monitoramento deste indicador permitirá inferir sobre a contaminação ambiental por metais em uma escala tanto temporal quanto espacial. É importante ressaltar ainda que para alguns grupos de organismos existem dados pretéritos ao rompimento da barragem disponíveis.
Índice da resposta biológica (IBR Biomarcador) - para plâncton, bentos e nécton.	Para o cálculo do "Índice da resposta biológica" (IBR biomarcador) serão utilizados tanto biomarcadores que evidenciam dano, como lipoperoxidação, dano de DNA e danos histológicos, quanto biomarcadores que atuam na recuperação ou na diminuição do dano ao organismo, como metalotioneínas. A resposta de biomarcadores ocorre em função da bioacumulação de metais que, por sua vez, está associada aos níveis de metais no ambiente. Ou seja, este indicador pode apresentar uma escala espacial/temporal em função do impacto do agente estressor.	Este indicador vem sendo monitorado pelo Anexo 1 desde o início do PMBA/FEST-RRDM. A continuidade do monitoramento deste indicador permitirá inferir sobre a contaminação ambiental por metais em uma escala tanto temporal quanto espacial. É importante ressaltar ainda que para alguns grupos de organismos existem dados pretéritos ao rompimento da barragem disponíveis.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Índice de Toxicidade (baseado em ensaios de toxicidade agudos e crônicos com diferentes organismos).	Os resultados dos testes de toxicidade aguda e crônica estão correlacionados com a qualidade das matrizes ambientais, incluindo níveis de metais. Assim, podem apresentar uma escala espacial/temporal em função do impacto do agente agressor. O Anexo 1 realiza alguns ensaios de toxicidade onde são observadas diferentes respostas biológicas simultaneamente, como reprodução e mortalidade ou crescimento e mortalidade. Cabe salientar que os testes de toxicidade são realizados seguindo normas padronizadas pela ABNT e outras organizações nacionais e internacionais, e, quando possível, utilizam espécies nativas.	O Anexo 1 possui dados deste indicador desde o início do PMBA/FEST-RRDM, permitindo a comparação tanto espacial quanto temporal. A aplicação deste indicador pode auxiliar no monitoramento ambiental, bem como na detecção de impactos gerados pelo rompimento.

2.2 Anexo 3 - Monitoramento Dulcícola

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Concentração de sólidos em suspensão (mg/L) / Turbidez.	Concentrações de sólidos em suspensão e Turbidez estão relacionadas com quantidades de sedimentos em cursos d'água. Excesso de sedimentos em corpos d'água pode alterar suas características físico-químicas, podendo causar redução da camada onde ocorre penetração da luz, assoreamento, redução no valor nutricional de detritos, alteração de processos químicos naturais e liberação de poluentes agregados às partículas dos materiais sedimentares. Ainda podem prejudicar muitos organismos aquáticos, devido ao soterramento e entupimento de estruturas respiratórias e de coleta de alimento (seres filtradores), ou por impedir a busca visual por alimento. O	Sim, já foi utilizado no Ano 1. Os resultados do monitoramento de concentrações de sólidos suspensos no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM mostraram, como esperado, que aumentos nestas concentrações e turbidez durante e após períodos chuvosos são acompanhados por alterações em diversos parâmetros bióticos e abióticos relacionados com alterações na biodiversidade no rio Doce, em seu estuário e em lagos e lagoas que receberam fluxos de água contendo rejeitos após o rompimento da barragem. A continuação do acompanhamento deste indicador no PMBA/FEST-RRDM se faz importante também por permitir análise da evolução de inter-relações do mesmo com a biodiversidade, inclusive considerando eventuais fluxos de rejeitos depositados na calha, nas

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	<p>rompimento da barragem causou aumento das concentrações de sólidos suspensos na calha do rio Doce, em seu estuário e na zona costeira adjacente. Além disso, sólidos foram depositados nas margens do rio e em reservatórios. Estes sólidos que podem ser transportados para jusante, principalmente em períodos de enchentes. Desta maneira, a continuidade do acompanhamento deste indicador subsidiará a análise da evolução da biodiversidade ao longo do tempo, considerando a tendência de recuperação.</p>	<p>margens e reservatórios, em períodos de enchentes do rio Doce.</p>
Fluxo de sedimentos (t/ha/d).	<p>Considerando os efeitos de aumentos de quantidades de sedimentos em cursos d'água sobre a biodiversidade aquática e as possíveis ocorrências de ressuspensão de sólidos depositados no fundo da calha, nas margens e reservatórios, provenientes do rompimento da barragem de rejeitos, torna-se necessário acompanhamento de indicadores relacionados com transporte sólido, inclusive para entendimento dos impactos crônicos sobre a biodiversidade aquática fluvial, estuarina e costeira. A quantificação da carga de sedimentos sendo transportada pelo rio, ao longo do tempo, ajudará na interpretação nos dados dos monitoramentos realizados nas regiões costeira e marinha.</p>	<p>Sim, já foi utilizado no Ano 1. A interpretação conjunta dos dados de concentração e de fluxo é importante para subsidiar a análise da contribuição continental sobre a qualidade da água no rio Doce, no estuário e região costeira adjacente à foz já identificadas como impactadas pelo rejeito. As vazões na bacia do rio Doce no Ano 1 foram atípicas, muito inferiores às médias de longo prazo, o que reforça a necessidade de acompanhamento deste indicador.</p>
Fluxo de poluentes (t/d) (metais e nutrientes).	<p>Alterações de fluxos de nutrientes e metais no ambiente aquático podem impactar a dinâmica das comunidades biológicas e os serviços ecológicos que estas prestam, considerando que a degradação da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes dependem das contínuas interações entre os organismos e o ambiente físico e químico. Os efeitos de aumentos de concentrações de metais e nutrientes em cursos d'água sobre a biodiversidade aquática e as possíveis ocorrências de ressuspensão de sólidos</p>	<p>Sim, já foi utilizado no Ano 1. Os resultados do monitoramento realizado no primeiro ano do PMBA/FEST-RRDM indicam que as concentrações de metais e nutrientes da calha do Rio Doce ainda refletem o impacto ocorrido pela passagem do material proveniente do rompimento da barragem de rejeitos. A determinação de fluxos deve ser mantida, considerando o aporte de sedimentos e nutrientes nos ambientes costeiros e marinho, já identificados como ambientes impactados pelo rejeito.</p>

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	depositados no fundo da calha, nas margens e reservatórios, provenientes do rompimento da barragem de rejeitos, indicam a necessidade de acompanhamento de indicador relacionados com fluxos de poluentes, inclusive para entendimento de impactos crônicos sobre a biodiversidade aquática fluvial, estuarina e costeira.	
Vazão específica (m³/s/ha).	A estimativa da quantidade de água produzida por cada sub-bacia do rio Doce dará subsídios para a compreensão dos parâmetros monitorados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM e estabelecimento do nexos causal. Bem como identificação de quais bacias mais contribuem para a vazão para o trecho final do rio Doce (origem da vazão).	Sim, já foi utilizado no Ano 1. Mostrou-se importante indicador na identificação da origem dos maiores volumes de água que contribuem para o trecho final do rio Doce.
Produção de sedimentos (t/d/ha).	A estimativa da quantidade de sedimentos produzida por cada sub-bacia dará subsídios para a compreensão dos parâmetros monitorados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM e estabelecimento do nexos causal, objetivando separar a quantidade de sedimentos provenientes da erosão de encostas daqueles provenientes da ressuspensão dos sedimentos de fundo. Bem como identificação de quais bacias mais contribuem com o aporte de sedimentos para o trecho final do rio Doce.	Não foi utilizado no Ano 1. A utilização deste indicador permitirá identificar as sub-bacias do rio Doce que contribuem com os sedimentos que estão sendo transportados no trecho final do rio e sendo lançados na região costeira. Deste modo, auxiliará na definição de áreas prioritárias para ações de recuperação relacionadas ao uso e manejo da terra. Permitirá também indicar a quantidade de sedimentos provenientes da erosão de encostas separadamente daqueles que são oriundos da ressuspensão de sedimentos de fundo.
Precipitação acumulada de 7 dias antes da campanha (mm).	A precipitação influencia os fluxos de água, sedimentos e nutrientes.	Sim, já foi utilizado no Ano 1. Auxilia na interpretação dos resultados de qualidade ambiental. Cabe ressaltar que a eventual mobilização de rejeitos depositados na calha, nas margens e nos reservatórios pode ser altamente influenciada pelas precipitações pluviométricas.
Grau de influência das ações/intervenções sobre os fluxos de água, sedimento e nutrientes.	Os principais indutores de variações espaço-temporais da qualidade dos ambientes aquáticos estão associados ao uso e manejo da terra e da água. Com o rompimento da barragem, novas pressões ambientais surgiram e ações	Sim, já foi utilizado no Ano 1. Auxiliou na interpretação dos resultados dos fluxos de água, sedimento e nutrientes de forma global e na interpretação de concentrações observadas em estações de monitoramento.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	relacionadas à recuperação de APPs, reflorestamento, prevenção e controle de aporte de sedimentos foram intensificados. Ações relacionadas ao manejo de rejeitos, em particular, começaram a ser executadas. Desta forma, informações levantadas sobre essas ações na bacia trarão mais elementos para qualificar a análise dos dados de natureza física, química ou biológica que estão sendo produzidos no âmbito do PMBA/FEST-RRDM e subsidiar a elucidação de nexos causais.	O mapa conceitual elaborado em primeira versão, sob uma estrutura Indutor-Pressão-Estado-Impacto se mostrou com potencial para subsidiar elucidação de nexos causais. Além disso, o levantamento dessas ações e pressões ambientais a elas associadas poderá servir de embasamento para o planejamento de projetos de mitigação e compensação do impacto causado pelo rompimento da barragem de Fundão
Normalização de Elementos de Terras Raras (ETR) em sedimentos visando buscar assinatura geológica.	A busca de marcadores do desastre e rejeitos despejados na bacia é um trabalho muito importante que poderá ser realizado através do estudo estatísticos dos teores dos Elementos Terras Raras presentes no rejeito de Fundão. Será feito um trabalho estatístico comparando os dados obtidos de uma amostra do rejeito, com as amostras coletadas no PMBA/FEST-RRDM em toda a bacia.	No primeiro ano este estudo não foi feito, uma vez que não se dispunha da amostra de rejeito de Fundão, que foi encaminhada no final do Ano 1. É relevante usar dados gerados com a mesma metodologia e equipamentos para evitar distorções metodológicas e erros. Por este motivo não se cogitou usar possíveis dados de literatura e optou-se por imprimir um maior rigor analítico ao estudo.
Fluxo de Contaminantes Orgânicos em água e sedimentos.	A avaliação de compostos orgânicos é importante para quantificar os índices de contaminação/poluição dos ambientes afetados e para entender variações interanuais e o comportamento da pluma fluvial, conforme proposto pelo TR4. HPA e hidrocarbonetos alifáticos se relacionam com a presença de solventes, derivados de petróleo e, portanto, de atividades industriais, postos de combustíveis, oficinas mecânicas e de troca de óleos automotivos e transporte em geral. Já os pesticidas e PCBs (bifenóis policlorados) são vinculados aos poluentes agrícolas e os fenóis também auxiliam na marcação de atividades industriais. As aminas aromáticas e éter-aminas são consideradas marcadores do acidente, visto que essas eram utilizadas no beneficiamento do minério. Ressalta-se que esse último parâmetro não foi encontrado acima do limite de detecção, demonstrando a necessidade de se avaliar novas alternativas para encontrar	No primeiro ano, grande parte destes parâmetros foi estudada, mas não foi feita uma maior correlação dos mesmos com as atividades socioeconômicas locais. Este trabalho deverá ser feito no segundo ano. Entende-se que ao avaliar os compostos orgânicos haverá uma tentativa de rastreamento do acidente (éter-aminas e seus produtos de degradação), bem como uma quantificação de outros parâmetros que podem afetar a biota e a população, quantificando todas os poluentes presentes.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	seu subproduto de degradação e, dessa forma, conseguir associar sua presença com o rejeito do acidente. Os esteróis estão sendo usados como indicadores de atividade antrópica, tal como a presença de efluentes domésticos	
Estrutura da comunidade planctônica, do perifíton e de macrófitas aquáticas da calha do Rio Doce e ecossistemas lacustres adjacentes (lagos e lagoas).	A utilização deste indicador é fundamental para determinar a estrutura trófica basal na calha do Rio Doce e sistemas lacustres adjacentes. Este indicador, que abrange muitas espécies sensíveis, pode identificar com assertividade se há uma tendência de melhora na condição ambiental da Bacia do Rio Doce. Adicionalmente, este indicador poderá identificar as áreas mais propícias para o repovoamento de espécies de peixes, além de fornecer informações robustas sobre a qualidade ambiental do Rio Doce e sistemas aquáticos adjacentes. O indicador pode, ainda, fornecer sinais sobre o processo de recuperação da bacia, da introdução de espécies exóticas e da resposta estrutural da comunidade frente à contaminação por metais, detectada na Ecotoxicologia.	O indicador foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM e claramente evidenciou sinais de perturbação ambiental (impactos persistentes). O indicador também permitiu estabelecer bases para a recuperação da bacia através da identificação de "manchas" aquáticas com maior riqueza de espécies. A ausência de dados pretéritos limitou substancialmente a determinação de efeitos pré e pós-cenário da entrada do rejeito.
Índices de Integridade Biológica baseados na composição e estrutura das comunidades planctônicas e perifíticas.	O uso de comunidades biológicas como indicadores de qualidade ambiental tem sido amplamente recomendado em protocolos universais de monitoramento (USEPA, 1998). A aplicação de índices biológicos, que contemplam as interações entre a qualidade do habitat e a integridade das comunidades biológicas, promove maior assertividade na indicação da qualidade ambiental e a ocorrência efeito de impactos. A aplicação de índices de integridade é fundamental para a avaliação dos esforços de restauração da bacia hidrográfica, podendo contribuir para identificar áreas com resposta positiva às ações e áreas onde o impacto ainda é persistente.	Não foi utilizado no Ano 1. O primeiro ano de monitoramento consolidou a tomada de dados das comunidades biológicas das áreas afetadas e potencialmente afetadas. A ausência de uma linha de base (dados pretéritos) inviabilizou a detecção de indicadores absolutos e universais de impacto ambiental. A manutenção da base amostral e temporal permitirá a construção mais robusta do índice de integridade biótica (IIB), ferramenta aplicada fundamental para identificar a qualidade ambiental da área sob a influência do desastre e a resposta de suas comunidades biológicas. As comunidades planctônicas e perifíticas são consideradas essenciais na elaboração de índices bióticos em função da rápida resposta a alterações ambientais e papel chave na cadeia alimentar aquática.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Experimentos <i>in situ</i> de manipulação de comunidades aquáticas: exposição a rejeito de mineração. Comunidades alvo: fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e macrófitas. Análises da qualidade da água como subsídio às alterações ambientais.	Poucos estudos de manipulação experimental de campo foram desenvolvidos com o objetivo de quantificar o impacto direto da entrada de rejeito de mineração em comunidades aquáticas dulcícolas. O experimento poderá ainda ser estendido para análises de ecotoxicologia, verificando processos como bioacumulação e estresse oxidativo. Essa abordagem tem amplo potencial de detectar impactos persistentes e/ou recorrentes da entrada de rejeito.	Não foi utilizado no Ano 1. Se sugere que seja adicionado para os anos 2 e 3. A abordagem experimental conduzida sob uma ampla base ecossistêmica poderá auxiliar na detecção dos efeitos da entrada de rejeito de mineração nas comunidades, além da matriz aquática, lançando resposta a uma pergunta fundamental do PMBA/FEST-RRDM: qual o impacto agudo e crônico da entrada de rejeito de minério de ferro nas comunidades aquáticas? A análises de bioacumulação poderão ampliar a base analítica, permitindo detectar não apenas o processo de bioacumulação, mas em que escala temporal esse processo ocorre na cadeia trófica aquática impactada por rejeito de mineração.
Ressurreição Ecológica - composição e estrutura da comunidade ativa e dormente do plâncton.	Os estudos de “ressurreição ecológica” têm utilizado os registros presentes no sedimento de lagos como descritores robustos da história evolutiva de lagos e da sua paisagem, em escalas globais e regionais (Burge et al., 2018). Ou seja, eventos dramáticos ocorridos em áreas a montante da bacia hidrográfica podem ser registrados a jusante, mesmo em distâncias consideráveis. O estudo das comunidades dormentes do plâncton tem se revelado um excelente indicador de alterações na qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos (Santangelo et al., 2015). As comunidades planctônicas podem produzir estruturas de resistência que são utilizadas como marcadores de evolução ambiental dos ecossistemas aquáticos.	Não foi utilizado no Ano 1. Se sugere que seja adicionado para os anos 2 e 3. Através da comparação entre comunidades inativas (dormentes) e ativas (plâncton atual), é possível inferir sobre as alterações sofridas pelas comunidades planctônicas. Coletas verticais do sedimento podem trazer à luz momentos do passado de ambientes aquáticos. A ausência de dados pretéritos na calha fluvial e nos sistemas lacustres do Rio Doce reforça a importância desse trabalho na área de estudo, com ampla possibilidade de elucidar uma das questões centrais do PMBA/FEST-RRDM: qual o impacto da entrada de rejeito na estrutura biótica do Rio Doce?

2.3 Anexo 3 - Monitoramento Marinho

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Turbidez da água e concentração de clorofila-a, (Modelagem física)	As medições <i>in situ</i> e o imageamento remoto subsidiam o entendimento da dinâmica que determina o destino do sedimento em suspensão oriundo da descarga continental e o incremento decorrente da ressuspensão sedimentar provocada pelas forçantes meteoceanográficas (ex., ondulações locais e remotas, tensão de cisalhamento do vento).	Sim, foi utilizado e deve ser mantido, pois ele reflete a dinâmica física que altera as condições de qualidade ambiental que se refletem, posteriormente, nos indicadores bióticos.
Ocorrência (deposição/ressuspensão) do material oriundo da descarga continental. (Modelagem física)	Os resultados da modelagem numérica simulam a área de deposição/ressuspensão, bem como subsidiam a análise a relevância das forçantes meteoceanográficas nas diferentes porções da plataforma continental adjacente à foz do Rio Doce.	Sim, essa avaliação deve ser mantida por fornecer informação básica para o entendimento e integração da dinâmica biótica-abiótica objeto desse estudo.
Qualidade ambiental da coluna de água (Material Particulado em Suspensão - MPS). (Sedimentologia)	Indica quanto de material está sendo aportado pelo rio, ou que sofre ressuspensão por ondas e correntes. Indica o processo de dispersão do sedimento e a turbidez na coluna d'água.	Sim. Deve ser mantido por ser informação ambiental básica e fornecer importantes dados para análise e integração de parâmetros químicos e biológicos.
Mobilidade do sedimento fundo marinho. (Sedimentologia)	Define alterações e mobilidade do sedimento de fundo, (transporte e deposição sedimentar), aporte e processos sedimentares que interferem nos habitats e condições de vida de diferentes espécies.	Sim. Deve ser mantido por ser informação ambiental básica e fornecer importantes dados para análise e integração de parâmetros químicos e biológicos.
Sinal de rejeito no sedimento de fundo. (Sedimentologia)	Indica, junto com outros parâmetros geoquímicos, o sinal da presença de rejeito na estação. Orienta a interpretação de reações e contaminação da biodiversidade	Sim. Deve ser mantido por ser informação ambiental básica e fornecer importantes dados para análise e integração de parâmetros químicos biológicos. Além disso ajudam a indicar a presença e aporte do rejeito. Ressaltando que a susceptibilidade magnética da fração lamosa, apesar de não ser contemplada no plano de trabalho do Ano 1, já vinha sendo utilizada.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Qualidade da água. (Hidrogeoquímica)	Análise e avaliação de metais e arsênio nas matrizes água mostram a presença dos possíveis contaminantes e sua possível influência nos organismos e cadeia trófica. Análise e avaliação de compostos orgânicos em água indicam a presença do rejeito na região monitorada, uma vez que é conhecido o uso destes no processo de floculação do minério de ferro e por ter sido detectada a presença destes em amostras do rejeito. A determinação dos nutrientes dissolvidos e totais na água do mar auxilia na análise de componentes orgânicos e na avaliação da comunidade fitoplancônica.	Indicadores utilizados no Ano 1, com resultados que mostram possíveis riscos a comunidade biótica. Esses indicadores foram utilizados para caracterizar a área de efeito com a possível presença do rejeito.
Qualidade do sedimento. (Hidrogeoquímica)	Análise e avaliação de metais e arsênio no sedimento superficial mostram a presença dos possíveis contaminantes presentes e sua possível influência nos organismos e cadeia trófica. A determinação de hidrocarbonetos pode estar relacionada a óleo e assim deve-se atentar com a presença e a possível inferência destes ao uso de óleo como aditivo em floculantes em minério de ferro. Tal diferenciação dos aportes é possível por meio de índices e razões, uma vez que estes hidrocarbonetos podem ser tanto biogênicos (plantas, bactérias, algas), cuja origem possa ser continental ou marinha ou ainda indicar contaminação petrogênica ou pirolítica. Assim como para os hidrocarbonetos, razões diagnósticas têm sido utilizadas para avaliar a origem de HPA em muitos ambientes. Assim como dito para os hidrocarbonetos, o monitoramento referente a avaliação de HPA em água e sedimento se faz necessário para identificar e/ou isentar a relação do uso de óleo no processo de flotação de minérios com a presença destes compostos no ambiente de estudo.	Indicadores utilizados no Ano 1, com resultados que mostram possíveis riscos a comunidade biótica. Esses indicadores foram utilizados para caracterizar a presença dos rejeitos no ambiente e sua possível área de efeito.
Fontes orgânicas.	A avaliação destes compostos permite distinguir por meio	Indicador utilizado no Ano 1 para caracterizar a presença dos rejeitos

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
(Hidrogeoquímica)	de índices diagnósticos os possíveis aportes, sejam pela contribuição de algas e bactérias, ou fontes terrígenas. Assim sendo de suma importância para o acompanhamento da produção primária vinculada a um possível processo de eutrofização, devida à conversão de aminas em fontes assimiláveis de nitrogênio, como nitrito e nitrato. Tal verificação se deve também ao fato de que a composição das aminas utilizadas pelas empresas de minério brasileiras são a base de ácidos graxos. Assim sendo, estudos avaliativos quanto a presença destes ácidos graxos na formação de coloides é base para o entendimento do processo de adsorção e redistribuição de contaminantes orgânicos e metais. Serve também como dados importantes nos estudos de ecologia para fito, zooplâncton e bentos. Assim como para ácidos graxos, a avaliação de esteróis permite distinguir por meio de índices diagnósticos os possíveis aportes, sejam pela contribuição de algas e bactérias, ou fontes terrígenas, bem como fontes de efluentes. Também é de suma importância para o acompanhamento da produção primária vinculada a um possível processo de eutrofização, devida à conversão de aminas em fontes assimiláveis de nitrogênio. Serve também como dados importantes nos estudos de ecologia para fito, zooplâncton e bentos. A determinação do carbono orgânico dissolvidos na água do mar auxilia nas demais análises orgânicas e na compreensão da fonte dos componentes presentes na água do mar.	no ambiente e sua possível área de efeito.
Assinatura geoquímica. (Hidrogeoquímica)	Análise e avaliação dos elementos terras raras no material particulado e em sedimento indicam a presença do rejeito na região monitorada, uma vez que é usado como traçador desse material quando comparado a dados pretéritos.	Indicador utilizado no Ano 1 para caracterizar a presença dos rejeitos no ambiente e sua possível área de efeito.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Variações quali-quantitativas da comunidade fitoplânctônica. (Fitoplâncton)	Sendo uma comunidade altamente sensível as variações ambientais, o fitoplâncton sempre tem como reflexo destas variações modificações na sua estrutura quantitativa e qualitativa, com variações na sua densidade numérica, bem como na redução da importância de algumas espécies e aumento de outras e modificações nos índices de diversidade	Sim, todos os parâmetros quali-quantitativos continuam os mesmos do Ano 1, mas agora propomos uma nova abordagem mais agrupada destes parâmetros como indicadores. Ao longo do primeiro ano ocorreram grandes variações destes parâmetros, sempre correlacionadas com as variações ambientais. Foram constatadas muitas variações numéricas, bem como o aparecimento e desaparecimento de vários grupos algais e modificações de suas importâncias, o que afeta não apenas a biodiversidade, mas também a capacidade do fitoplâncton de sustentar as cadeias alimentares da área monitorada. Devido a sua grande sensibilidade e rapidez na resposta, esta comunidade e suas variações quantitativas e qualitativas continuam sendo fortíssimos indicadores de modificações ambientais tanto agudas como crônicas. Com seu monitoramento contínuo estes organismos podem indicar se está ou não ocorrendo uma recuperação do sistema
Variações na saúde ecofisiológica da comunidade fitoplânctônica. (Fitoplâncton)	Indica alterações temporais e espaciais do estado fisiológico do fitoplâncton. Medindo-se os teores de clorofila a e feopigmentos pode ser calculado o percentual de clorofila ativa, que indica diretamente o estado de saúde fisiológica do fitoplâncton, que é a base das cadeias alimentares marinhas, bem como a capacidade dos organismos de manter a sua capacidade de fazer fotossíntese.	Sim, Deve ser mantido porque a saúde fisiológica do fitoplâncton sofreu várias alterações espaciais e temporais de seu estado, sempre relacionadas com modificações como aporte ou ressuspensão de material originário do rejeito. Estas modificações afetam diretamente e rapidamente os outros componentes bióticos do sistema, já que se trata de uma comunidade que é base das cadeias alimentares marinhas
Índices Ecológicos da comunidade zooplânctônica. (Zooplâncton)	Organismos zooplânctônicos possuem ciclo de vida curto e por isso respondem rapidamente às mudanças ecossistêmicas. Os índices ecológicos são a forma mais objetiva de mensurar essas mudanças, permitindo uma análise comparativa temporal de forma a definir momentos de menor e de maior impacto, assim como monitorar a evolução do sistema ao longo do monitoramento.	Já foi utilizado no Ano 1. Considero o indicador qualificado para continuar a ser abordado porque apresentou resultados claros e que permitiram identificar os momentos de maior impacto dentro de cada Setor monitorado, assim como o grau de impacto registrado em cada Setor. Desta forma, foi possível definir, entre outras coisas, o Setor Foz, nos momentos de maior vazão do Rio Doce, como o de maior impacto ambiental. Para o ano 2, será necessário avaliar como esse padrão se comporta, nos momentos de maior e menor vazão do rio, para avaliarmos a evolução do ecossistema ao longo do tempo.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Abundância relativa das espécies zooplânctônicas indicadoras. (Zooplâncton)	As mudanças na comunidade zooplânctônica são diretamente correlacionadas às mudanças ambientais. Desta forma, algumas espécies são reconhecidas por sua maior tolerância ou sensibilidade frente a tais mudanças. O monitoramento da abundância destas espécies bem como do seu grau de dominância é uma importante ferramenta para o diagnóstico do estado de conservação do ambiente.	Já foi utilizado no Ano 1. Considero o indicador qualificado para continuar a ser abordado porque permitiu avaliar não somente o grau de conservação do ambiente em cada momento do monitoramento, como também permitiu correlacionar a análise com os parâmetros ambientais que estão ligados à presença ou ausência de cada uma das espécies bioindicadoras, com forte embasamento bibliográfico. Pode-se citar com maior destaque as espécies <i>Paracalanus cf parvus</i> e <i>Temora turbinata</i> como espécies associadas aos momentos de maior grau de impacto e a espécie <i>Penilia avirostris</i> como associada aos momentos de menor grau de impacto.
Relação juvenis/adultos de Paracalanídeos. (Zooplâncton)	A alta mortalidade de paracalanídeos (bioindicadores) em ambientes sob impactos antropogênicos, pode ser compensada por uma reprodução contínua e taxa de crescimento rápida em ambientes de alta temperatura e grande disponibilidade de alimento, e por este motivo, resultam em uma comunidade abundante em formas juvenis, comuns em regiões sob distúrbios ambientais, sobretudo de origem antrópica. A análise desta variação de organismos juvenis e adultos de paracalanídeos na comunidade possibilitará verificar a extensão da influência dos impactos causados pelo estresse ambiental, mesmo em um curto intervalo de tempo.	Não foi utilizado no Ano 1. Ele deve ser acrescentado ao PMBA/FEST-RRDM já em andamento, pois vem apresentando resultados consistentes com o registrado na literatura em relação aos impactos que visamos monitorar e serve como importante mecanismo de avaliação baseado na Família zooplânctônica mais encontrada na nossa região de estudo.
Densidade de ovos e larvas; riqueza de espécies; concentração de metais no ictioplâncton; presença de larvas de peixes com trato digestório danificado. (Ictioplâncton)	As larvas de peixes se alimentam de fitoplâncton, zooplâncton e até mesmo bactérias que podem estar aderidas a partículas em suspensão. A qualidade do alimento ingerido pode afetar o desenvolvimento das larvas e consequentemente a população adulta. É importante acompanhar como está a densidade desses organismos na região costeira e verificar a presença de larvas com deformidades e/ou com trato digestório danificado. A análise	Sim. O monitoramento desses parâmetros permitirá verificar a ocorrência de alguma alteração quali-quantitativa da comunidade ictioplânctônica. O relato da presença de larvas de peixes com trato digestório danificado foi feito no Ano 1. Entretanto, como não era previsto no TR não foi realizada análise de concentração de metais nesses organismos. Sugerimos a introdução dessa análise com base em resultados obtidos e publicados com material coletado na região costeira logo após a chegada da pluma contaminada nessa área.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	da concentração de metais em alguns táxons selecionados poderá evidenciar diretamente a influência da lama contaminada sobre esses organismos. O mapeamento do local onde as larvas com trato digestório danificado ocorreram possibilitará verificar a extensão da influência da lama sobre esses organismos que são carregados pelas correntes marinhas.	Além disso, a mesma análise foi feita em larvas coletadas na área de estudo antes do desastre e a concentração de metais nesses organismos foi significativamente menor que nas larvas coletadas após a chegada da pluma. Esses resultados evidenciam a influência direta e/ou indireta (através da cadeia trófica) da pluma contaminada sobre o ictioplâncton. Sugerimos ainda, que essa análise seja realizada também nos ovos de peixes coletados, para verificar se essa fase de desenvolvimento também está sendo afetada.
Aumento da mortalidade (abundância de vestígios) de organismos. (Bentos de sedimento inconsolidado)	A variação temporal e espacial na abundância de vestígios de organismos (conchas e esqueletos, sem parte mole) influencia na estrutura da comunidade bentônica. Os cenários, muitas vezes, indicam a substituição de organismos vivos nestas comunidades, com registros destes indicadores de morte dos indivíduos. O conhecimento sobre os efeitos dos fatores estressantes nas comunidades bentônicas são fundamentais para que se possa estabelecer ações paralelas, que possam acelerar a recuperação do ambiente.	Sim. Deve ser mantido porque este indicador evidenciou um efeito mais duradouro do impacto, com aumento dos registros de indícios de morte de organismos ao longo do estudo. O monitoramento desta natureza de alteração na estrutura da comunidade bentônica é fundamental para a avaliação do impacto dos fatores estressantes, assim como para o estabelecimento de ações de recuperação destes ambientes.
Aumento da abundância de espécies de Polychaeta (Annelida), resistentes à poluição. (Bentos de sedimento inconsolidado)	As variações temporal e espacial na abundância de espécies de resistentes a impactos ambientais, como de Polychaeta (Annelida), refletem na dominância destes grupos, e, por consequência, influenciam na estrutura da comunidade bentônica. Esta influência indica ainda alterações na funcionalidade dos componentes faunísticos bentônicos nestas comunidades. O conhecimento sobre os efeitos dos fatores estressantes nas comunidades bentônicas são fundamentais para que se possa estabelecer ações paralelas, que possam acelerar a recuperação do ambiente.	Sim. Deve ser mantido porque este indicador evidenciou um efeito mais duradouro do impacto, com aumento dos registros de espécies de Polychaeta (Annelida) resistentes ao longo do estudo. O monitoramento desta natureza de alteração na estrutura da comunidade bentônica é fundamental para a avaliação do impacto dos fatores estressantes, assim como para o estabelecimento de ações de recuperação destes ambientes.
Aumento da abundância de espécies	As variações temporal e espacial na abundância de	Sim. Deve ser mantido porque este indicador evidenciou um efeito

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
de Amphipoda, Crustacea, resistentes à poluição. (Bentos de sedimento inconsolidado)	espécies resistentes a impactos ambientais, tais como Amphipoda (Crustacea), refletem na dominância destes grupos, e, por consequência, influenciam na estrutura da comunidade bentônica. Esta influência indica ainda alterações na funcionalidade dos componentes faunísticos bentônicos nestas comunidades. O conhecimento sobre os efeitos dos fatores estressantes nas comunidades bentônicas são fundamentais para que sejam estabelecidas ações paralelas, que possam acelerar a recuperação do ambiente.	mais duradouro do impacto, com aumento dos registros de espécies de Amphipoda (Crustacea) resistentes ao longo do estudo. O monitoramento desta natureza de alteração na estrutura da comunidade bentônica é fundamental para a avaliação do impacto dos fatores estressantes, assim como para o estabelecimento de ações de recuperação destes ambientes.
Extensão e integridade de Habitat Marinho (Mapeamento de habitats marinhos)	Esse indicador aponta para a distribuição, estrutura e integridade de habitats no fundo marinho, principalmente a extensão de substratos rígidos e tridimensionais. Esse indicador mostra padrão de transporte de sedimento de fundo e registra processos sedimentares relevantes para a dispersão de sedimento. O uso dessa metodologia indicou os processos de erosão e ressuspensão na plataforma interna adjacente à foz do rio doce, além de apontar a possível presença de lama fluida. Mostrou ainda a tendência de transporte de sedimento para o norte.	Sim. Durante o Ano 1 os resultados deste indicador mostraram a ocorrência e distribuição de recifes ao norte do rio Doce, a distribuição do habitat lamoso da foz do Rio Doce e o potencial de mobilização do fundo, bem como indicou o registro de processos de transporte de sedimento para regiões mais fundas. Na área da APA, o levantamento mostrou a distribuição dos fundos de rodólitos e fundos recifais. Deve ser mantido para complementação do mapeamento dos principais habitats, mostrando a presença ou ausência de fundos recifais e rodólitos e mapeamento dos habitats da foz do Rio Doce. Principais sugestões de análise de extensão de habitats são: porção rasa da APA para verificação de fundos recifais/lateritas em uma região definida como de altamente impactada e complementação da região dos recifes esquecidos e foz do Rio Doce.
Acumulação de rejeito no fundo marinho (Mapeamento de habitats marinhos)	Esse indicador mostra o acúmulo de rejeito ou a presença de rejeito ao longo da coluna sedimentar (testemunho), mostrando assim o padrão de acumulação no fundo marinho.	Sim. A análise em testemunhos mostrou os pontos de maior ou menor acúmulo de rejeito no fundo marinho. A repetição ou redefinição de pontos deve seguir o padrão monitorado nas análises de sedimento superficial, visando obter informações no setor ao norte do rio Doce. O TR4 original prevê uma segunda coleta de testemunhos no ano 3.
Propriedades físico-químicas e	Características físico-químicas da água do mar obtidas	Sim. São essenciais para a compreensão dos padrões de distribuição

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
bióticas da água nos sistemas recifais e bancos de rodolitos. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	simultaneamente às amostragens da biota são essenciais para a interpretação do estado fisiológico de organismos bem como de processos ecossistêmicos. Estes são indicadores sensíveis a impactos persistentes e recorrentes no ecossistema recifal, inclusive da contaminação do ambiente marinho (e.g. turbidez). Séries temporais desses indicadores permitem avaliar tendências de melhora ou piora nas condições ambientais.	espacial da biodiversidade e outros atributos de comunidades biológicas. A medição de parâmetros físico-químicos indicadores da qualidade da água do mar, que vem sendo obtida concomitantemente à coleta de amostras e dados da biota, subsidia as interpretações sobre mudanças na estrutura e funcionamento dos sistemas recifais frente à forçantes naturais e de origem antrópica, inclusive os possíveis efeitos da contaminação do meio marinho pelos rejeitos do desastre. Estas variáveis, avaliadas em séries temporais, permanecem essenciais para interpretar o estado fisiológico de organismos e os processos ecossistêmicos, por serem sensíveis a impactos persistentes e recorrentes e permitirem avaliar tendências condições ambientais.
Variação quantitativa e qualitativa da comunidade do pico-, nano- e microplâncton associado aos sistemas recifais. (Fitoplâncton e bacterioplâncton)	Comunidades do fitoplâncton, incluindo picocianobactérias, e do bacterioplâncton heterotrófico são altamente sensíveis e respondem rapidamente a alterações no meio ambiente em termos de variação numérica (quantitativa) bem como na sua composição (qualitativa), com possível substituição de grupos taxonômicos ou funcionais. Estes comunidades do plâncton são importantes elementos da produção primária e ciclagem de nutrientes nos sistemas recifais.	Sim. A abundância e composição das frações do pico ao microplâncton apresentou variação em resposta a turbidez, uma variável diretamente influenciada pela contaminação pelo rejeito. Também apresentou variação em função da distância da Foz do Rio Doce, reforçando a sua utilidade como indicadores. Estamos trabalhando na integração de dados de outros projetos para avaliar as repostas destes componentes do plâncton a contaminação por metais, outra variável relacionada a presença do rejeito e a qual as comunidades planctônicas são sensíveis. Há uma integração das análises deste indicador com os indicadores do fitoplâncton não associados aos recifes, sendo complementares.
Variação da densidade numérica e morfologia de zooxantelas simbiotes de corais	A densidade e morfologia de zooxantelas simbiotes de corais responde à forçantes ambientais, como turbidez, contaminação por metais e anomalias térmicas, entre outros, sendo biomarcadores de estresse fisiológico em corais. São sensíveis a impactos persistentes e recorrentes no ecossistema, uma vez que covariam em função da magnitude e abrangência espacial e temporal dos impactos.	Sim. Estiveram associados a gradientes de condições oceanográficas (e.g. luz, turbidez) e refletem o estado de saúde dos holobiontes corais. Além disso, também está associado à resposta dos corais a estressores antropogênicos (e.g. rejeito do desastre) e climáticos (e.g. anomalias térmicas).
Eficiência fotossintética e	Eficiência fotossintética e composição pigmentar são	Sim. Estiveram associados à gradientes de condições

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
composição de pigmentos clorofilianos em corais. (Fundos recifais, macroalgas e rodólitos)	indicadores fisiológicos da saúde do holobionte coral. O processo fotossintético realizado por zooxantelas endossimbiontes em corais é a base da produtividade primária destes holobiontes. A eficiência deste processo vital é diagnóstica do estado de saúde dos simbiontes e, por consequência, dos corais. O teor de pigmentos clorofilianos e seus produtos de degradação (feofitinas) indicam o estado fisiológico dos endossimbiontes do holobionte coral. Em conjunto com informações sobre a densidade e biovolume de zooxantelas, este indicador responde a forçantes ambientais e contaminação, compreendendo um biomarcador de estresse fisiológico. Estes indicadores estão associados a impactos persistentes e recorrentes no ecossistema recifal. Séries temporais permitem avaliar o restabelecimento de populações afetadas pelo desastre.	oceanográficas (e.g. luz, turbidez) heterogeneidade espacial, sazonalidade, às diferentes espécies de corais e suas respostas à estressores climáticos (e.g. anomalias térmicas) e contaminantes (e.g. desastre).
Variação da diversidade genética de zooxantelas simbiontes de corais	A composição de espécies de zooxantelas em corais é uma característica da comunidade que se altera em decorrência de mudanças nas condições ambientais. Diferentes espécies de zooxantelas apresentam distintos limites fisiológicos para estressores ambientais como turbidez (i.e., regime de luz), contaminação por metais ou outros compostos tóxicos e anomalias térmicas, entre outros.	A diversidade genética de simbiontes de corais revelou grande variabilidade na composição de simbiontes entre espécies e áreas (Abrolhos e nos Recifes Esquecidos). Compreender a estruturação taxonômica e espaço-temporal da diversidade genética de simbiontes de corais é essencial para ações de manejo (e.g. planejamento espacial de conservação) e restauração, além de possuir potencial para indicar estresse causado por variações na turbidez, contaminação por metais e anomalias térmicas.
Prevalência de corais branqueados. (Fundos recifais, macroalgas e rodólitos)	O branqueamento e as doenças emergentes representam uma das principais ameaças aos corais, sendo sintomas de estresse e desequilíbrio ambiental. A prevalência de corais branqueados covaria em função da magnitude e abrangência espacial e temporal de impactos e anomalias climáticas. Incide sobre um grupo ameaçado, sensível e chave nos sistemas recifais. Pode indicar tendências (melhora ou piora) nas condições ambientais.	Sim. Esteve associado à heterogeneidade espacial e às diferentes espécies de corais. Também está associado à resposta dos corais aos principais estressores antrópicos e climáticos (e.g. rejeito do desastre e anomalias térmicas).

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Cobertura relativa de corais, macroalgas, tufos de algas e cianobactérias em estruturas recifais. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	A dinâmica de ocupação do espaço nos recifes é resultado de controles ascendentes (e.g. qualidade da água) e descendentes (e.g. biomassa de peixes). O indicador é sensível a impactos persistentes e recorrentes. Séries temporais permitem avaliar tendências de melhora ou piora nas condições dos recifes. Incide sobre grupos funcionais ameaçados, sensíveis e/ou chave em sistemas recifais. Pode indicar tendências (melhora ou piora) nas condições ambientais.	Sim. Será aperfeiçoado com uso de fotomosaicos, fotogrametria e imageamento hiperspectral, aumentando a precisão e acurácia das estimativas com menor custo e tempo de processamento. Está associado à heterogeneidade espacial dos recifes e sua dinâmica temporal em função de estressores antropogênicos (e.g. desastre), climáticos (e.g. anomalias térmicas) e do manejo (áreas protegidas e desprotegidas).
Estrutura de tamanho em assembleias de corais e tridimensionalidade estruturas recifais. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	Estimativas de cobertura dos recifes e da complexidade são a base para o entendimento da dinâmica e funcionamento desses ecossistemas e das consequências do Desastre. Incide sobre grupos funcionais ameaçados, sensíveis e/ou chave em sistemas recifais. Pode indicar tendências (melhora ou piora) nas condições ambientais.	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de um conjunto de variáveis com alto poder para identificar efeitos do desastre sobre corais.
Natureza do sedimento e taxas de sedimentação em bancos de rodolitos e recifes (costeiros e off-shore). (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	A análise da taxa de sedimentação permite quantificar, em escalas espacial e temporal, o aporte e a dinâmica de transporte dos sedimentos que se depositam sobre os recifes, enquanto a natureza do sedimento permite indicar a sua origem, inclusive se proveniente do desastre. Estes indicadores são sensíveis a impactos persistentes e recorrentes no ecossistema recifal, notadamente, os sedimentos finos oriundos da bacia do rio Doce. A análise associada destes dois indicadores pode revelar a abrangência e o grau de atenuação deste, em escala espacial e temporal, sendo que as séries temporais permitirão avaliar tendências de melhora ou piora nas condições ambientais. Estes indicadores são de grande valia para o delineamento de ações de restauração e recuperação da área marinho-costeira afetada pelo desastre, suprimindo lacunas no conhecimento básico, associadas à viabilidade (e.g. riscos e <i>tradeoffs</i>) das	Sim. Estiveram associados aos gradientes de distância da foz do rio Doce e de distância da costa, tendo apresentado sazonalidade significativa, indicando a presença e aporte do rejeito. A aquisição desses dados em longo prazo é fundamental para a avaliação da dinâmica de transporte do sedimento oriundo da Bacia do Rio Doce bem como da abrangência da contaminação relacionada ao desastre. Deve ser mantido também por prover importantes dados para análise e integração de parâmetros químicos e biológicos. A avaliação micromorfológica/elementar será complementar para o aumento da sensibilidade das análises.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	diferentes abordagens possíveis para programas de restauração.	
Taxas de colonização de organismos sésseis nos recifes e bancos de rodólitos. (Fundos recifais, macroalgas e rodólitos)	A colonização dos substratos recifais representa o estágio inicial da comunidade. Ensaios com placas de colonização permitem acessar a saúde recifal em áreas submetidas a diferentes forçantes através da avaliação das taxas de colonização, bem como da diversidade taxonômica dos colonizadores e da contribuição relativa de organismos construtores e não construtores. O indicador é sensível a impactos persistentes. Séries temporais permitem avaliar tendências de melhora ou piora nas condições ambientais, bem como do restabelecimento de populações e comunidades recifais afetadas pelo desastre. É de grande valia para o delineamento de ações de restauração e recuperação da área marinho-costeira afetada pelo desastre, suprimindo lacunas no conhecimento básico, associadas à viabilidade das diferentes abordagens possíveis para programas de restauração. Incidem sobre grupos ameaçados (e.g. corais) ou chave (e.g. algas coralíneas, tufos de algas) nos sistemas recifais.	Sim. Mostrou padrões claros de associação com a heterogeneidade espacial, tanto no gradiente de distância da foz do Rio Doce quanto no gradiente <i>cross-shelf</i> . A aquisição desses dados em longo prazo é necessária para avaliação da saúde recifal, especialmente no que se refere ao efeito do desastre indicando, por exemplo, limitações de recrutamento em determinadas áreas, e a dinâmica de fontes e sumidouros na escala regional.
Composição e diversidade da comunidade de macroalgas nos recifes costeiros adjacentes ao litoral da APA Costa das Algas. (Fundos recifais, macroalgas e rodólitos)	A região de estudo possui uma das floras mais diversificadas da costa brasileira, incluindo diversas espécies indicadoras de qualidade ambiental. A dinâmica de ocupação do recife por macroalgas é resultado, principalmente, de controles ascendentes (e.g. qualidade da água). Assim, o conjunto de indicadores é sensível a impactos persistentes e recorrentes, cujas séries temporais permitem avaliar tendências nas condições ambientais. Incide sobre grupos chave nos recifes costeiros.	Sim. Os indicadores estiveram associados à heterogeneidade espacial dos recifes costeiros em função de diferentes forçantes naturais e diversos estressores antropogênicos (e.g. desastre, poluição costeira). Destaca-se que a estrutura destas comunidades foi afetada pelo desastre (comparando-se com dados pretéritos). A aquisição desses dados em longo prazo é fundamental para a avaliação dos efeitos do desastre e para avaliação de tendências de melhora ou piora nas condições ambientais.
Rodólitos: composição interna e análise de sedimentos associados.	A região de estudo possui os maiores bancos de rodólitos do mundo, mas as forçantes que atuam sobre esse	Sim. Estiveram associados a gradientes de condições oceanográficas, de distância da costa e de distância da foz do rio

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
(Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	ecossistema ainda permaneçam mal conhecidas (e.g. aportes continentais e contaminantes). Estes nódulos calcários são construídos por organismos calcificadores e podem trapear sedimentos adjacentes em interstícios. A mineralogia destes sedimentos internos compreende uma abordagem custo-efetiva e está associada à impactos persistentes, podendo apresentar assinaturas de contaminação. A composição interna (organismos e estruturas internas) indica a estruturação dos bancos de rodolitos em macroescalas espaciais e temporais, associada a impactos persistentes. Estes indicadores incidem sobre grupos chave e espécies engenheiras (e.g. algas calcáreas incrustantes, briozoários).	Doce. A aquisição desses dados é fundamental para a avaliação da extensão dos efeitos do desastre, pois aumenta a capacidade de detecção dos impactos do desastre em bancos de rodolitos, compreendendo uma abordagem custo-efetiva por demandar baixo esforço amostral e resgatar assinaturas de contaminação em macroescalas espaciais.
Diversidade beta em assembleias bênticas de recifes e bancos de rodolitos. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	A diversidade beta identifica componentes centrais da heterogeneidade espacial e temporal em comunidades biológicas, permitindo identificar áreas sob diferentes forçantes, e impactos persistentes e recorrentes. É útil na avaliação de tendências de melhora ou piora nas condições ambientais, bem como de restabelecimento de populações e comunidades biológicas afetadas pelo desastre. Incide sobre comunidades recifais com diversos grupos funcionais ameaçados e sensíveis.	Sim. Trata-se de um conjunto de indicadores baseado em enfoque metodológico utilizado no primeiro ano, com elevado potencial para avaliar o efeito do desastre na biodiversidade de áreas recifais, indicando áreas mais atingidas e sensíveis e, consequentemente, áreas menos atingidas e/ou mais resilientes.
Biodiversidade e processos ecológicos em paleocanais e bancos de rodolitos. (Fundos Recifais, macroalgas e rodolitos)	O mapeamento de megahabitats marinhos na primeira fase do PMBA/FEST-RRDM revelou diversos subsistemas recifais de alta relevância, destacando-se bancos de rodolitos e paleocanais. A caracterização da biodiversidade e processos que operam nesses subsistemas é essencial para detectar a abrangência espacial e temporal dos impactos persistentes e recorrentes. Assim, pode indicar tendências (melhora ou piora) nas condições ambientais. O indicador também possui grande potencial de representar, na região marinho-costeira afetada pelo desastre, áreas	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de um conjunto de indicadores com elevado potencial para identificar efeitos do desastre e relevância em processos de identificação de áreas recifais promissoras para programas de proteção e manejo sustentável.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	chave para a biodiversidade e provimento de serviços ecossistêmicos essenciais. Trata-se de um conjunto de indicadores que incide sobre grupos funcionais ameaçados, sensíveis ou chave.	
Taxas de crescimento de algas calcárias incrustantes (CCA) e de corais (extensão linear de bandas, volume e perímetro das colônias). (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	Corais registram seu crescimento em bandas esqueléticas, funcionando como arquivos oceanográficos de longo prazo. Juntamente com a reconstrução fotogramétrica de colônias, a análise da taxa de crescimento de corais pode indicar alterações ambientais e impactos subletais em escalas temporais longas (décadas). As taxas de crescimento de CCA podem variar em resposta a diversas condicionantes ambientais, como poluição. Estes indicadores podem revelar impactos ambientais nos organismos em macroescalas espacial e temporal, sendo que incidem sobre grupos funcionais chave, um destes ameaçado (corais)	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de indicadores com alto poder para identificar efeitos do desastre em áreas recifais e em bancos de rodolitos. Colocar o evento do desastre no contexto temporal mais abrangente (escala de décadas), no contexto do desastre.
Sobrevivência e saúde de colônias de corais transplantadas. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	Intervenções locais de caráter manipulativo permitem avaliar o restabelecimento de populações e comunidades biológicas afetadas pelo desastre. Trata-se da construção e teste de indicadores de sensibilidade a impactos para avaliar tendências de melhora ou piora nas condições ambientais e o potencial de restabelecimento de populações e comunidades biológicas afetadas pelo desastre. Incide sobre grupos funcionais ameaçados e sensíveis, com papéis chave nos sistemas recifais.	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de um conjunto de indicadores com potencial para identificar áreas mais sensíveis ao impacto do desastre e, conseqüentemente, áreas mais resistentes e resilientes.
Incorporação de elementos traço, elementos raros e metais em bandas de crescimento de corais e algas coralíneas (CCA). (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	Corais e CCA registram as condições climáticas e químicas do oceano em bandas esqueléticas, funcionando como arquivos oceanográficos de longo prazo. Na ausência de <i>baselines</i> , o estudo de bandas de corais e CCA se apresenta como método de escolha para reconstrução de eventos passados. O indicador captura impactos subletais em corais, inclusive da contaminação do ambiente marinho.	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de um indicador com alto poder para identificar efeitos do desastre e colocar o evento no contexto temporal mais abrangente (escalas anuais e decadais) da interação da bacia do rio Doce com o mar, podendo resgatar assinaturas de contaminação em escalas temporais que compreendem desde períodos anteriores ao desastre até o período atual.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	O indicador incide sobre grupos funcionais chave no ecossistema recifal e bancos de rodolitos, sendo um destes ameaçado (corais).	
Integridade celular e composição elementar de macroalgas. (Fundos recifais, macroalgas e rodolitos)	A APA Costa das Algas Macroalgas é uma área de proteção cuja uma das principais características é a elevada diversidade de macroalgas. Estes organismos apresentam respostas variadas às condições ambientais, havendo espécies mais resistentes à poluição por metais (e.g. <i>Padina</i>), os quais se acumulam em níveis subcelulares. Outras espécies, contudo, tendem a ser mais sensíveis à poluição por metais e costumam apresentar alterações celulares típicas. Desta forma, as análises de integridade celular e composição elementar são indicadores essenciais, pois irão refletir os efeitos do desastre, permitindo avaliar tendências de melhora ou piora nas condições ambientais. São indicadores que incidem sobre grupos funcionais chave em uma das principais áreas impactadas pelo desastre.	Não foi utilizado no Ano 1. Trata-se de um conjunto de variáveis com alto poder para identificar efeitos do desastre sobre macroalgas, grupo funcional chave na estruturação do recife costeiro da APA Costa das Algas, adjacente à Foz do Rio Doce. Aumenta a capacidade de detecção dos impactos do desastre utilizando espécies bioindicadoras já validadas e com protocolos consolidados, os quais compreendem uma abordagem com resolução analítica com alta sensibilidade de revelar sinais de contaminação pelo rejeito.

2.4 Anexo 4 - Praias

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Morfodinâmica das praias.	Dependendo da concentração de lama na antepraia, a mesma pode atuar no sentido de amortecer a energia das ondas e alterar o clima de espraiamento refluxo na face da praia, levar a um reajuste da morfologia da praia. Alcances mais altos dos espraiamentos das ondas e o transporte da lama para a praia alta, decorrente do ajuste morfodinâmico pode reduzir a permeabilidade dos sedimentos com alteração na composição e diversidade da fauna bentônica e permitir o alcance do material do rejeito a restinga adjacente.	Já foi utilizado no Ano 1 em 11 estações. Consideramos o indicador qualificado para continuar a ser abordado porque produziu resultados claros e relevantes sobre os processos costeiros que alteram a distribuição dos metais e da comunidade bentônica.
Concentrações elementares.	A concentração de elementos químicos nas amostras de sedimentos pode ser utilizada como um indicador abiótico da presença do rejeito além de permitir a realização de inferências sobre a contaminação do ambiente bem como seus efeitos sobre a comunidade bentônica. Ainda, a análise por difração de raio X nos permitirá realizar uma avaliação da composição mineralógica que será utilizada como um indicador da presença.	Já foi utilizado no Ano 1 em 11 estações. Consideramos o indicador qualificado para continuar a ser abordado porque produziu resultados claros e relevantes sobre a distribuição espacial dos metais na malha amostral bem como avaliar a contaminação do sistema praial por elementos potencialmente tóxicos.
Diversidade da fauna bentônica.	A introdução de lama no ambiente altera a granulometria da praia, que interfere diretamente na composição e distribuição da fauna bentônica, ou indiretamente, devido aos elementos traços associados. Abordagens e testes robustos no monitoramento da biodiversidade associadas aos parâmetros da morfodinâmica e aos elementos traços presentes no local permitirão responder se as modificações observadas na comunidade bentônica são devidas aos impactos por elas experimentados.	No Ano 1 foram observadas variações (reduções ou aumentos) de abundância, riqueza e diversidade da macrofauna, meiofauna e nematofauna bentônica em diversas estações amostradas, com resultados mais claros para as estações ao norte do Rio Doce.

2.5 Anexo 5 – Manguezal

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Estrutura vegetal no Rio Doce.	Produtores primários são a base da cadeia alimentar. O monitoramento da estrutura da população vai permitir avaliar se haverá introdução de outras espécies vegetais, danos na comunidade vegetal e perda do pool de plântulas, bem alterações nos processos sucessionais.	Já foi utilizado para o primeiro ano e seu monitoramento em longo prazo pode ser indicativo de alterações ou não na comunidade vegetal (sucessão). Além do uso do recurso por outras espécies da fauna. Respostas em longo prazo. Bioacumulação dos metais.
Assimilação e fluorescência da clorofila a em <i>Talipariti pernambucense</i> .	Indicador para os estresses fisiológicos causados pelos metais, influência das estações de chuva e seca sobre a assimilação de carbono, diminuição da incorporação do carbono na floresta.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Respostas fisiológicas da planta as concentrações crônicas de metais nas folhas. Além disto, houve identificação de possível alteração no perfil praiar que pode ocasionar processos erosivos e intrusão de cunha salina, possibilitando perda de habitat da espécie uma vez que não é considerada como halófito verdadeira.
Pigmentos fotossintéticos.	Indicador que contribui para o entendimento do estresse fotoquímico das plantas causados pela presença de metais nos sedimentos, sobre o uso da água (efeitos associados a estresse salino e sinergismo com os metais) e incorporação do carbono pela floresta	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Juntamente com o estresse oxidativo poderá indicar estresse causado pelos metais no metabolismo celular. Sua associação com os dados de fluorescência auxilia no entendimento da dissipação de energia e no uso da água pelas plantas.
Metais em folhas de <i>T. pernambucense</i> .	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária. Determina a translocação dos metais dos sedimentos para as folhas e sua biomagnificação na cadeia produtiva, principalmente dos crustáceos decápodos.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. A espécie possui baixa resistência ao sal e o sinergismo de outros tensores pode acarretar em perda de produtividade e biomassa em longo prazo.
Estresse oxidativo em <i>T. pernambucense</i> .	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária. Determina a translocação dos metais dos sedimentos para as folhas e sua biomagnificação na cadeia produtiva, principalmente dos crustáceos decápodos.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Reduzindo para avaliações semestrais neste ponto e monitoramento esporádico após eventos, como cheias e tormentas. Incluir ponto de referência no rio São Mateus como sugestão dos revisores da Renova.
Granulometria, matéria orgânica,	Indicador que associado aos estudos de dinâmica do	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Indicador de

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
carbonatos, metais e hidrocarbonetos em sedimento para o Rio Doce.	estuário permite avaliar as áreas potencialmente mais impactadas que irão comprometer a fauna e flora intertidal. Além disso, permite avaliar espacial e temporalmente a dispersão dos contaminantes.	contaminação e de sua persistência ao longo dos anos, bem como percolação.
Estrutura da população de <i>Cardisoma guanhumi</i> no Rio Doce.	Indicador que permite junto com os dados de contaminação monitorar a população e seu impacto sobre a manutenção do recurso. Competição intraespecífica por condições e recursos que pode agravar a espécie em risco de extinção. Perda de potencial fonte de dispersão da espécie por estrutura populacional com média de tamanho próxima aos máximos para a espécie.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Dados de estrutura populacional permitem que sejam avaliados declínios na população e sua associação com as análises de metais em folhas e sedimento, dão suporte aos estudos sobre o estresse fisiológicos dos crustáceos.
Estrutura da população de <i>Ucides cordatus</i> .	Indicador que permite junto com os dados de contaminação monitorar a população e seu impacto sobre a manutenção do recurso. Competição intraespecífica por condições e recursos que pode agravar a espécie em risco de extinção. Perda de potencial fonte de dispersão da espécie por estrutura populacional com média de tamanho próxima aos máximos para a espécie.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Dados de estrutura populacional permitem que se avalie declínios na população e sua associação com as análises de metais em folhas e sedimento, dão suporte aos estudos sobre o estresse fisiológicos dos crustáceos.
Estrutura vegetal dos estuários dos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê Açu e Mirim e Caravelas.	Produtores primários são a base da cadeia alimentar. O monitoramento da estrutura da população vai permitir avaliar se haverá introdução de outras espécies vegetais, danos na comunidade vegetal e perda do pool de plântulas, bem como alterações no processo sucessional.	Já foi utilizado para o primeiro ano e seu monitoramento em longo prazo pode ser indicativo de alterações ou não na comunidade vegetal. Além do uso do recurso por outras espécies da Fauna. Respostas em longo prazo. Bioacumulação dos metais.
Cobertura do Dossel dos manguezais nos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim, e para Caravelas.	Indicador ainda não apresentou respostas significativas. Há necessidade de avaliação com aumento amostral.	Variabilidade apresentada por este indicador dificulta a análise dos efeitos dos metais sobre o dossel. Não utilizado no Período de Transição, inclusive por questões de pandemia, uma vez que se buscou eliminar a variabilidade sazonal e passaríamos a ter uma avaliação anual.
Assimilação e fluorescência da	Indicador para os estresses fisiológicos causados pelos	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Permite avaliar os

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
clorofila nas espécies dominantes nas parcelas dos manguezais dos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim e Caravelas.	metais, influência das estações de chuva e seca sobre a produtividade, diminuição da incorporação do carbono na floresta.	efeitos dos metais sobre a fisiologia das plantas bem como identificar desvios energéticos para compensação dos efeitos tóxicos do excedente de elementos químicos sobre as plantas. Com outros parâmetros analisados neste indicador e com dados abióticos é possível dissociar o efeito deletério do sódio e cloro sobre os processos assimilatórios. Correlação com estresse oxidativo corrobora este indicador.
Pigmentos fotossintéticos nas espécies dominantes nas parcelas dos manguezais dos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim, e Caravelas.	Indicador que contribui para o entendimento do estresse fotoquímico das plantas causados pela presença de metais nos sedimentos, sobre o uso da água (efeitos associados a estresse salino e sinergismo com os metais) e incorporação do carbono pela floresta.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Juntamente com o estresse oxidativo poderá indicar estresse causado pelos metais no metabolismo celular. Sua associação com os dados de fluorescência auxilia no entendimento da dissipação de energia e no uso da água pelas plantas.
Metais nas folhas das espécies dominantes nas parcelas dos manguezais dos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim e Caravelas.	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária. Determina a translocação dos metais dos sedimentos para as folhas e sua biomagnificação na cadeia produtiva, principalmente dos crustáceos decápodos.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Excesso de metais, principalmente Mn e Fe comprometem a fisiologia de espécie levando a perda de capacidade reprodutiva para manutenção do indivíduo.
Estresse oxidativo das espécies dominantes nas parcelas dos manguezais dos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim e Caravelas.	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária. Determina a translocação dos metais dos sedimentos para as folhas e sua biomagnificação na cadeia produtiva, principalmente dos crustáceos decápodos.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Indicador que corrobora as alterações observadas com a assimilação do carbono e que permitem avaliar a alocação de energia para manutenção do metabolismo em detrimento de crescimento e reprodução.
Granulometria, matéria orgânica, carbonatos, metais e hidrocarbonetos dominantes no sedimento das	Indicador que associado aos estudos de dinâmica do estuário permite avaliar as áreas potencialmente mais impactadas que irão comprometer a fauna e flora intertidal.	Sim e continua qualificado para os próximos anos. Indicador de contaminação e de sua persistência ao longo dos anos, bem como percolação.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
parcelas dos manguezais nos Rios São Mateus, Mariricu, Ipiranga, Barra do Riacho, Manguezais Lateritos da Costa das Algas e dos Rios Piraquê-Açu e Mirim e Caravelas.	Além disso, permite avaliar espacial e temporalmente a dispersão dos contaminantes.	
Experimentos de cultivos <i>ex situ</i> com <i>Rhizophora mangle</i>	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária sob condições controladas. Determina a translocação dos metais das soluções para os diferentes compartimentos das plântulas (caule, folha e raiz). Contribui para avaliar a fonte de estoque de metais na biomassa vegetal nas áreas impactadas e consequentemente contribuir para os processos de mitigação ou reparação do dano.	Sim, pontos de destaque feito pelo revisor do CTBio uma vez que permitiu avaliar a perda energética das plantas desta espécie em condições controlada contribuindo para o entendimento da fisiologia do Fe nas plantas halófitas. Próxima etapa seria a realização de experimentos com sinergismo entre metais o que não foi possível devido à pandemia.
Experimentos de cultivos <i>in vitro</i> com <i>Laguncularia racemosa</i> .	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade primária sob condições controladas. Determina a translocação dos metais das soluções para os diferentes compartimentos das plântulas (caule, folha e raiz). Contribui para avaliar a fonte de estoque de metais na biomassa vegetal nas áreas impactadas e consequentemente contribuir para os processos de mitigação ou reparação do dano.	Sim, pontos de destaque feito pelo revisor do CTBio uma vez que permitiu avaliar a perda energética das plantas desta espécie em condições controlada contribuindo para o entendimento da fisiologia do Fe nas plantas halófitas. Protocolo estabelecido não houve possibilidade de continuidade em função da pandemia.
Assimilação e fluorescência da clorofila nos experimentos <i>ex situ</i> com <i>R. mangle</i> .	Indicador para os estresses fisiológicos causados pelos metais, influência das estações de chuva e seca sobre a produtividade, diminuição da incorporação do carbono na floresta.	Esta etapa teve início no Período de Transição uma vez que se observou que este indicador em situações de controle poderia ser utilizado de forma comparativa com os dados obtidos em campo para a espécie. Indicador extremamente importante que pode ser determinante nos processos de biorremediação, mitigação do dano e reparação.
Metais nas folhas das espécies nos experimentos <i>ex situ</i> com <i>R. mangle</i> .	Indicador que vai contribuir para correlacionar os dados de assimilação, fluorescência e pigmentos na produtividade	Esta etapa teve início no Período de Transição uma vez que se observou que este indicador em situações de controle poderia ser

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	primária. Determina a translocação dos metais dos sedimentos para as folhas e sua biomagnificação na cadeia produtiva, principalmente dos crustáceos decápodes.	utilizado de forma comparativa com os dados obtidos em campo para a espécie. Indicador extremamente importante que pode ser determinante nos processos de biorremediação, mitigação do dano e reparação.
Anatomia e histoquímica das folhas nos cultivos.	Indicador que associado aos estudos de produtividade primária vai permitir avaliar as concentrações residuais dos metais. Entender como ocorre a bioacumulação dos metais nas plantas e correlacionar com o tempo de desenvolvimento da floresta para avaliar processos de mitigação e recuperação.	Este indicador permite numa análise microscópica avaliar os efeitos deletérios sobre o metabolismo celular do aumento da concentração dos metais nos experimentos. Também permite avaliar em qual órgão da planta os metais ficarão bioacumulados, consequentemente, dando subsídios para avaliar o tempo de residência do metal na planta, de acordo com a longevidade do órgão armazenador. Indicador extremamente importante que pode ser determinante nos processos de biorremediação, mitigação do dano e reparação.
Cartografia.	Indicador de mudanças espaciais e temporais de todos os parâmetros analisados em campo.	Indicador eficiente para avaliação expedita dos impactos e que ser torna uma excelente ferramenta para ser utilizada nos processos de transferência de conhecimento para a comunidade atingida.
Estrutura populacional dos decápodes da espécie <i>Ucides cordatus</i> e <i>Cardisoma guahumii</i> nos estuários dos Rios Piraquê (Açu e Mirim), Rio Riacho, Barra Seca, Mariricu, São Mateus e Caravelas e espécies de decápodes do manguezal de franja do RVS de Santa Cruz.	Espécies consideradas como engenheiras para o ecossistema. Espécies de interesse comercial e ecológico. Espécies em risco de conservação.	Sim e produziu resultados que permitiram avaliar o impacto dos metais sobre a biota (realizada pelo Anexo 1) com base no conhecimento ecológico das espécies.
Fecundidade da espécie <i>Ucides cordatus</i> e <i>Cardisoma guahumii</i> nos estuários dos Rios Piraquê (Açu e Mirim), Mariricu, São Mateus e Caravelas e espécies de decápodes do manguezal de franja do RVS de Santa Cruz.	Espécies consideradas como engenheiras para o ecossistema. Espécies de interesse comercial e ecológico. Espécies em risco de conservação.	Sim e produziu resultados que contribuem para a gestão destes recursos que já se encontram sob forte pressão humana e impactos ambientais de diferentes fontes. Sendo uma medida de compensação do dano para as comunidades que dependem do recurso.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Dinâmica dos estuários Rio São Mateus, Mariricu e Piraquê-Açu e Mirim.	Indicadores importantes de dispersão da cunha salina e da interferência da vazão de água doce sobre os processos de deposição de sedimentos e solúveis nos estuários.	Indicador utilizado no Ano 1. Indicadores importantes e que contribuíram para o diagnóstico integrado dos dados nos estuários e entre estuários. Manutenção e complementação de dados de vazão.

2.6 Anexo 5 – Restinga

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Eficiência fotossintética.	A fotossíntese está intimamente ligada à produção primária dos ecossistemas e é excelente indicador de alterações ambientais. A capacidade de absorver luz é o primeiro indicador dessas alterações. Monitoramento com fluorômetro são análises rápidas, relativamente baratas e muito confiáveis. Os medidores de trocas gasosas são universalmente confiáveis para análises de estresse.	Já foi utilizado durante o Ano 1 e os resultados foram muito relevantes. A rapidez e sensibilidade do método serão ampliadas usando mais espécies de cada formação. Biotestes com Fe e Mn e extrato solubilizado do solo presente na área amostral durante o crescimento de mudas poderão validar os dados obtidos no monitoramento <i>in situ</i> .
Fenologia.	Considera-se um indicador qualificado para obtenção de resultados claros e relevantes podendo ser integrado às análises de contaminação de frutos a serem realizadas no Ano 2 e 3.	Foi utilizado no Ano 1 mensalmente. Foram observadas várias espécies sem flores e/ou frutos e encontrada correlação direta com as altas concentrações de Mn e outros elementos traços ao longo das oito estações analisadas.
Germinação de sementes.	Indicador altamente relevante devido a sua relação direta com o aumento na concentração de Mn no sedimento e/ou folhas de espécies analisadas.	Foi utilizado no Ano 1. Observou-se baixa porcentagem de germinação nas oito estações onde foram avaliados os bancos de sementes. Proposta de Bioensaios com Fe e Mn e extrato solubilizado do solo presente na área amostral validarão os dados obtidos <i>in situ</i> .
Reprodução preferencial.	Anomalias ocorridas as fases de divisão celular podem resultar em alterações nas estruturas reprodutoras (grãos de pólen, óvulos, anteras, estigmas, etc.). Análises morfo-estruturais e histoquímicas constituem uma ferramenta importante no monitoramento de estresses ambientais, pois evidenciam quebra das funções vitais de manutenção de espécies.	No Ano 1, a ausência de espécies em algumas estações amostrais preocupou a equipe e foram feitas análises das estruturas reprodutivas. Nas estações 1 e 3 – observou-se queda na germinabilidade de grãos de pólen e alterações nas anteras em espécie com alta concentração de Mn nas folhas. Biotestes de germinabilidade do grão de pólen na presença de elementos traços poderão validarão os dados observados.
Sideróforos.	As análises do microbioma do solo podem indicar potencial de bioacumulação e tolerância a metais. Por isso, essas análises constituem um indicador confiável e uma excelente perspectiva para assistir na fitorremediação dos ambientes contaminados.	Foi utilizado no Ano 1. Constatou-se que houve alto percentual de colônias de bactérias produtoras de sideróforos na rizosfera das comunidades vegetais com maior concentração de Fe, Mn, no sedimento e/ou folhas. Dessa forma a utilização desta metodologia no Ano 2 constituem excelente perspectiva como estratégia de mitigação em um futuro próximo.

Sistema antioxidante e metabólitos primários.	Essas análises permitem uma caracterização ecofisiológica capaz de indicar possíveis respostas a alterações abióticas do ecossistema associadas ao estresse mineral.	Foi utilizado no Ano 1. A equipe considera um indicador qualificado para continuar a ser abordado porque produziu resultados claros e relevantes sobre a sensibilidade temporal e espacial da vegetação aos possíveis efeitos do rejeito.
---	--	---

2.7 Anexo 6 – Megafauna

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Ocorrência de <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> na região que abrange a foz do rio Doce até a foz do rio Piraquê-Açu. (Cetáceos)	Monitoramento por ponto fixo e embarcado para cobrir áreas não cobertas por drones. Além disso, realizar quando possível biópsia dos animais (amostras de animais vivos) e fotoidentificação. Os “Monitoramentos por Pontos fixos” e “Monitoramento por embarque”, permitem a avaliação de ocorrência na costa e a que profundidades e distância da costa e das fozes dos rios os cetáceos estão utilizando o habitat atingido, como estão utilizando, se eles estão concentrando em uma determinada área ou não. Por serem animais de difícil acesso e visualização, o embarque, ponto fixo por drones, acústica e sobrevoos se complementam para respondermos adequadamente as perguntas levantadas.	O indicador foi utilizado no Ano 1 com exceção da fotoidentificação. O indicador é qualificado para continuar a ser abordado no Ano 2 uma vez que, os monitoramentos geraram dados de uso da região afetada pelo rejeito por cetáceos ameaçados de extinção (<i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i>) e espécies que utilizam a área para a reprodução (<i>Megaptera novaeangliae</i>) em uma área além de 3Km de distância da costa, área não amostrada pelo monitoramento por drones. A fotoidentificação poderá auxiliar na identificação de indivíduos residentes e melhor caracterização das populações, e pode ser realizada durante os embarques que já ocorreram no Ano 1.
Presença de filhotes de <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> na composição nos grupos observados na região que abrange a foz do rio Doce até a foz do rio Piraquê-Açu. (Cetáceos)	Monitoramento por ponto fixo e embarcado para cobrir áreas não cobertas por drones. Além disso, realizar quando possível biópsia dos animais (amostras de animais vivos) e fotoidentificação. A flutuabilidade no número de filhotes de golfinhos observados na região afetada pode ser um indicativo da vulnerabilidade das populações ameaçadas ao ambiente impactado. O número de pelo menos um filhote por grupo pode indicar uma população sadia e estável, respondendo aos estímulos do ambiente. Por serem animais de difícil acesso e visualização, o embarque, ponto fixo por drones, acústica e sobrevoos se complementam para respondermos adequadamente as perguntas levantadas.	O indicador foi utilizado no Ano 1 com exceção da fotoidentificação. O indicador é qualificado para continuar a ser abordado no Ano 2 uma vez que, os monitoramentos geraram dados de uso da região afetada pelo rejeito por cetáceos ameaçados de extinção (<i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i>) e espécies que utilizam a área para a reprodução (<i>Megaptera novaeangliae</i>) em uma área além de 3Km de distância da costa, área não amostrada pelo monitoramento por drones. A fotoidentificação poderá auxiliar na identificação de indivíduos residentes e melhor caracterização das populações, e pode ser realizada durante os embarques que já ocorreram no Ano 1.
Registro de comportamento de alimentação de <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> na região que abrange a foz do rio Doce até a foz do	Monitoramento por ponto fixo e embarcado para cobrir áreas não cobertas por drones. Além disso, realizar quando possível biópsia dos animais (amostras de animais vivos) e fotoidentificação. O registro do comportamento de	O indicador foi utilizado no Ano 1 com exceção da fotoidentificação. O indicador é qualificado para continuar a ser abordado no Ano 2 uma vez que, os monitoramentos geraram dados de uso da região afetada pelo rejeito por cetáceos ameaçados de extinção (<i>Sotalia guianensis</i> e

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
rio Piraquê-Açu. (Cetáceos)	alimentação de um animal topo de cadeia em um ambiente impactado, é uma informação muito importante, podendo trazer sinais de recuperação ou indicar que a busca da população por recurso em outra região. Por serem animais de difícil acesso e visualização, o embarque, ponto fixo por drones, acústica e sobrevoos se complementam para respondermos adequadamente as perguntas levantadas.	<i>Pontoporia blainvillei</i>) e espécies que utilizam a área para a reprodução (<i>Megaptera novaeangliae</i>) em uma área além de 3Km de distância da costa, área não amostrada pelo monitoramento por drones. A fotoidentificação poderá auxiliar na identificação de indivíduos residentes e melhor caracterização das populações, e pode ser realizada durante os embarques que já ocorreram no Ano 1.
Taxa anual de encalhes por espécie de cetáceos na costa do Espírito Santo. (Cetáceos)	O monitoramento sistemático de encalhes de cetáceos propicia obtenção de taxas que facilitam comparações e avaliação de potenciais impactos que por ventura venham a prejudicar populações. Cada encalhe constitui num indicador populacional de fenômenos observados com uma vasta gama de informações associadas para pesquisas diversas. No tocante à taxa anual de encalhes por espécies, tal taxa permitirá a comparação interanual, entre distintos períodos e o acompanhamento histórico da evolução dos fenômenos envolvidos do empreendimento contra as populações estudadas.	Sim. A Taxa anual de encalhes por espécie de cetáceos na costa do Espírito Santo tem o potencial de apontar persistência de padrões e/ou alterações dos índices associados com a mortalidade populacional de cada espécie estudada, contudo, sua interpretação só se justifica para o sistema de monitoramento contínuo e de longo prazo, permitindo a interpretação e comparações entre distintos períodos como: A) pré-rompimento da Barragem de Fundão (antes de 2015); B) pré PMBA (de 2015 a 2018); C) PMBA (de 2018 até a duração do PMBA) ; D) continuidade do monitoramento futuro em anos subsequentes. O PMBA se, em termos de encalhe conta com o apoio do Projeto de Monitoramento de Praia da Bacia do Espírito Santo (PMP/BC) e da atuação de duas ONGs com mais de 30 anos de atuação na região e que são parte da REMAB (Rede de Encalhes de Mamíferos Aquáticos do Brasil).
Taxa de distribuição sazonal de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo. (Cetáceos)	Os encalhes revelam e registram os diversos fenômenos que afetam as populações de cetáceos, inclusive, daqueles com potencial de distribuição sazonal, por isso tal taxa auxilia a compreensão dos potenciais efeitos de concentração dada distinta época do ano. Mortalidades semelhantes, porém, distribuídas diferentemente entre estações sucessivas podem passar despercebidas pela simples avaliação das taxas interanuais, então a taxa de distribuição auxilia no refinamento das análises sobre os fenômenos que possam acometer as populações estudadas.	Sim. A resposta para a “Taxa de distribuição sazonal de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo” é semelhante à explicação e embasamento apresentado nos indicados anteriores a saber: “Taxa anual de encalhes por espécie de cetáceos na costa do Espírito Santo”. Os registros permanecerão a ser obtidos pelo potencial revelador do PMP/BC que não possui prazo de conclusão e que permanecerá a ser executado de maneira sistemática e contínua, o que confere, grande potencial para as análises do potencial de impacto do desastre alvo deste estudo.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Taxa de distribuição espacial de encalhes de cetáceos do Espírito Santo em relação à Foz do rio Doce.	Sendo um dos principais alvos do estudo a avaliação das perturbações que por ventura esteja associada com o desastre ambiental do empreendimento, e que, está diretamente associada com a Foz do rio Doce, a avaliação dos efeitos com base no estudo das taxas de distribuição espacial, ou seja, das distâncias em relação à Foz se justifica. Esta taxa se torna ainda mais importante ao se considerar o potencial de resultados possíveis de serem interpretados com o avanço dos estudos e diante dos desdobramentos do potencial de interpretação pela integração de resultados intra e inter-anexos.	Não. Esta taxa nada mais é do que um subaproveitamento das demais taxas apresentadas no contexto do estudo relacionado com o encalhes dos cetáceos, ou seja, outra forma de avaliar resultados associados entre encalhes e o ponto de maior concentração que é por onde chegam os dejetos no mar. Esta taxa baseia-se na avaliação entre distâncias de cada localização geográfica dos encalhes até à Foz do rio Doce e não compreende incremento em custo ou alterações metodológicas.
Taxa de distribuição espacial de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo.	Dentre a sucessão lógica de avaliação dos fenômenos que acometem as populações estudadas, após a compreensão dos fenômenos interanuais e sazonais perceptíveis nos registros de encalhes, faz-se necessário avaliar ao longo do período estudado os padrões e eventuais distúrbios da distribuição espacial das ocorrências, trata-se de uma abordagem prioritária para compreensão de fenômenos associados com os potenciais impactos que venham a afetar os animais estudados.	Sim. A resposta para a “Taxa de distribuição espacial de encalhes de cetáceos na costa do Espírito Santo” é semelhante à explicação e embasamento apresentado nos indicadores anteriores a saber: “Taxa anual de encalhes por espécie de cetáceos na costa do Espírito Santo”. Os registros permanecerão a ser obtidos pelo potencial revelador do PMP/BC que não possui prazo de conclusão e que permanecerá a ser executado de maneira sistemática e contínua, o que confere, grande potencial para as análises do potencial de impacto do desastre alvo deste estudo.
Taxa de óbito para cetáceos do Espírito Santo por diagnóstico da causa da morte.	Os encalhes funcionam como um potencial mecanismo de obtenção aleatória e não orientada de obtenção de amostras populacionais significativas que servem como valiosos indicadores populacionais do status de saúde das populações estudadas. Assim sendo, mediante o potencial revelador dos exames necroscópicos realizados e da interpretação dos exames médicos veterinários que esclarecem processos associados com as taxas de e causas de óbito, tal taxa compreende num dos principais mecanismos de esclarecimento dos reais processos potencialmente associados com a própria mortalidade dos animais estudados.	Sim. A resposta para a “Taxa de óbito para cetáceos do Espírito Santo por diagnóstico da causa da morte” é semelhante à explicação e embasamento apresentado nos três primeiros indicadores associados com o encalhe de cetáceos. Compreender todos os fenômenos que afetam a mortalidade das populações estudadas e saber o quanto cada ameaça afeta as espécies ao longo do tempo de monitoramento é fundamental de ser observado para poder propiciar um modo de inferir quanto e quais de fato foram os prejuízos que estas populações de cetáceos sofreram por conta do desastre do rompimento da barragem de Fundão em Mariana, Minas Gerais.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Índices de diversidade e estruturação genética de cetáceos no litoral do Espírito Santo. (Cetáceos)	Os índices de diversidade e estruturação genéticos permitem inferir a capacidade das populações de cetáceos ocorrentes no litoral do Espírito Santo em permanecerem no ambiente ao longo do tempo, uma vez que pequenas populações e de baixa diversidade genética estariam mais susceptíveis a mudanças ambientais abruptas e efeitos de atividades antrópicas; análises de estruturação genética populacional permitem verificar a existência de uma ou mais populações das espécies de cetáceos na região analisada. Populações pequenas e subdivididas são mais vulneráveis aos impactos ambientais. O número de populações, o tamanho destas, bem como, a diversidade genética de cada uma delas no litoral do Espírito Santo podem influenciar no efeito causado por um impacto ambiental intenso, que pode ser extinções locais, ou até mesmo extinção da espécie em casos extremos. Níveis moderados a elevados de variabilidade geralmente conferem maior probabilidade de sobrevivência de uma população a médio e longo prazos (FRANKHAM et al., 2002). Em espécies ameaçadas, as populações apresentam-se reduzidas e muitas vezes isoladas, o que pode levar a uma consequente perda de variabilidade pela redução do fluxo gênico (FRANKHAM et al., 2002). Desta forma, torna-se importante buscar a manutenção dos níveis de variabilidade das populações. Adicionalmente, a partir da variabilidade genética intrapopulacional é possível estimar o tamanho populacional efetivo, tanto ao longo da história evolutiva daquela população quanto no passado mais recente; analisar flutuações demográficas ao longo do tempo; testar cenários de expansão ou de contração populacional.	Esse indicador já foi utilizado no Ano 1 e fase de transição e é qualificado para continuar a ser abordado uma vez que, produziu resultados significativos sobre a vulnerabilidade genética das populações <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> (ameaçadas de extinção), espécies com maior abundância nos encalhes ao longo do litoral do Espírito Santo, principalmente do litoral de Linhares e São Mateus, que foram as regiões mais afetadas pelo rejeito de minério da Barragem de Fundão. Para essas duas espécies, a partir de marcadores mitocondriais, foi detectada uma menor diversidade genética em áreas mais impactadas e para <i>Sotalia guianensis</i> foi identificada a presença de mais de uma população no litoral do estado.. No Ano 2 as análises populacionais de <i>Pontoporia blainvillei</i> , ameaçada de extinção, e que apresentaram um aumento de encalhes para a região no Ano 1, serão refinadas com um maior número amostral. Será ampliado o número amostral das espécies (pré- e pós-rompimento) e novas metodologias como NGS poderão ser mais adequadas dependendo da espécie. Esse indicador segue os critérios apresentados no TR4 e atende a todos os critérios e premissas colocados pelo Instituto Ekos.
Alterações nas concentrações de elementos-traço em amostras de <i>S. guianensis</i> e <i>P. blainvillei</i> . (Cetáceos)	Pode responder a vetores da degradação ambiental específica causada pelo rompimento da barragem, uma vez que os rejeitos de minério contêm diversos dos elementos analisados por este indicador. Adicionalmente, a lixiviação	Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, uma vez que foi possível observar concentrações de certos contaminantes acima daquelas reportadas para diferentes estados da costa brasileira, inclusive áreas que são conhecidamente mais impactadas que a costa

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	de elementos presentes no sedimento do leito do rio e suas margens, causada pela passagem da lama, carreando estes contaminantes em direção à foz e, conseqüentemente, ao ambiente estuarino/marinho também deve ser considerada.	do Espírito Santo. A ausência de estudos anteriores ao rompimento da barragem de Mariana (MG) dificulta a interpretação dos dados obtidos. Portanto, a continuidade com inclusão da análise de animais coletados pré-rompimento é de fundamental importância, assim como a continuação do monitoramento, que possibilita um número amostral maior, trazendo robustez à interpretação dos dados. As alterações nas concentrações do indicador tendem a variar de acordo com a disponibilidade no meio abiótico e biótico, sendo assim, é possível utilizá-los para avaliar a qualidade do ambiente estuarino e marinho. Este indicador, além de estar previsto no TR4, atende a todos os dez critérios elencados pelo instituto Ekos.
Alterações nas concentrações de HPAs em amostras de <i>S. guianensis</i> e <i>P. blainvillei</i> . (Cetáceos)	Podem responder a vetores da degradação ambiental específica causada pelo rompimento da barragem, uma vez que existe o processo de remobilização, causado pela chegada da lama de rejeitos, destes contaminantes que estavam no sedimento. Estes compostos remobilizados são biodisponibilizados, podendo afetar o padrão de saúde de cetáceos. A lixiviação de contaminantes presentes no sedimento do leito do rio e suas margens, causada pela passagem da lama, carreando estes contaminantes em direção à foz e, conseqüentemente, ao ambiente estuarino/marinho também deve ser considerada. Além disso, os efeitos destes compostos em cetáceos podem ser sinérgicos e/ou similares aos efeitos dos contaminantes presentes na lama do rejeito de minério, desta forma é importante o conhecimento e monitoramento de cada um deles.	Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, uma vez que foi possível observar em <i>Sotalia guianensis</i> concentrações de certos contaminantes acima daquelas reportadas para diferentes estados da costa brasileira, inclusive áreas que são conhecidamente mais impactadas que a costa do Espírito Santo. A ausência de estudos anteriores ao rompimento da barragem de Mariana (MG) dificulta a interpretação dos dados obtidos. Portanto, a continuidade com inclusão da análise de animais coletados pré-rompimento é de fundamental importância, assim como a continuação do monitoramento, que possibilita um número amostral maior, trazendo robustez à interpretação dos dados. As alterações nas concentrações do indicador tendem a variar de acordo com a disponibilidade no meio abiótico e biótico, sendo assim, é possível utilizá-los para avaliar a qualidade do ambiente estuarino e marinho. Estes indicadores, além de estarem previstos no TR4, atendem a todos os dez critérios elencados pelo instituto Ekos.
Alterações nas concentrações de compostos organoclorados em amostras de <i>S. guianensis</i> e <i>P. blainvillei</i> . (Cetáceos)	Podem responder a vetores da degradação ambiental específica causada pelo rompimento da barragem, uma vez que existe o processo de remobilização, causado pela chegada da lama de rejeitos, destes contaminantes que estavam no sedimento. Estes compostos remobilizados são biodisponibilizados, podendo afetar o padrão de saúde de	Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, uma vez que foi possível observar em <i>Sotalia guianensis</i> concentrações de certos contaminantes acima daquelas reportadas para diferentes estados da costa brasileira, inclusive áreas que são conhecidamente mais impactadas que a costa do Espírito Santo. A ausência de estudos anteriores ao rompimento da barragem de Mariana (MG) dificulta a

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	<p>cetáceos. A lixiviação de contaminantes presentes no sedimento do leito do rio e suas margens, causada pela passagem da lama, carreando estes contaminantes em direção à foz e, conseqüentemente, ao ambiente estuarino/marinho também dever ser considerada. Além disso, os efeitos destes compostos em cetáceos podem ser sinérgicos e/ou similares aos efeitos dos contaminantes presentes na lama do rejeito de minério, desta forma é importante o conhecimento e monitoramento de cada um deles.</p>	<p>interpretação dos dados obtidos. Portanto, a continuidade com inclusão da análise de animais coletados pré-rompimento é de fundamental importância, assim como a continuação do monitoramento, que possibilita um número amostral maior, trazendo robustez à interpretação dos dados. As alterações nas concentrações do indicador tendem a variar de acordo com a disponibilidade no meio abiótico e biótico, sendo assim, é possível utilizá-los para avaliar a qualidade do ambiente estuarino e marinho. Estes indicadores, além de estarem previstos no TR4, atendem a todos os dez critérios elencados pelo instituto Ekos.</p>
<p>Alterações nas concentrações de compostos organobromados de origem antrópica em amostras de <i>S. guianensis</i> e <i>P. blainvillei</i>. (Cetáceos)</p>	<p>Podem responder a vetores da degradação ambiental específica causada pelo rompimento da barragem, uma vez que existe o processo de remobilização, causado pela chegada da lama de rejeitos, destes contaminantes que estavam no sedimento. Estes compostos remobilizados são biodisponibilizados, podendo afetar o padrão de saúde de cetáceos. A lixiviação de contaminantes presentes no sedimento do leito do rio e suas margens, causada pela passagem da lama, carreando estes contaminantes em direção à foz e, conseqüentemente, ao ambiente estuarino/marinho também dever ser considerada. Além disso, os efeitos destes compostos em cetáceos podem ser sinérgicos e/ou similares aos efeitos dos contaminantes presentes na lama do rejeito de minério, desta forma é importante o conhecimento e monitoramento de cada um deles.</p>	<p>Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, uma vez que foi possível observar em <i>Sotalia guianensis</i> concentrações de certos contaminantes acima daquelas reportadas para diferentes estados da costa brasileira, inclusive áreas que são conhecidamente mais impactadas que a costa do Espírito Santo. A ausência de estudos anteriores ao rompimento da barragem de Mariana (MG) dificulta a interpretação dos dados obtidos. Portanto, a continuidade com inclusão da análise de animais coletados pré-rompimento é de fundamental importância, assim como a continuação do monitoramento, que possibilita um número amostral maior, trazendo robustez à interpretação dos dados. As alterações nas concentrações do indicador tendem a variar de acordo com a disponibilidade no meio abiótico e biótico, sendo assim, é possível utilizá-los para avaliar a qualidade do ambiente estuarino e marinho. Estes indicadores, além de estarem previstos no TR4, atendem a todos os dez critérios elencados pelo instituto Ekos.</p>
<p>Alterações nas concentrações de compostos organobromados de origem natural em amostras de <i>S. guianensis</i> e <i>P. blainvillei</i>. (Cetáceos)</p>	<p>Pode responder a vetores da degradação ambiental específica causada pelo rompimento da barragem. São compostos naturais produzidos por organismos marinhos que podem ter sua produção alterada devido aos impactos causados pela lama de rejeitos. Desta forma, a acumulação de compostos organobromados de origem natural em cetáceos pode revelar informações de alteração no</p>	<p>Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, uma vez que foi possível observar altas concentrações destes compostos em <i>Sotalia guianensis</i>, provavelmente relacionadas às suas presas estarem em áreas que sofrem forte influência do banco de Abrolhos, um importante recife de corais com alta biodiversidade. As alterações nas concentrações do indicador tendem a variar de acordo com a disponibilidade no meio abiótico e biótico, sendo assim, é possível</p>

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	ambiente (por exemplo: morte dos organismos produtores destes compostos ou mudanças na geoquímica da água, impedindo ou diminuindo a entrada destes compostos na teia trófica).	utilizá-los para avaliar a qualidade do ambiente estuarino e marinho. Este indicador, além de estar previsto no TR4, atende a todos os dez critérios elencados pelo instituto Ekos
Prevalência de histopatologias. (Cetáceos)	A descrição de histopatologias e sua prevalência nos cetáceos, sobretudo as espécies de maior ocorrência, como <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> , considerados organismos bioindicadores, pode apontar problemas na saúde e no ambiente. Substâncias estranhas à composição natural dos organismos podem causar danos à saúde e têm-se evidências que estejam relacionadas a diferentes alterações fisiológicas. Materiais tóxicos podem levar à debilidade orgânica, lesionando órgãos e consequentemente diminuindo a imunidade, levando a infecções secundárias por microrganismos e parasitos. Por isso, o monitoramento dos indicadores que podem apontar efeitos no habitat e saúde dos cetáceos, como as histopatologias, pode levar a respostas mais acuradas sobre as alterações ambientais, naturais ou antrópicas, além de reconhecer se as origens são pontuais ou em cadeia. O monitoramento a longo prazo desses indicadores de saúde em conjunto com outros parâmetros é essencial para apontar a qualidade do habitat e executar qualquer ação de mitigação.	Já foi utilizado no Ano 1. Considera-se o indicador qualificado para continuar a ser abordado no ano 2 porque os resultados são relevantes para compreender e sinalizar, juntamente com os outros índices, a saúde dos indivíduos e do ambiente. Os resultados do Ano 1 e do Período de Transição demonstraram diferentes histopatologias que acometeram os cetáceos, sobretudo para as espécies <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> . Diversos órgãos foram afetados, especialmente o sistema respiratório, fígado, rins e pele, demonstrando que alguns indivíduos apresentavam comprometimento na saúde, além de algumas anomalias ósseas congênitas, que podem indicar a qualidade do ambiente. Atende todas às premissas e todos os critérios propostos pela Ekos Brasil.
Prevalência de patógenos bacterianos e fúngicos. (Cetáceos)	Devido ao fato de os cetáceos serem bioindicadores, a descrição dos patógenos que os acometem pode apontar problemas na saúde e no ambiente, sobretudo avaliando as espécies de maior ocorrência, como <i>Sotalia guianensis</i> e <i>Pontoporia blainvillei</i> . Materiais tóxicos, naturais ou antrópicos, podem levar à debilidade orgânica, lesionando órgãos e consequentemente diminuindo a imunidade, levando a infecções secundárias por microrganismos e parasitas. Os patógenos são importantes para a saúde	Já foi utilizado no Ano 1. Considera-se o indicador qualificado para continuar a ser abordado no ano 2 porque os resultados são relevantes para compreender e sinalizar, juntamente com os outros índices, a saúde dos indivíduos e do ambiente. Os resultados do Ano 1 e do Período de Transição revelaram a presença de diferentes bactérias, sobretudo em <i>Sotalia guianensis</i> , tanto nos orifícios naturais como em lesões patológicas. A presença de determinados patógenos no ambiente pode afetar a saúde dos cetáceos e tem potencial de indicador ambiental. Atende todas às premissas e todos os critérios

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	pública devido à capacidade de causar doenças, atuam como motores de mudança ambiental, podendo causar o desaparecimento de espécies ameaçadas, alterar as proporções de predadores, presas, competidores ou recicladores, necessários ao bom funcionamento dos ecossistemas, por isso o monitoramento desse indicador a longo prazo é considerado uma ferramenta relevante na avaliação da saúde do ambiente e da eventual influência de contaminantes sobre os cetáceos.	propostos pela Ekos Brasil
Ecologia trófica (isótopos estáveis). (Cetáceos)	O estudo das relações tróficas associados às análises ecotoxicológicas de organismos marinhos podem revelar informações importantes sobre a qualidade dos ecossistemas marinhos, assim como contribuir para a compreensão dos processos de bioacumulação e biomagnificação de micropoluentes.	Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, pois os resultados das análises de isótopos estáveis produziram informações relevantes sobre o uso de área para forrageio e alimentação do <i>S. guianensis</i> , sugerindo que estes estejam associados, pelo menos em parte da distribuição, a desembocadura e/ ou entorno dos rios, com certa fidelidade de sítio. A continuação do monitoramento trará uma maior compreensão do estado atual e a investigação dos espécimes coletados antes do rompimento da barragem poderá apontar possíveis alterações nas relações tróficas entre a biota marinha na região costeira sob a influência do Rio Doce direta ou indiretamente associadas ao rompimento da barragem de Mariana (MG).
Idade e reprodução. (Cetáceos)	Os parâmetros biológicos, tais como sexo, maturidade sexual e idade em cetáceos devem ser considerados na interpretação das concentrações de contaminantes, entre outras análises, pois estes parâmetros podem interferir na dinâmica dos poluentes em cetáceos.	Já foi utilizado no Ano 1. Indicador qualificado a continuar, pois são dados extremamente importantes para a interpretação dos resultados de outras análises. Adicionalmente, 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.
Interação com a pesca. (Cetáceos)	As capturas acidentais são uma das principais causas de morte de pequenos cetáceos costeiros no Espírito Santo, especialmente a toninha e o boto cinza, ambos ameaçados	Já foi utilizado no Ano 1. No primeiro ano, os pescadores foram abordados e foram coletados dados sobre o esforço de pesca e as capturas acidentais de cetáceos. No segundo ano, será abordada a

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	de extinção. A chegada dos resíduos e a suspensão da pesca em algumas áreas pode ter afetado a dinâmica entre as interações entre cetáceos e pescadores. Além disso, se houve impacto sobre as presas que botos e toninhas consomem isso também pode afetar as interações dos mesmos com a pesca.	questão da percepção dos pescadores sobre como os resíduos podem ter afetado sua atividade econômica. Isso permitirá entender melhor como a dinâmica pesca/cetáceos pode ter sido afetada. Foi necessário o primeiro ano construindo uma relação de familiaridade entre a equipe de pesquisa e os pescadores para que a abordagem da percepção de impactos pudesse ser abordada.
Recursos alimentares utilizados pelas aves marinhas na área atingida pelos rejeitos. (Aves)	A principal via de contaminação das aves marinhas se dá através da alimentação. Esse é um indicador chave, pois apenas com um conhecimento refinado sobre o que e onde (ver indicador abaixo) as aves marinhas estão alimentando-se, conseguiremos testar uma relação causal dos contaminantes identificados e medidos nos tecidos orgânicos dos organismos no topo da cadeia trófica.	O indicador foi utilizado no Ano 1, e forneceu importantes informações sobre os recursos utilizados atualmente, o que permitiu a identificação de uma mudança, em relação aos dados obtidos pré rompimento, na utilização dos recursos por uma das espécies monitoradas. Entendemos que é crucial não apenas a continuidade da medição de isótopos de carbono e nitrogênio nos tecidos das aves monitoradas em Abrolhos, mas também nas presas utilizadas, e uma identificação detalhada dos itens alimentares regurgitados pelas aves nas áreas reprodutivas.
Áreas de alimentação utilizadas pelas aves marinhas que se reproduzem em Abrolhos. (Aves)	Assim como citado no indicador acima, a principal via de contaminação das aves marinhas se dá através da alimentação. A identificação das áreas de alimentação, utilizadas atualmente pelas aves marinhas, será realizada para testar: (1) a sobreposição com áreas conhecidas atingidas pelos rejeitos da barragem; (2) a fidelidade entre os anos pós-rompimento; (3) a mudança nas áreas utilizadas ou no comportamento, entre os períodos pré- e pós-rompimento.	Já utilizado no Ano 1. Entre as espécies monitoradas, foi observada alteração na área de alimentação para <i>S. leucogaster</i> e <i>P. aethereus</i> , e continuidade no uso da Foz do Rio Doce por <i>P. arminjoniana</i> . Ambas as informações são relevantes para a conservação dessas espécies, pois a mudança de área implica em estresse durante o período reprodutivo, e a continuidade do uso da área atingida implica em maior probabilidade de contaminação.
Avifauna que utiliza a foz do Rio Doce e adjacências para alimentação. (Aves)	O indicador permite saber quais espécies estão utilizando a região atingida pelos rejeitos, tanto no mar quanto na praia.	Foi utilizado no Ano 1. Através de comparações interanuais, será possível testar flutuações nos parâmetros da comunidade que utilizam a área atingida e que estão associadas às variações nos parâmetros abióticos e demais parâmetros bióticos medidos para a área monitorada.
Aves encalhadas na foz do Rio Doce e	O monitoramento das praias, a fim de registrar as espécies	Foi utilizado no Ano 1. Por serem espécies altamente móveis e de topo

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
adjacências. (Aves)	encontradas mortas e suas respectivas abundâncias na área atingida pelos rejeitos, contribui para a compreensão de variações sazonais e interanuais de um potencial impacto da contaminação das áreas de alimentação.	de teia trófica, os potenciais impactos poderão ser observados em médio e longo prazo, o que requer uma continuidade do levantamento dessas informações. Não foi possível resolver questões gerenciais para obtenção no Ano 1 amostras de aves mortas oriundos de Programas de Monitoramento de Praia.
Tamanho populacional, fenologia reprodutiva e sucesso reprodutivo das aves marinhas que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências e se reproduzem em Abrolhos. (Aves)	O indicador traz valiosas informações sobre potenciais efeitos da contaminação das áreas de alimentação sobre a população. Alterações na qualidade do ambiente podem resultar em diminuição do tamanho populacional, alterações no período de reprodução, e falha nos ninhos.	Foi utilizado no Ano 1 e trouxe importantes informações sobre as aves marinhas que se reproduzem em Abrolhos e nas ilhas do Espírito Santo. Apenas a continuidade do monitoramento das áreas reprodutivas, associado à comparação com dados pretéritos, trará informações sobre potenciais efeitos da contaminação sobre as populações monitoradas.
Parâmetros sanitários das aves marinhas que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências. (Aves)	O indicador avalia a condição de saúde dos animais monitorados a fim de identificar potenciais impactos do uso do espaço e dos recursos alimentares, incluindo eventuais efeitos sobre a imunidade. Juntamente com os outros indicadores, possibilita construir um quadro de ameaça às espécies de aves que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências.	Foi utilizado no Ano 1 e trouxe importantes informações sobre o estado de saúde das aves. Foi observada a ocorrência de bactérias multiresistentes e aves desidratadas no arquipélago dos Abrolhos, incluindo espécie ameaçada de extinção, o que ressalta a importância da continuidade do monitoramento dos parâmetros sanitários desses animais.
Diversidade genética das aves marinhas que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências. (Aves)	Os índices de diversidade genética fornecem informação sobre o potencial evolutivo e tamanho efetivo da população, refinando as informações obtidas em campo a partir de contagens de ninho e monitoramento da reprodução. Tais informações são cruciais para compreender o estado de conservação das espécies, especialmente de espécies ameaçadas de extinção. Comparações com dados pretéritos permitem a estimativa de tendência em relação a esses parâmetros.	Foi utilizado no Ano 1, e apenas faz sentido se houver uma continuidade de médio prazo na avaliação desses índices. Aves marinhas possuem longo tempo de geração e, portanto, alterações na diversidade genética a partir de um evento de contaminação das áreas de alimentação seriam detectadas ao longo dos anos subsequentes. No Ano 1 a diversidade genética foi avaliada, principalmente, a partir de dados de microsatélites. No entanto, sugerimos a adição da técnica de ddRADseq, pois há um ganho substancial de informação a partir de um baixo investimento relativo. O TR encontra-se desatualizado com relação às técnicas analíticas moleculares, dado o rápido avanço nesta área.
Avaliação de saúde das tartarugas marinhas juvenis <i>Chelonia mydas</i> que	O indicador avalia a condição de saúde dos animais monitorados a fim de identificar potenciais impactos	No primeiro ano foram identificadas diferenças importantes nos parâmetros de saúde, como aumento da presença de epibiontes e de

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
utilizam a APA Costa das Algas como área de alimentação e comparação com animais que se alimentam em áreas controle. (Tartarugas)	relacionados à alimentação da espécie na área de exposição aos rejeitos (Aracruz - ES) comparado com áreas controle (Coroa Vermelha - BA, Arquipélago dos Abrolhos - BA, Piúma - ES e Setiba - ES).	fibropapilomatose e distúrbios do sistema imunológico entre as tartarugas da APA Costa das algas e da área controle (Coroa Vermelha). O que ressalta a importância da continuidade do monitoramento dos parâmetros de saúde desses animais.
Recursos alimentares utilizados pelas tartarugas marinhas na área atingida pelos rejeitos e áreas controle. (Tartarugas)	A principal fonte de acumulação de metais em tartarugas marinhas é a dieta. Esse é um indicador importante, pois poderemos relacionar os níveis encontrados nos alimentos com os níveis que estão sendo encontrados no sangue das tartarugas marinhas e assim verificar o quanto de metais está passando dos alimentos para os animais.	Não foi utilizado no primeiro ano. Trará resultados sobre a via de contaminação das tartarugas marinhas e o quanto é absorvido através dos alimentos. Sendo de extrema importância para explicar os níveis encontrados no sangue e na carapaça dos animais.
Níveis de orgânicos em fêmeas de <i>Caretta caretta</i> e juvenis de <i>Chelonia mydas</i> . (Tartarugas)	O indicador traz uma potencial relação de causa e efeito direto a partir da contaminação das áreas utilizadas pelas tartarugas marinhas.	A avaliação no Ano 1 trouxe informações importantes sobre os níveis desses elementos no sangue, carapaça, ovos, ovos não eclodidos e natimortos de tartarugas marinhas. A continuidade do uso do indicador é crucial para compreender a magnitude da contaminação das tartarugas marinhas que utilizam as áreas impactadas pelos rejeitos. Nesse contexto, é extremamente importante que o indicador esteja associado aos demais indicadores (alimentação, uso da área, saúde, biomarcadores e diversidade genética), para que se possa ter um cenário multifatorial para entender os efeitos nos animais e em suas populações como um todo.
Avaliação do sucesso reprodutivo e correlação com níveis de metais em ovos e fêmeas de <i>Caretta caretta</i> e ovos de <i>Dermochelys coriacea</i> . (Tartarugas)	O indicador serve para compilar informações sobre potenciais efeitos da contaminação na região da foz do Rio Doce ao longo do tempo. Alterações no sucesso reprodutivo podem resultar em diminuição do tamanho do pool reprodutivo e populacional, e elevar o grau de ameaça de extinção das duas espécies.	A avaliação do Ano 1 permitiu que se desenhasse um cenário multifatorial que influencia na reprodução da espécie. Apenas a continuidade do monitoramento das áreas reprodutivas, associado à comparação com dados pretéritos, trará informações sobre potenciais efeitos da contaminação sobre o pool reprodutivo do Espírito Santo que é o 2º maior sítio reprodutivo do Brasil.
Avaliação de saúde das fêmeas de <i>Caretta caretta</i> que utilizam a área da foz do Rio Doce para desovar e comparação com animais que	O indicador avalia a condição de saúde dos animais monitorados a fim de identificar potenciais impactos relacionados à desova na área de exposição aos rejeitos (Povoação - ES) comparado com área controle (Praia do	No primeiro ano foram identificadas diferenças importantes nos indicadores de saúde entre as tartarugas que desovam próximo a foz do Rio Doce e da área controle Praia do Forte. A avaliação em longo prazo permitirá identificar as correlações com as concentrações de

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
desovam em área controle. (Tartarugas)	Forte-BA ou Areembepe-BA).	contaminantes nas duas áreas e os efeitos sobre a saúde. Essa avaliação é extremamente relevante para se distinguir dentre os diversos fatores que afetam a saúde e a influência dos metais nas tartarugas marinhas.
Biomarcadores de estresse oxidativo, dano oxidativo e disrupção endócrina em fêmeas e juvenis expostos aos rejeitos. (Tartarugas)	A avaliação do estresse oxidativo permite a verificação da capacidade de defesa dos organismos e da metabolização de compostos tóxicos. Já a quantificação dos hormônios sexuais irá determinar se há um desequilíbrio nos níveis normais, o que pode ocasionar problemas na saúde, reprodução, desenvolvimento e comportamento dos animais. Esses biomarcadores fornecem informação sobre o potencial de detoxificação e efeitos no organismo dos animais. Tais informações são cruciais para compreender as consequências dos poluentes em vários níveis de organização biológica. Comparações com dados pretéritos de saúde, reprodução e níveis de metais pesados permitem a estimativa de tendência em relação a esses parâmetros.	Não foi utilizado no primeiro ano. Recomenda-se a inserção PMBA/FEST-RRDM, pois esses parâmetros ajudarão a entender melhor os efeitos da contaminação pelos rejeitos que já estão sendo observados na saúde das tartarugas marinhas. A relação entre os hormônios sexuais e os resultados já obtidos poderá explicar melhor os danos ocasionados a saúde e ao comprometimento reprodutivo. Já o estresse oxidativo irá fornecer pistas sobre os mecanismos de ação dos contaminantes. Nesse contexto, é extremamente importante que o indicador esteja associado aos demais indicadores (reprodução, saúde, níveis de metais), para que se possa elucidar da melhor forma os efeitos que já estão sendo observados.
Diversidade e genética, estrutura genético-populacional e tamanho efetivo das populações de tartarugas marinhas (área reprodutiva e de alimentação) que utilizam a foz do Rio Doce e adjacências. (Tartarugas)	Os índices genético-populacionais fornecem informação sobre o potencial evolutivo, saúde genética e tamanho efetivo das populações, refinando as informações obtidas em campo a partir do monitoramento da saúde (IMD), do número de ninhos, taxa de eclosão, número de natimortos e outros dados relativos a reprodução, avaliados pelos colaboradores do Projeto TAMAR. Tais informações são cruciais para compreender o estado de conservação e propor unidades de manejo, especialmente para espécies ameaçadas criticamente ameaçadas de extinção. Comparações com dados pretéritos permitem a estimativa de tendência em relação a esses parâmetros.	O indicador foi utilizado no Ano 1 (sequências moleculares do DNA mitocondrial e microssatélites), e apenas faz sentido se houver uma continuidade em médio e longo prazo na avaliação desses índices. Tartarugas marinhas possuem tempo de geração longo e, portanto, alterações na diversidade genética a partir de um evento de contaminação das áreas reprodutivas e de alimentação seriam detectadas ao longo dos anos subsequentes. No Ano 1, a diversidade genética foi avaliada também utilizando-se amostras pré-rompimento da barragem. No entanto, não foi possível obter muito sucesso com o N amostral pré-rompimento e é necessário ampliar as colaborações para que sejam obtidas mais amostras do período anterior. Também sugere-se adicionar uma nova técnica molecular (ddRADseq), que poderá fornecer ganho substancial de informação a partir de um baixo investimento relativo.
Avaliação da bioacumulação de	O indicador avalia a exposição a metais dos animais da base	Não foi utilizado no primeiro ano. Recomendamos a inserção

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
metais em tartarugas de cativeiro das bases do projeto TAMAR em Regência e Vitória. (Tartarugas)	do projeto TAMAR de Regência que foram expostos à água do mar e alimentos provenientes da região da Foz do Rio Doce. A avaliação do plasma x carapaça permite avaliar a contaminação recente e antiga por metais e a comparação com animais de Vitória complementa a avaliação da exposição na foz do Rio Doce.	PMBA/FEST-RRDM, pois esses animais de cativeiro foram seguramente expostos à contaminação pelo rejeito e sua periódica ressuspensão, desde o rompimento até hoje. A avaliação desses animais e a comparação com os de vida livre poderá elucidar se de fato houve uma bioacumulação nas tartarugas marinhas expostas e estabelecer um parâmetro de comparação e uma linha de base do efeito da exposição.
Uso do hábitat da megafauna costeira nas áreas mais impactadas pela lama de rejeito (até 3 km da costa). (Sobrevoos)	Espécies de topo de cadeia são bons indicadores de mudanças ecossistêmicas. Por isso, o monitoramento do uso de áreas mais impactadas pode mostrar se mudanças nos ambientes afetaram o uso desse espaço para funções vitais. O dronemonitoramento permite obter esse indicador de maneira rápida e precisa a um custo relativamente acessível, pois dispensa o uso de embarcações.	Já foi utilizado no Ano 1. Considera-se o indicador qualificado para continuar a ser abordado porque produziu resultados claros e relevantes sobre a sensibilidade de espécies altamente ameaçadas de extinção ao impacto dos rejeitos.
Identificação de habitats críticos para a megafauna. (Sobrevoos)	Uma das medidas reparadoras mais importantes para restaurar as populações da megafauna seria a criação de áreas protegidas. Sendo assim, é importante identificar os ambientes dos quais a megafauna depende para subsidiar as propostas de criação dessas novas áreas. Além disso, a visita repetida a esses habitats permitirá saber sobre a manutenção de sua integridade ao longo dos anos.	Já foi utilizado no Ano 1. Propõe-se uma redução no esforço amostral a partir do ano 2, concentrando o esforço apenas nos habitats mais críticos identificados.
Comportamento acústico de cetáceos nas áreas costeiras e oceânicas impactadas pela lama de rejeito. (Sobrevoos - Bioacústica)	Os cetáceos dependem quase que exclusivamente do sentido acústico para sua sobrevivência. Em vista disso, as emissões acústicas são, em potencial, o componente comportamental mais sensível e prontamente modificado e/ou impactado após mudanças ambientais. O monitoramento acústico permite avaliar a relação entre fatores ambientais (ex.: turbidez) e as vocalizações; apontando como os animais lidam com mudanças no seu ambiente. Isso tem implicações a nível individual e populacional, e, conseqüentemente, nos permite apontar tendências no reestabelecimento das populações.	Já foi utilizado no Ano 1. O indicador mostrou resultados claros e relevantes sobre como cada uma das espécies ocorrentes, incluindo espécie altamente ameaçada (<i>Pontoporia blainvillei</i>), sofrem e/ou respondem acusticamente ao impacto de produzido pela chegada da lama na área costeira. Essa influência se deu principalmente devido ao aumento da turbidez com a chegada da lama que impõe uma maior atenuação e degradação das vocalizações dos animais. A atenuação e degradação pela modificação brusca do ambiente geram alterações na funcionalidade da vocalização em questão. As alterações observadas nas vocalizações de forrageio podem gerar a necessidade de redirecionamento energético por parte dos indivíduos com impacto

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
		potencial na taxa reprodutiva. A continuidade desta metodologia permitirá avaliar em caráter mais extenso e aprofundado o impacto gerado.
Distribuição espacial e ocorrência de cetáceos, camarões e peixes nas áreas costeiras e oceânicas. (Sobrevoo - Bioacústica)	O monitoramento acústico apresenta a vantagem de não ser dependente de se avistar um animal para estudá-lo. Isso é especialmente importante para os cetáceos de comportamento críptico e para quando não estão disponíveis visualmente. Além disso, o monitoramento acústico é a única metodologia capaz de fazer o registro de animais no período noturno. O monitoramento acústico possibilita ainda avaliar a ocorrência e a distribuição de peixes e camarões, que fazem parte da dieta dos cetáceos, e, consequentemente, elucidar como se dá a relação entre presença dessas presas e a distribuição dos cetáceos diante das modificações que o ecossistema costeiro sofreu. Considerando os diferentes níveis de impacto ao longo de toda área estudada, através do monitoramento acústico possibilitará avaliar as evoluções temporais e espaciais da ocorrência e distribuição de cetáceos através de suas vocalizações e suas relações ecossistêmicas principalmente quanto à presença de presas. Esse monitoramento se torna fundamental para quando os indivíduos não estão disponíveis visualmente, além de situações de baixa visibilidade e período noturno.	Já foi utilizado no Ano 1. Os resultados alcançados sobre a distribuição espacial de cetáceos, peixes e camarões, utilizando a metodologia da bioacústica, são robustos permitindo análises para uma compreensão ecossistêmica. Os resultados do Ano 1 relativos à espacialização de eventos acústicos, mostraram que os cetáceos e camarões estão amplamente distribuídos na área de estudo, ao contrário dos peixes de ocorrência concentrada na foz do Rio Doce. A continuidade no Ano 2 nos permitirá avaliar a dinâmica que envolve o uso do ambiente pelos animais e sua relação com presas e associar ao efeito que a turbidez provoca nas vocalizações. Por isso, propomos que, a etapa de campo do subprojeto de Bioacústica que hoje ocorre em um único período do ano, seja dividida em duas etapas anuais, para que estações sazonais diferentes sejam monitoradas. A proposta de duas etapas anuais (verão e inverno) não resulta em aumento de custos ou novas abordagens metodológicas.
Abundância da megafauna costeira na plataforma continental do ES, incluindo as áreas mais impactadas pela lama de rejeito. (Sobrevoo)	O monitoramento aéreo tripulado estima a abundância total e relativa de espécies da megafauna marinha. A partir desse conhecimento é possível avaliar tendências populacionais das espécies indicadoras, como toninha, baleia-jubarte e tartarugas-marinhas, entender se a megafauna está conseguindo se reestabelecer na região e se as ações de restauração, recuperação e compensação estão surgindo efeito no tamanho populacional dessas espécies. Embora existam dados pretéritos de monitoramento aéreo tripulado	Já foi utilizado no Ano 1. O indicador foi considerado qualificado para continuar a ser empregado, pois produziu resultados satisfatórios de estimativas de abundância não apenas para as espécies alvos, mas também para quelônios, aves marinhas e elasmobrânquios.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	para a região, os quais poderiam ser utilizados como informações de base, diferenças relacionadas à área de cobertura, esforço total e experiência dos observadores compromete a comparação direta das informações. Assim, entende-se que é mais conservador avaliar o potencial impacto do rompimento da barragem com base nos resultados que vêm sendo gerados.	
Distribuição da megafauna costeira na plataforma continental do ES, incluindo as áreas mais impactadas pela lama de rejeito. (Sobrevoos)	O monitoramento aéreo tripulado permite a avaliação espacial da distribuição em larga e em fina escala de espécies da megafauna marinha. A partir desse conhecimento é possível avaliar se a área de vida de espécies indicadoras, como toninha, baleia-jubarte e tartarugas-marinhas, está diminuindo, se mantendo estável ou aumentando. Dessa forma, a variação na distribuição e concentração de animais permite a compreensão se a megafauna está se reestabelecendo na região e se as ações de restauração, recuperação e compensação estão surgindo efeito na área de vida dessas espécies. Embora existam dados pretéritos de monitoramento aéreo tripulado para a região, os quais poderiam ser utilizados como informações de base, diferenças relacionadas à área de cobertura, esforço total e experiência dos observadores compromete a comparação direta das informações. Assim, entende-se que é mais conservador avaliar o potencial impacto do rompimento da barragem com base nos resultados que vêm sendo gerados.	Já foi utilizado no Ano 1. O indicador foi considerado qualificado para continuar a ser empregado, pois produziu resultados satisfatórios sobre a distribuição geográfica não apenas para as espécies alvos, mas também para quelônios, aves marinhas e elasmobrânquios.

2.8 Anexo 7 – Ictiofauna Dulcícola

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Desempenho reprodutivo.	A identificação utilizada para determinar o estágio de maturação gonadal em peixes coletados no Ano 1 servirá para caracterizar como a ictiofauna está utilizando a calha do Rio Doce para fins reprodutivos. Essa informação será útil para entender os processos de repovoamento. A partir do ano 2, os estágios de maturação serão determinados apenas para o período de seca.	Não foi utilizado no Ano 1. A abordagem histopatológica e de análises químicas das gônadas, serão utilizadas em peixes fixados do Ano 1 e deve ser introduzida no ano 2, com o objetivo de evitar erros de classificação macroscópica dos estágios de maturação das espécies. Dados preliminares sugerem desempenho diferente entre espécies exóticas e nativas e será testado o desempenho reprodutivo entre elas.
Presença ou ausência de patologias associadas à presença de metais nas gônadas.	Diante dos achados nas pesquisas da Rede sobre acúmulo de metais pesados nos músculos dos peixes, sabe-se que em altas quantidades, eles se tornam prejudiciais para o organismo, estendendo-se às gônadas e, consequentemente, afetando a reprodução. Esta análise permitirá uma correlação mais direta entre possíveis histopatologias e o teor de metais presentes nas gônadas.	Não foi utilizado no Ano 1. A identificação dos metais nas gônadas poderá indicar alterações morfológicas, além de complementar as análises realizadas no Anexo 1 o qual inclui brânquias e fígado. Padrões a serem monitorados: fibrose, calcificação, proliferação e degradação do DNA nas gônadas. Esta análise permitirá vislumbrar o grau de adaptação de cada espécie ao ambiente e possivelmente contribuirá para a compreensão do sucesso das espécies introduzidas em comparação com as espécies nativas.
Composição e estrutura de comunidades de peixes (abundância e biomassa das espécies introduzidas e nativas) e de macrofauna bentônica.	Através de um maior esforço de amostragem no período de seca, será possível uma maior captura de indivíduos e de espécies. Identificar o maior do número de espécies é primordial para monitoramento, para o entendimento dos impactos gerados, e recuperação de bacias hidrográficas. Além disso, o protocolo avalia uma série de características do ambiente relacionada ao estado físico dos habitats e influências antrópicas regionais e locais, fundamentais para subsidiar os programas de monitoramento biológico, ecológico e recuperação da bacia do Rio Doce em longo prazo.	Não foi utilizado no Ano 1. Através do protocolo será possível identificar como características relacionadas aos habitats e micro-habitats físicos, dimensões hidro-geomorfológicas, vegetação ripária, uso e ocupação do solo e impactos antrópicos afetam a ictiofauna e a macrofauna bentônica. Além disso, resolve uma lacuna de amostragem que foi evidenciada no Ano 1 do projeto, onde poucos pontos amostrais foram utilizados, inviabilizando análises estatísticas que pudessem detectar padrões de distribuição e abundância das espécies. Com a nova abordagem (aplicação do protocolo IBI - Índice de Integridade Biótica, adaptado da USEPA - United States Environmental Protection Agency) será possível o levantamento de dados para a criação de métricas ambientais robustas que servirão para a criação de índices de integridade biótica considerando peixes e macrofauna bentônica. No ano 3 a aplicação da abordagem IBI visa o monitoramento da biodiversidade complementar a observada na calha.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Determinação da estrutura trófica das espécies de peixes (e.g. número de guildas e composição de espécies nas guildas) e macroinvertebrados bentônicos.	Através da ecologia trófica é possível identificar os recursos alimentares consumidos pelas espécies, além de indicar possíveis estruturas tróficas ao longo dos trechos amostrados.	Sim, foi utilizado no Ano 1 para peixes. Mostrou resultados interessantes sobre a biologia alimentar das espécies, com descrições de hábitos alimentares, até então, não disponíveis em literatura e propiciou o levantamento de hipóteses sobre a estruturação trófica relacionadas a passagem do rejeito de minério na calha do rio. Assim, diante da nova proposta baseada no protocolo IBI, a continuidade das análises estomacais complementará os dados obtidos no levantamento da macrofauna bentônica, uma vez que se poderá afirmar se as espécies de peixes estão consumindo os itens mais abundantes no ecossistema; permitirá uma análise mais robusta comparando-se o consumo de recursos pelas mesmas espécies entre calha e afluentes; serão testadas as hipóteses formuladas a partir dos resultados do Ano 1: (1) espécies exóticas de hábito generalista predominam na calha principal e as espécies especialistas predominam nos ambientes de afluentes. (2) A calha apresenta domínio de espécies exóticas carnívoras por este ambiente estar em processo de recolonização. Esta análise será complementada com a análise de isótopos estáveis, especialmente nas espécies que se alimentam de perifiton e de detritos.
Identificação molecular de espécies de peixes.	O DNA Barcoding permite: identificar espécies crípticas, diminuir incertezas taxonômicas, evidenciar espécies candidatas para estudos de variação espacial ou biogeográfica, realizar estudos de diversidade taxonômica, composição das comunidades e preservar testemunhos da diversidade genética atual. As informações serão úteis para diagnóstico da diversidade de espécies e genética das populações na implementação de programas de recuperação de áreas degradadas na bacia e acompanhamento da evolução do repovoamento de espécies.	Sim, foi utilizada no Ano 1, como previsto no TR4. A continuação será fundamental para suprir as lacunas no andamento do projeto no Ano 1, visto que o esforço amostral até então não foi suficiente para cobrir toda a diversidade de espécies. Além disso, o número amostral para muitas das espécies identificadas ainda não foi suficiente para as análises de divergência de sequências e para o diagnóstico preciso de espécies novas. Muitas espécies podem não ter sido coletadas e ainda carecem de melhor identificação.
Diversidade genética de populações de peixes.	Marcadores genéticos de sequência de DNA variáveis e microssatélites hipervariáveis permitem: estimar os níveis históricos e atuais de diversidade genética das populações de espécies de peixes, verificar a dinâmica demográfica das populações devido à expansão e/ou redução populacional no tempo (permitindo inferir os eventos naturais ou antrópicos causadores) e avaliar a conectividade das	Sim, foi utilizada no Ano 1, como previsto no TR4. A continuação será fundamental para suprir as lacunas no andamento do projeto no Ano 1, visto que até então o número amostral das 15 espécies que estão sendo estudadas ainda não cobre toda a área amostral de forma suficiente para a realização de análises robustas. Marcadores microssatélites foram desenvolvidos e testados para as espécies no Ano 1. O volume de dados coletados a partir dos marcadores é grande,

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	populações de peixes na calha do Rio Doce e afluentes.	sobretudo microssatélites, e estão sendo processados. Haverá um esforço maior de trabalho com os dados microssatélites no ano 2, o que permitirá responder questões demográficas das populações de peixe devido a eventos recentes.
Identificação ambiental de espécies de peixes.	Esse método fornece meios não-invasivos, utilizando apenas amostras de água do Rio Doce, para identificação de múltiplos táxons sem a necessidade de coleta direta de amostras de tecidos de peixes. Permite identificar espécie que não são capturadas em apetrechos de pesca e espécies com baixa frequência no ambiente, e que por isso são mais difíceis de serem capturadas. Mesmo com pequenas quantidades de DNA das espécies presentes na água é possível a identificação.	Não foi utilizado no Ano 1. Entretanto, já tem sido empregado com sucesso em outros monitoramentos ambientais. Permitirá monitorar a presença dos peixes nos ambientes, recuperação de áreas degradadas na bacia e acompanhamento da evolução do repovoamento de espécies, de forma complementar aos demais métodos. Será empregado como método rápido e prático de coleta de amostra ambiental, permitindo a coleta de amostra do rio mesmo quando estiver com nível baixo e não permitir uso dos métodos de coleta tradicionais de peixes. Permitirá também aumentar a malha amostral para outros pontos monitorados pelo PMBA/FEST-RRDM, onde são feitas coletas de água e dados, mas não é realizada a coleta de peixes. Isso permitirá testar se a diversidade ou a presença de espécie de peixes do ponto monitorado está correlacionada com algum parâmetro físico e/ou químico que está sendo analisado em outros anexos do PMBA/FEST-RRDM.

2.9 Anexo 7 – Ictiofauna Marinha

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Adequação e integração da malha amostral do PMBA/FEST-RRDM.	O monitoramento dos diferentes componentes da biodiversidade bem como dos parâmetros abióticos, de forma integrada no espaço e ao longo de um gradiente de distância do rio Doce, permitirá analisar não só as possíveis inter-relações entre os múltiplos grupos biológicos e níveis tróficos estudados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM, mas também entre estes e as propriedades químicas, físicas e estruturais do ambiente, incluindo a concentração de rejeito. Tal monitoramento permitirá uma análise robusta de potenciais impactos, possibilitando estimar o efeito individual e sinérgico da contaminação por rejeito e de fatores naturais na abundância de espécies chave, sensíveis, raras ou ameaçadas e em descritores ecológicos das comunidades.	Sim, mas apenas nos ambientes aquáticos continentais (Anexo 3 dulcícola). A coleta integrada de dados no espaço, aliada ao uso da técnica analítica de partição das variâncias, permitiu separar os efeitos do rejeito de mineração daqueles associados a outras variáveis naturais e antrópicas nos parâmetros biológicos de interesse. Considerando os fundamentos do planejamento amostral para monitoramento da biodiversidade, as dificuldades enfrentadas no primeiro ano para integração dos dados e os resultados já alcançados dentro e fora da RDDM, sugere-se que a malha amostral do ambiente costeiro seja readequada e padronizada, tanto quanto possível, entre os diferentes Anexos.
Estrutura de comunidades (riqueza, diversidade, dominância, entre outros índices) e populações (abundância e biomassa relativas, tamanho, entre outros aspectos) de peixes e crustáceos.	A composição e estrutura das comunidades e populações aquáticas sofrem mudanças naturais ao longo do tempo. Em virtude da ausência de dados pretéritos ao impacto nos estuários e áreas costeiras adjacentes, apenas o acompanhamento de longo prazo da ictiofauna e carcinofauna poderá evidenciar tais mudanças. O conhecimento das variações espaço-temporais destas comunidades e populações permitirá ainda validar a eficácia das medidas de mitigação e reparação dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem.	Sim. No Ano 1 foram detectadas discrepâncias em comunidades e populações de peixes e crustáceos (baixa equitatividade, substituição de espécies, dominância de espécies resilientes) no rio Doce em relação aos demais estuários amostrados. Portanto, os índices ecológicos das comunidades e as alterações populacionais compreendem indicadores essenciais destas mudanças. Considerando ainda a adequação da malha amostral, cujos dados oceanográficos serão incorporados às análises biológicas, será possível detectar de forma precisa o efeito do desastre sobre as comunidades e populações de peixes e crustáceos na área de impacto.
Ecologia trófica (nutricional e isotópica) de camarões e peixes estuarinos na foz do Rio Doce.	Peixes e camarões são os principais recursos pesqueiros do Espírito Santo, incluindo a região costeira adjacente à foz do Rio Doce. Comparar aspectos da ecologia de espécies em áreas sob a influência da lama de rejeitos e fora desta área é fundamental para entender se o impacto ocorrido provocou mudanças na assimilação de nutrientes e nicho	Não. No entanto desde o início do PMBA/FEST-RRDM esteve previsto para ser implementado no ano 2 e reconhecido como metodologia fundamental, segundo o TR-4. Adicionalmente, a metodologia de isótopos estáveis foi aplicada pelo Ictiolab-UFES em pesquisa recente (anterior ao PMBA/FEST-RRDM) acerca do impacto da lama de rejeitos na ictiofauna do Rio Doce e os resultados iniciais em 6

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	ecológico das espécies que ali vivem. Se confirmados, a segurança alimentar e nutricional de famílias dependentes da pesca e a cadeia produtiva pesqueira da região podem ser afetadas pelo desequilíbrio ecológico ocorrido na biologia dos estoques pesqueiros.	espécies de peixes apontaram mudanças no nicho ecológico das mesmas após o rompimento da barragem. Dessa forma, estudos futuros detalhados permitirão a continuidade da avaliação dos impactos decorrentes do desastre na ecologia trófica dos principais recursos pesqueiros da região, tendo em vista o potencial já demonstrado pela metodologia. Por último e baseado no exposto acima, sugere-se ainda que a metodologia de isótopos estáveis seja aplicada em caráter transversal aos Anexos do PMBA/FEST-RRDM de forma que viabilize a investigação acerca das consequências do impacto nos diversos ambientes e táxons cobertos pelo projeto.
Isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$) em espécies chave de peixes.	As análises de isótopos estáveis em otólitos permitirão comparar as características tróficas (nicho isotópico, diversidade trófica, etc.) da ictiofauna entre os períodos pré- e pós-rompimento. Portanto, possibilitarão inferências mais robustas acerca dos potenciais impactos na cadeia trófica do Rio Doce e adjacências, assim como uma melhor compreensão dos processos de bioacumulação e biomagnificação de poluentes.	Não. Porém, análises preliminares utilizando isótopos estáveis, realizadas pelo Ictiolab-UFES, já revelaram evidências de impactos do rompimento na ecologia trófica da ictiofauna do rio Doce (Andrades et al., 2020. Marine Pollution Bulletin 154, 111073). A presente proposta visa à expansão do referido trabalho, utilizando um desenho amostral para a identificação de impactos (beyond BACI) e otólitos de peixes. A análise da composição isotópica nos otólitos das espécies selecionadas, através de um transecto entre o seu núcleo e a sua borda, mostrará a concentração de cada isótopo ao longo da vida de indivíduos com mais de 5 anos de idade, contemplando assim, períodos pré- e pós-impacto, no Rio Doce e em locais controles.
Concentração dos principais elementos químicos nos otólitos na área diretamente impactada pela lama de rejeito e em áreas adjacentes.	Os otólitos dos peixes são utilizados como marcadores cronológicos naturais, pois além de $CaCO_3$ e otalina, outros elementos químicos presentes na água são depositados em sua estrutura de forma concêntrica, com periodicidade sazonal e não sofrem transformações ou alteração químicas <i>a posteriori</i> . Portanto, estes constituem excelentes marcadores ambientais, refletindo uma heterogeneidade ou modificação ambiental em sua composição química.	Não foi abordada no Ano 1. A nova proposta metodológica visa analisar temporalmente a concentração dos principais elementos químicos presentes nos otólitos das espécies de peixes selecionadas, através de um transecto entre o seu núcleo e a sua borda, indicando fases de nascimento e captura, respectivamente, o que mostrará a concentração de cada elemento químico ao longo da vida de indivíduos com mais de 5 anos de idade, contemplando assim períodos pré e pós-impacto.
Uso do habitat através das razões Sr:Ca e Ba:Ca.	Os elementos estrôncio (Sr) e bário (Ba) são utilizados para determinar o uso do habitat (água doce, estuarina e do mar)	Já foi abordado no Ano 1. Os resultados no ano primeiro ano mostraram o uso do habitat das espécies coletadas dentro do estuário.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	pelos peixes, pois refletem o gradiente de salinidade no ambiente.	No segundo ano, os exemplares serão coletados mais à montante dos estuários selecionados e na região marinha adjacente.
Conectividade entre estuários.	Os otólitos são utilizados como marcadores ambientais (relação peixe – água), pois refletem as assinaturas químicas da água na sua matriz carbonática, possibilitando a avaliar se os peixes da área diretamente impactada, migraram ou não para regiões adjacentes.	Já foi abordado no Ano 1. Os resultados no ano primeiro ano mostraram a conexão entre quatro estuários, sendo três ao norte do Rio Doce. No segundo ano, com a inclusão de mais dois estuários, ao sul do Rio Doce, se pretende verificar se os grupos de peixes possuem ou não ligação entre os estuários.
Etnobiologia, o estudo do Conhecimento Ecológico Local (CEL), para resgatar informações pretéritas sobre os principais recursos pesqueiros da área impactada.	Diante da falta de dados pretéritos sobre a pesca realizada na área costeira do Rio Doce e visando abranger um período maior de conhecimento sobre as populações de peixes e crustáceos de importância comercial, propõe-se o emprego da etnobiologia. Estes estudos visam resgatar a memória dos aspectos biológicos e ecológicos de espécies de peixes e crustáceos utilizados por comunidades humanas atingidas pelo desastre. Serão estudados abundância, biomassa, tamanho, aspectos reprodutivos e dieta.	Não foi abordado no Ano 1. Considerando-se a ausência de dados pré-desastre sobre ictiofauna e carcinofauna, o resgate da memória dos habitantes locais complementa a compreensão das flutuações temporais das populações de peixes e crustáceos no período anterior ao desastre, até mesmo de décadas atrás.
Uso do habitat de robalos nas regiões estuarinas e costeiras.	Robalos são peixes mesopredadores que utilizam rios, estuários e áreas costeiras, ocorrendo nas áreas impactadas pelo desastre de Mariana. Alterações antrópicas nos ambientes aquáticos afetam diretamente estas espécies e podem ser evidenciadas através de seu monitoramento. Os robalos são alguns dos recursos pesqueiros mais importantes do estado, desta forma, a compreensão da variação espaço-temporal do uso de habitat é de suma importância para determinação de impactos sobre estas espécies. A compreensão da movimentação, deslocamento, conectividade entre habitats, e tamanho de área de vida dos robalos são fundamentais para diversas comunidades e milhares de pessoas que dependem deste recurso.	A telemetria acústica já foi utilizada para o monitoramento de robalos durante o Ano 1. Os resultados obtidos através desta metodologia mostraram-se relevantes, indicando a importância dos habitats estuarinos para os robalos. Foram evidenciadas diferenças na distribuição espacial, deslocamento e utilização dos habitats dos robalos no Rio Doce em relação a áreas não impactadas. Para o ano 2, é proposto o monitoramento dos robalos ao longo do Rio Doce, abrangendo áreas como Linhares e Colatina. Visando desta forma, determinar se há migração e conectividade entre indivíduos da região estuarina com habitats a montante da foz.
Índices ecológicos de pós-Larvas de peixes marinhos (abundância,	Os índices ecológicos sobre padrões de recrutamento de peixes marinhos/recifais, coletados no Ano 1, indicaram	Já foi utilizado no Ano 1. Tais parâmetros são importantes descritores univariados da assembleia de peixes e quantificam as alterações

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
biomassa e riqueza)	forte alteração no suprimento larval na foz do Rio Doce em comparação com outros locais controle (desenho de impacto beyond BACI), indicando impacto na área do Rio Doce. O monitoramento possibilitará determinar se alteração observada é permanente, quais as implicações do recrutamento nas populações adultas e como se dará o processo de recuperação.	observáveis para a assembleia de peixes como um todo. A manutenção do monitoramento garante o acompanhamento temporal e espacial desses parâmetros o que pode trazer explicações importantes para o entendimento do processo de recuperação de populações de peixes comercialmente importantes.
Composição de espécies de pós-larvas.	A presença de material em suspensão na área ambiental I pode comprometer o sucesso do recrutamento de certas espécies de peixes marinhos gerando variação espacial entre as áreas monitoradas, sendo esta informação crucial para o entendimento do impacto nas populações adultas e no processo de recuperação e medidas mitigadoras.	Já foi utilizado no Ano 1. A composição de espécies, diferente da abundância, riqueza e biomassa, conta como cada assembleia, e consequentemente suas espécies lidam com o impacto da pluma de sedimentos, de forma que é possível identificar grupos de espécies mais susceptíveis as alterações produzidas pelo rompimento da barragem. A manutenção do monitoramento pode mostrar como essas assembleias estão (ou não) se recuperando do impacto sofrido.
Diversidade verdadeira alfa e beta de pós-larvas de peixes.	O uso da diversidade verdadeira permite entender o comportamento da assembleia de peixes como unidade e realizar comparações mais precisas em escala local (diversidade alfa) e regional (diversidade beta) de forma complementar a composição de espécies.	Já foi utilizado no Ano 1. Esse parâmetro permite a comparação direta da diversidade verdadeira em diferentes escalas espaciais de forma que a avaliação do comportamento da curva ao longo do tempo pode indicar processos de recuperação de populações de peixes.
Genética de populações (diversidade genética) de peixes marinhos/recifais.	O entendimento da perda de diversidade genética pode ajudar a elucidar o efeito, para as populações, da mortalidade imediata de toneladas de peixes e outras alterações populacionais causadas pelo rompimento da barragem, além de ser uma importante ferramenta para auxiliar atividades de repovoamento e translocamento de fauna.	Já foi utilizado no Ano 1. Sua manutenção é fundamental para o entendimento da escala temporal e o nível de impacto nas populações e assembleias de peixes marinhos, e como estas poderão se recuperar através de processos de dispersão e conectividade com áreas não afetadas.
Seleção ontogenética de peixes marinhos.	Avaliar a perda de diversidade genética, através de seleção ambiental, entre os estágios larval e adulto de duas espécies estuarinas em áreas afetadas e não afetadas ao longo da malha amostral.	Não foi utilizado no Ano 1. Sua inclusão sinaliza diretamente o efeito do impacto sobre as populações, atuando como uma fonte de seleção pois nem todas as espécies poderão sobreviver as condições hostis do Rio Doce e reforça as análises ecológicas proporcionando informações para a tomada de decisão de ações mitigadoras ou de recuperação.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Fator de condição de pós-larvas.	A verificação do sucesso do crescimento larval frente a condição nutricional da mesma medido através de relações de RNA/DNA, é um importante indicador da saúde fisiológica das larvas que chegam para recrutar nas regiões estuarinas/ costeiras.	Não foi utilizado no Ano 1. Este indicador da mesma forma que o anterior poderia de forma direta identificar efeitos do impacto sobre a saúde da assembleia de peixes. Estes dados acoplados aos dados de genética de populações, isótopos estáveis e outros poderiam dar um panorama mais amplo dos impactos sobre as populações de peixes comerciais da área ambiental I, fazendo com que medidas mitigadoras propostas sejam mais objetivas para espécies de interesse.
DNA ambiental (eDNA).	Avaliar a perda da diversidade biológica de espécies de peixes marinhos, por meio do de fragmentos de DNA presentes no sedimento obtido ao longo de pontos localizados em crescentes distâncias da foz do Rio Doce.	Não foi utilizado no Ano 1. O eDNA poderá ajudar a entender qual era a diversidade biológica antes da chegada do rejeito no ambiente marinho e qual foi a perda (em termos de presença x ausência) após a sua chegada. Incorporar este indicador pode ajudar a elucidar os efeitos da perda de diversidade biológica no ambiente marinho, mesmo avaliando 3 anos depois do evento, e auxiliar na elaboração de que medidas de restauração poderiam surtir efeito para a biota marinha.
Índices ecológicos de peixes recifais (abundância, biomassa, riqueza e diversidade).	Os índices ecológicos sobre padrões de recrutamento de peixes marinhos/recifais, coletados no Ano 1 do projeto indicaram forte alteração no suprimento larval na foz do Rio Doce em comparação com outros locais controle (desenho de impacto <i>Beyond</i> BACI), indicando impacto na área do Rio Doce. O monitoramento possibilitará determinar se alteração observada é permanente, quais as implicações do recrutamento nas populações adultas e como se dará o processo de recuperação.	Já foi utilizado no Ano 1. Tais parâmetros são importantes descritores univariados da assembleia de peixes e quantificam as alterações observáveis para a assembleia de peixes como um todo. A manutenção do monitoramento garante o acompanhamento temporal e espacial desses parâmetros o que pode trazer explicações importantes para o entendimento do processo de recuperação de populações de peixes comercialmente importantes.
Composição de espécies de peixes recifais.	A presença de material em suspensão na área ambiental I pode comprometer o sucesso do recrutamento de certas espécies de peixes marinhos gerando variação espacial entre as áreas monitoradas, sendo esta informação crucial para o entendimento do impacto nas populações adultas e no processo de recuperação e medidas mitigadoras.	Já foi utilizado no Ano 1. A composição de espécies, diferente da abundância, riqueza e biomassa, conta como cada assembleia, e consequentemente suas espécies lidam com o impacto da pluma de sedimentos, de forma que é possível identificar grupos de espécies mais susceptíveis as alterações produzidas pelo rompimento da barragem. A manutenção do monitoramento pode mostrar como essas assembleias estão (ou não) se recuperando do impacto sofrido.
Diversidade verdadeira alfa e beta de	O uso da diversidade verdadeira permite entender o	Já foi utilizado no Ano 1. Esse parâmetro permite a comparação direta

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
peixes recifais.	comportamento da assembleia de peixes como unidade e realizar comparações mais precisas em escala local (diversidade alfa) e regional (diversidade beta) de forma complementar a composição de espécies.	da diversidade verdadeira em diferentes escalas espaciais de forma que a avaliação do comportamento da curva ao longo do tempo pode indicar processos de recuperação de populações de peixes.
Síndromes comportamentais na movimentação e uso do habitat de peixes recifais	Avalia alterações no comportamento de peixes recifais e no uso do habitat em função da chegada do rejeito nos recifes. Avaliar o carreamento de material contaminante entre habitats e como isso pode afetar a recuperação dos recifes afetados.	Já foi utilizado no Ano 1. Porém, no primeiro ano, apenas uma espécie e uma localidade (Abrolhos) foram estudadas. A expansão para o sul (Recifes Esquecidos) pode melhorar a compreensão dos efeitos de longo prazo de como alterações no habitat refletem no comportamento das espécies de peixes recifais de importância econômica como o badejo.
DNA Barcoding de peixes e de crustáceos.	DNA <i>Barcoding</i> é considerada uma alternativa poderosa e amplamente reconhecida para solucionar incertezas taxonômicas, uma vez que a taxonomia tradicional baseada exclusivamente em aspectos morfológicos, ou mesmo nos casos em que indivíduos se encontram em diferentes estágios do seu ciclo ontogenético, pode dificultar a determinação de sua identidade a nível de espécie. Nesse sentido, essa metodologia permitirá identificar com maior acurácia as espécies de peixes e crustáceos que ocorrem em toda área de abrangência do estudo no litoral do Espírito Santo.	Para crustáceos não foi utilizado no Ano 1. Para os peixes já foi utilizado no Ano 1. O indicador é qualificado para continuar a ser abordado no Ano 2, uma vez que confirmou a identidade de 429 espécimes; solucionou incertezas taxonômicas de 157 espécimes; identificou a presença de espécies exóticas invasoras; especificou a identidade de indivíduos cuja identificação morfológica foi somente possível até o nível de gênero; e distinguiu espécies morfológicamente semelhantes durante o estágio juvenil. Particularmente para os crustáceos, há incertezas na identificação de espécies importantes que podem ser sanadas com o uso da metodologia DNA <i>Barcoding</i> .
Genética populacional de peixes e crustáceos.	Índices de diversidade e estruturação genética permitem inferir a capacidade das populações permanecerem no ambiente ao longo do tempo, uma vez que populações pequenas e de baixa diversidade genética estariam mais susceptíveis a mudanças ambientais abruptas e aos efeitos das atividades antrópicas. Análises de estruturação genética populacional permitem ainda verificar a existência de uma ou mais populações das espécies de peixes e crustáceos que ocorrem no litoral do Espírito Santo, o que implica de forma direta na vulnerabilidade das espécies frente aos impactos ambientais.	Para os camarões não foi utilizado no Ano 1. Para peixes já foi utilizado no Ano 1. O indicador é qualificado para continuar a ser abordado no Ano 2, pois já foi demonstrada uma menor diversidade genética em áreas mais impactadas. Uma vez que somente poucas espécies foram analisadas até o momento, é fundamental e necessário que seja analisado um maior número de espécies, visando monitorar a diversidade genética e a estruturação genética das populações, para que se possa determinar a susceptibilidade dessas populações nas áreas impactadas.

2.10 Anexo 8 – Sedimentação em Abrolhos

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
Isótopos de Sr e Nd em sedimentos armadilhados (zona recifal do Parque Nacional dos Abrolhos - BA como potencial área impactada pela lama de rejeito).	Estudos prévios realizados por este grupo demonstraram que sedimentos que fluem da foz do Rio Doce antes e depois da chegada da lama de rejeitos têm diferentes assinaturas isotópicas daquela cuja proveniência é o recife de Abrolhos e o estuário do Rio Caravelas. Desta forma, tomando os basaltos de Abrolhos e a foz do Rio Doce como “end-members” é possível estabelecer um modelo binário de mistura sedimentar e inferir a presença/ausência dos rejeitos da Samarco em Abrolhos.	Indicador utilizado no Ano 1. Os dados obtidos até agora mostram que as assinaturas dos sedimentos em Abrolhos de fato evidenciam padrão de mistura entre os sedimentos locais e o Rio Doce. Entretanto, como a maior parte das amostras foram coletadas no inverno, quando as advecções Sul-Norte se intensificam, é necessário obter sazonalidades completas no sentido de se caracterizar se o sinal do Rio Doce em Abrolhos é sazonal ou sistemático. O indicador deve ter continuidade nas próximas fases visto que é necessária uma melhor estatística para avaliar se ocorrem diferenças nas condições verão-inverno quanto a assinatura isotópica ou se observamos tendência sistemática de mudanças.
Mineralogia em sedimentos armadilhados (zona recifal do Parque Nacional dos Abrolhos - BA como potencial área impactada pela lama de rejeito).	O rejeito de Samarco tem mineralogias característica associadas aos óxidos de Fe tais como hematita, goetita e magnetita. Além disso, a muscovita demonstrou ser um potencial indicar de outras fontes minerais regionais, importante para a comparação no trabalho.	Indicador utilizado no Ano 1. Os dados obtidos até agora evidenciam diferenças mineralógicas entre os setores interno e externo do arquipélago, mostrando a manutenção da prevalência dos carbonatos na zona recifal do Parque Marinho e características terrígenas próximo à zona recifal. O indicador deve ter continuidade nas próximas fases visto que é necessária uma melhor estatística para avaliar se ocorrem diferenças nas condições verão-inverno quanto a assinatura isotópica ou se observamos tendência sistemática de mudanças
Composição elementar em sedimentos armadilhados (zona recifal do Parque Nacional dos Abrolhos - BA como potencial área impactada pela lama de rejeito).	Esta análise visa investigar se sedimentos com alto teor de ferro e poluentes associados são detectáveis no Parque de Abrolhos acima dos níveis de pré-existência. Estes podendo ser carregados durante a passagem de frentes frias, tempestades tropicais ou advecções Sul.	Indicador utilizado no Ano 1. Os dados obtidos até agora por esta técnica não evidenciaram a presença de micropartículas com enriquecimento em ferro na região do Parque Marinho dos Abrolhos. Entretanto, a análise de sedimentos (acumulados trimestralmente) pode trazer uma nova luz sobre a questão da contaminação ou não. O indicador deve ser alterado visto que a não detecção em partículas em suspensão durante campanhas episódicas não necessariamente acarreta em um sinal de contaminação no sedimento acumulado.
Assinatura isotópica de outras fontes	Pretende-se com estas análises cobrir todas as fozes de rios	Indicador utilizado no Ano 1. Os dados obtidos até agora

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
sedimentares potenciais relacionadas a Abrolhos.	que possam contribuir com sedimentos para o Parque Marinho de Abrolhos. Isto inclui fozes dos principais rios entre o Norte do Rio de Janeiro e Salvador - BA como também seções sedimentares de um testemunho holocênico amostrado em Abrolhos que evidencia condições pré-ocupação humana na região.	demonstraram ser muito relevantes, pois também apontaram outras fontes que atuam em Abrolhos, tais como o rio Jequitinhonha. As análises do testemunho holocênico também foram de grande importância, pois caracterizaram "Abrolhos em condição pristina". O indicador deve ter continuidade nas próximas fases, visto que é necessária uma melhor estatística para avaliar todos os termos fonte potenciais.
Sensoriamento remoto e calibração de imagem de satélite.	Esta ferramenta visa avaliar tendências na concentração de sólidos em suspensão e turbidez na água do mar entre Abrolhos e a Foz do Rio Doce. Dados de sensores de satélite permitem avaliar as condições antes e depois da chegada dos rejeitos na foz do Rio Doce e imagens de satélite calibradas poderão permitir acompanhar os cenários atuais com maior confiabilidade.	Indicador utilizado no Ano 1. Os dados obtidos estão sendo úteis na comparação dos dados de sedimentação que observamos para Abrolhos. O indicador deve ter continuidade nas próximas fases visto que é necessária uma melhor estatística para que possa ser obtida uma calibração do parâmetro MPS para a região que seja robusta e confiável.
Isótopos de Sr e Nd e mineralogia em sedimentos armadilhados (zona entre o Parque Nacional dos Abrolhos - BA e a foz do Rio Doce como potencial área impactada pela lama de rejeito).	Nossos estudos prévios mostram a necessidade de se amostrar o percurso entre a foz do Rio Doce e Abrolhos no sentido de melhor se conhecer a dinâmica sedimentar da pluma contendo rejeitos. Neste caso, empregando-se as mesmas técnicas isotópicas e mineralogia aplicadas a Abrolhos no primeiro ano. Desta forma, projeta-se a inserção de três novas estações de coleta: Uma estação próxima a foz do Rio Doce e duas outras no trajeto em direção a Abrolhos na zona costeira.	As três novas estações poderão melhor caracterizar o aporte sedimentar e as semelhanças físico-químicas entre os materiais coletados nas diversas estações. Sugestão de implementação do Indicador para os próximos 2 anos de monitoramento.
Metais em esqueleto de corais, taxa de crescimento e calcificação de corais (zona entre o Parque Nacional dos Abrolhos - BA e a foz do Rio Doce como potencial área impactada pela lama de rejeito).	Corais pétricos são monitores de eventos oceanográficos e climáticos. O esqueleto coralino é um arquivo de episódios de impacto, e de fenômenos que atuaram na coluna d'água, sendo estes representados por razões elementares tais como Sr/Ca, U/Ca, Ba/Ca, B/Ca, Y/Ca, P/Ca, entre outros. Assim objetiva-se neste programa de monitoramento investigar o registro dos corais presentes no Recife Esquecidos e Recife de Abrolhos de forma a caracterizar a presença ou ausência dos metais que se tornaram	Indicador ainda não utilizado, mas que sinaliza quanto à fração dissolvida dos metais. Sua relevância se dá pelo fato de: (1) representar a assimilação dos metais por um organismo de importância ecológica; (2) ser um representante da fração solúvel dos metais o que complementa o estudo sedimentológico atual hoje representado apenas pela fração particulada decorrente dos sedimentos armadilhados. Sugestão de implementação do Indicador para os próximos 2 anos de monitoramento.

Indicador	Justificativa	O indicador já foi utilizado no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM? Se sim, porque os resultados alcançados no Ano 1 o qualificam para que continue a ser abordado no Ano 2? Se não, por que deveria ser introduzido no PMBA/FEST-RRDM já em andamento?
	anômalos na coluna d'água na região após a chegada da pluma de rejeitos na foz do Rio Doce. Deseja-se também investigar se houve aumento ou redução na taxa de crescimento e calcificação dos corais antes e depois de 2016.	
Espectro do tecido coralino (zona entre o Parque Nacional dos Abrolhos - BA e a foz do Rio Doce como potencial área impactada pela lama de rejeito).	A análise do tecido coralino é um indicador de "saúde" de corais visto que este pode responder a processos de stress relacionados a impactos de diversas naturezas.	Indicador ainda não utilizado, baseado no uso de um radiômetro <i>in situ</i> , pode fornecer uma resposta rápida, em escala mensal ou sazonal, sobre impactos em corais. Sugestão de implementação do Indicador para os próximos 2 anos de monitoramento.

3 ÁREAS MAIS IMPACTADAS E ÁREAS MENOS NA REGIÃO DE ATUAÇÃO DO PMBA/FEST-RRDM

Os resultados obtidos no primeiro ano de execução do PMBA/FEST-RRDM, apresentados no Relatório Anual em novembro/2019, proporcionaram a identificação e caracterização das **áreas mais impactadas** e das **áreas menos impactadas** pelo rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG), considerando-se a extensão da malha amostral na região de atuação do referido Programa de Monitoramento. Com base nestes dados, estas áreas foram identificadas, apresentadas e validadas durante o workshop de avaliação interna do Relatório Anual do PMBA/FEST-RRDM. Este workshop foi organizado pela Fundação Renova, contou com a participação do Instituto Ekos Brasil e foi realizado nos dias 05 e 06 de março de 2020, em Vitória/ES. A classificação feita naquele momento foi agora então revisitada, considerando-se os dados obtidos durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM. Cabe destacar que não houve qualquer mudança nesta classificação em relação àquela que havia sido relatada ao final do primeiro ano de execução do programa de monitoramento.

A identificação e caracterização das áreas mais impactadas e áreas menos impactadas foram realizadas com base nos dados dos parâmetros e indicadores de qualidade ambiental e da biodiversidade obtidos, consolidados, analisados e interpretados pelos diferentes Anexos do PMBA/FEST-RRDM. Dentre os parâmetros e indicadores avaliados em cada Ambiente monitorado, e considerados para a identificação das áreas acima referidas, incluem-se:

- Ambiente Dulcícola
 - Parâmetros de qualidade de água;
 - Hidrodinâmica e fluxos de nutrientes e sedimentos;
 - Concentrações de compostos orgânicos, metais e arsênio na água e sedimento;
 - Concentrações de metais na biota;
 - Testes de toxicidade com amostras ambientais (água e sedimento);
 - Biomarcadores de contaminação em organismos de diferentes níveis da cadeia trófica;
 - Abundância e diversidade da microbiota bacteriana;
 - Indicadores ecológicos (populações e comunidades) em grupos de diversos níveis da cadeia trófica (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton, macrófitas aquáticas, macroinvertebrados e peixes).
- Ambiente Costeiro
 - Características geomorfológicas e geoquímicas das praias;
 - Hidrodinâmica praial;
 - Presença do rejeito de mineração;
 - Concentrações de metais e arsênio na água, sedimento e biota;
 - Biomarcadores de contaminação em invertebrados;
 - Indicadores de saúde de organismos da megafauna (aves, tartarugas e cetáceos).
 - Indicadores ecológicos (populações e comunidades) em grupos de diversos níveis da cadeia

trófica (bentos de praia, restinga, manguezais, tartarugas, aves e cetáceos).

- Ambiente Marinho
 - Presença do rejeito de mineração;
 - o Mapeamento do fundo marinho;
 - Correntes marinhas e ondas;
 - Qualidade da água e dos sedimentos;
 - Concentrações de compostos orgânicos, nutrientes, metais e arsênio na água e sedimento;
 - Concentrações de metais na biota;
 - Testes de toxicidade com amostras ambientais (água e sedimento);
 - Biomarcadores de contaminação em organismos de diferentes níveis da cadeia trófica;
 - Abundância e diversidade da microbiota bacteriana;
 - Indicadores ecológicos (populações e comunidades) em grupos de diversos níveis da cadeia trófica (fitoplâncton, zooplâncton, bentos, macroalgas, recifes de corais, peixes, tartarugas, aves e cetáceos).

Cabe destacar que, em função da maneira em que se encontra estruturado o PMBA/FEST-RRDM, foi realizada uma abordagem analítica que conduziu à interpretação das informações geradas no primeiro ano de execução deste programa de monitoramento, bem como durante os seis meses de atividades realizadas no Período de Transição do mesmo. Para tal, foram considerados os dados físicos, químicos, geológicos e hidrológicos, em um **primeiro grau**; os dados biológicos em nível orgânico em um **segundo grau**; e os dados biológicos em nível de população e comunidade em um **terceiro grau**, considerando-se as seguintes definições, conforme reportado anteriormente nos relatórios semestral e anual referentes ao Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM:

- (a) **Parâmetro**: toda variável analisada (variáveis físicas, químicas, geológicas, hidrológicas e biológicas) durante a execução do PMBA e que gerou um dado bruto;
- (b) **Indicador**: todo parâmetro analisado que apresentou variação significativa quando comparado com dados pretéritos ao acidente ou dados gerados ao longo da execução do PMBA;
- (c) **Evidência**: todo parâmetro e/ou indicador que tem relação indireta ou direta com alterações biológicas que podem interferir no status da biodiversidade aquática (por exemplo: sobrevivência, mortalidade, crescimento, reprodução, abundância, frequência de ocorrência, biomassa e diversidade de espécies, etc.).

No contexto descrito acima, a identificação e caracterização das áreas mais impactadas e das áreas menos impactadas foram realizadas com base na(s) evidência(s) encontrada(s) e que caracteriza(m) impacto(s) do rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG) sobre a qualidade ambiental e a biodiversidade aquática. Para cada evidência, teve-se como referência **dados pretéritos pré-rompimento (A) e pós-rompimento (B) da barragem no âmbito da RRDM** (dados anteriores ao PMBA/FEST-RRDM); **análise espacial dos resultados entre pontos amostrais impactados e não**

impactados (C); correlação direta com a presença dos metais característicos do rejeito, como Fe e Mn (D); dados disponíveis na literatura científica (E) e legislação vigente (F).

Desta forma, com base nos resultados obtidos no primeiro ano de execução, bem como no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM, foram consideradas áreas mais impactadas pelo rejeito da barragem de Fundão aquelas que apresentaram o maior número e tipos de evidências (parâmetro e/ou indicador) de alterações na qualidade ambiental e na biodiversidade, após compilação das informações provenientes de todos os Anexos do referido Programa de Monitoramento. Estas áreas incluem: (A) **calha do Rio Doce**, (B) **lagos/lagoas adjacentes ao Rio Doce**, (C) **estuário do Rio Doce**, (D) **foz do Rio Doce**, e (E) **regiões costeira e marinha adjacentes à foz do Rio Doce**.

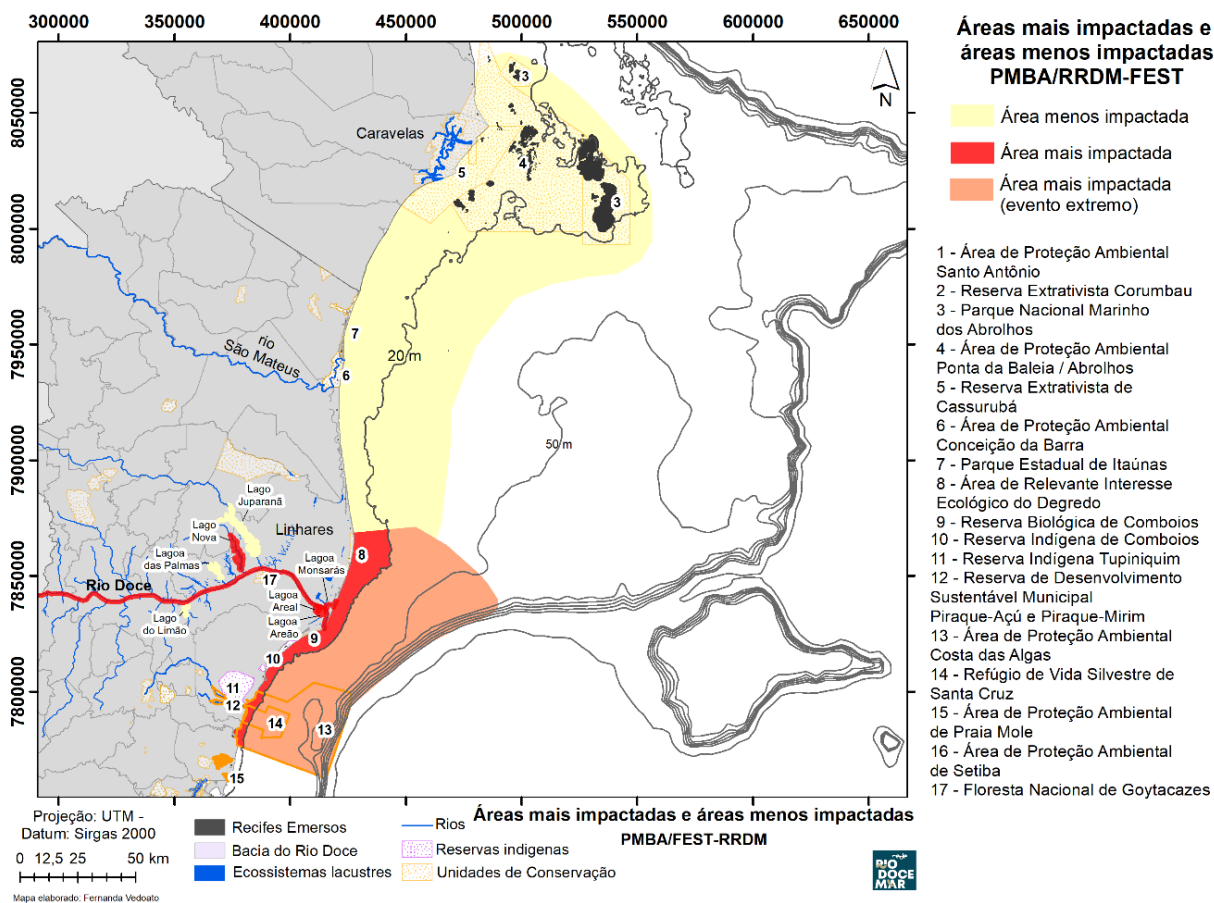
No que se refere à porção dulcícola, a calha do Rio Doce compreendida entre o limite territorial dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais até a região estuarina do Rio Doce, em Linhares/ES, foi considerada como sendo mais impactada. Portanto, para que futuramente haja a possibilidade de comparações espaciais, faz-se necessária a inclusão de pontos amostrais na calha do Rio Doce no estado de Minas Gerais, os quais, por se localizarem mais próximo à barragem de Fundão (Mariana/MG), poderiam ser considerados como sendo "controles positivos" para os pontos amostrais monitorados na calha do Rio Doce em sua porção capixaba. Por outro lado, deve ser considerada também a inclusão de pontos amostrais em afluentes do Rio Doce no estado de Minas Gerais que reconhecidamente não foram afetados pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, uma vez que o único afluente do Rio Doce monitorado é o Baixo Rio Guandu, o qual não se mostrou como um "controle negativo" do impacto dos rejeitos de mineração ao longo dos estudos realizados durante o Ano 1 e o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM. Por sua vez, as lagoas/lagos Areal, Areão, Nova e Monsarás foram consideradas como sendo mais impactadas enquanto as lagoas/lagos Limão, Juparanã e Palmas foram consideradas menos impactadas (Figura 1. Neste caso, estas lagoas/lagos poderiam ser consideradas como "controles negativos" daquelas lagoas/lagos consideradas mais impactadas, conforme elencado acima.

No que concerne às regiões costeira e marinha, a área mais impactada pelos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG) está compreendida entre a Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas, ao sul da foz do Rio Doce, e Degredo, ao norte da foz deste rio. Quanto à região costeira, estão incluídas as praias, as restingas e os manguezais. No que se refere à região marinha, a área mais impactada abrange desde a costa (praias, restingas e manguezais) até a isóbata de 20 m de profundidade. Em casos de eventos meteorológicos e oceanográficos extremos, este limite batimétrico pode estar aumentado. Por sua vez, a área costeira e marinha menos impactada está compreendida entre Degredo/ES e o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, no sul do estado da Bahia. Esta área poderia então ser adotada como "controle negativo" para o monitoramento realizado na área considerada mais impactada, conforme descrito acima.

Visando dar subsídios à tomada de decisão, bem como o adequado acompanhamento da efetividade das ações de recuperação e mitigação já implementadas, em fase de implementação ou a serem futuramente adotadas, sugere-se que, no âmbito da revisão do escopo técnico do Termo de Referência

4 da Cláusula 165 do TTAC, as áreas dulcícolas, costeiras e marinhas consideradas mais impactadas, conforme descrito acima, sejam monitoradas com um maior detalhamento, empregando-se para tal um maior esforço amostral. Por sua vez, no que se refere às áreas dulcícolas, costeiras e marinhas menos impactadas, conforme descrito acima, sugere-se que seja realizado um monitoramento de tendência dos impactos do rejeito oriundo do rompimento da barragem de Fundão. Este monitoramento seria caracterizado por um menor detalhamento do que aquele adotado para as áreas consideradas mais impactadas, ou seja, que seja despendido um menor esforço amostral tanto no que se refere à malha amostral quanto à frequência amostral. Como salientado anteriormente, os resultados obtidos nas áreas menos impactadas serviriam como "controle negativo" dos impactos ainda observados nas áreas mais impactadas.

Figura 1: Ilustração das áreas mais e menos impactadas identificadas no âmbito do PMBA/FEST-RRDM.



4 ALTERAÇÕES DE MALHA E FREQUÊNCIA AMOSTRAIS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Essa seção do Relatório Semestral de Evolução (RSE) visa apresentar as alterações de malha e frequência amostrais implementadas no Período de Transição (outubro/2019-março/2020), para cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM. Como base de comparação, foram utilizadas as frequência (Quadro 2) e malha (Figura 2) amostrais adotadas no Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM, conforme previstas no TR4, salvo exceções das alterações deliberadas pela Câmara Técnica de Conservação e Biodiversidade do Comitê Interfederativo (CTBio/CIF).

A partir dos resultados do primeiro ano de execução do PMBA/FEST-RRDM e dos objetivos a serem alcançados, foram realizadas alterações adicionais de frequência e malha amostrais durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020), visando o melhor atendimento aos objetivos do programa de monitoramento. As alterações implementadas levaram também em consideração um alinhamento das estações amostrais adotadas no PMBA/FEST-RRDM e aquelas avaliadas pelo Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) da Fundação Renova, no âmbito da área de atuação do PMBA/FEST-RRDM.

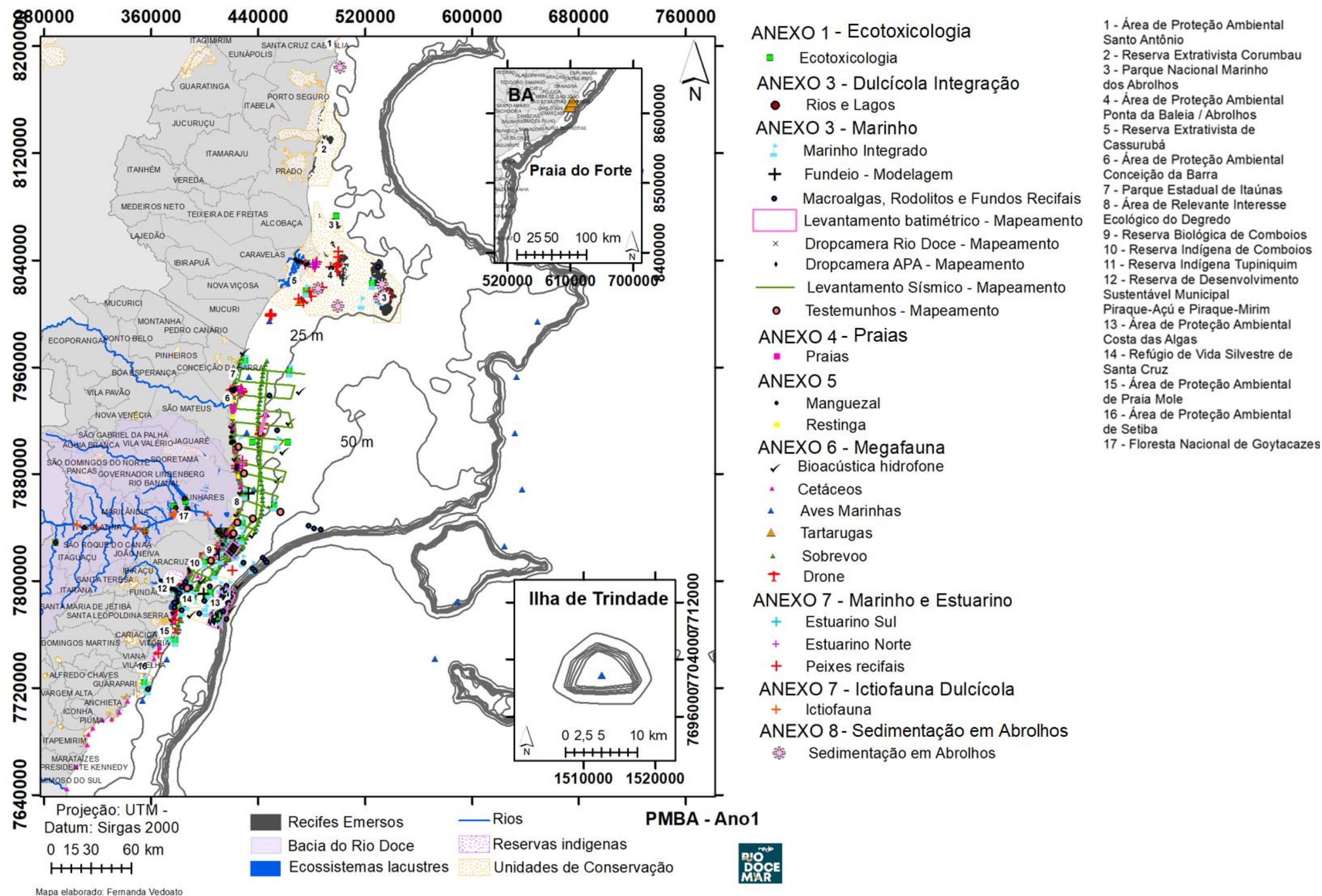
Considerando-se o contexto descrito acima, as alterações específicas por Anexo do PMBA/FEST-RRDM são apresentadas a seguir.

Quadro 2: Frequência amostral do PMBA/FEST-RRDM nos períodos do Ano 1 (setembro 2018 – setembro de 2019) e de Transição (outubro 2019 – março 2020).

Anexo	Subprojeto	Ano 1	Transição
A1 - Ecotoxicologia	-	semestral	semestral
A3 - Monitoramento Dulcícola	Fitoplâncton	mensal	mensal
	Zooplâncton	mensal	mensal
	Perifiton	mensal	mensal
	Macrófitas	mensal	mensal
	Limnologia	mensal	mensal
	Metais e Orgânicos	mensal	mensal
	Elementar e Isótopos	mensal	mensal
	Hidrologia	Diária/ quando disponibilizada	Diária/ quando disponibilizada
A3 – Monitoramento Marinho	Bacia Integração	mensal	6 campanhas por Ano, com campanhas extras em altas vazões.
	Fitoplâncton	mensal, trimestral e semestral	mensal, trimestral e semestral
	Zooplâncton	mensal, trimestral e semestral	mensal, trimestral e semestral
	Sedimentologia	mensal, trimestral e semestral	mensal, trimestral e semestral
	Hidrogeoquímica	mensal, trimestral e semestral	mensal, trimestral e semestral
	Bentos	trimestral e semestral	trimestral e semestral
	Ictioplâncton	trimestral e semestral	trimestral e semestral
	Fundos Recifais	trimestral	semestral
	Modelagem Física	mensal, trimestral e semestral	mensal, trimestral e semestral
	Mapeamento	contínuo	contínuo

Anexo	Subprojeto	Ano 1	Transição
A4 - Praias	Morfodinâmica	trimestral	semestral e extra (evento de alta energia fora do período previsto de coleta)
	Geoquímica	trimestral	semestral e extra (evento de alta energia fora do período previsto de coleta)
	Bentos	semestral	semestral
A5 - Manguezal	Dinâmica	mensal	mensal
	Anatomia	anual	anual
	Atividade antirradicalar	semestral	semestral
	Cultivo	mensal	mensal
	Estrutura	anual	anual
	Fauna Caravelas/BA	bimestral	bimestral
	Fauna ES	bimestral	bimestral
	Ecofisiologia	bimestral	bimestral
	Metais	semestral	semestral
	Pigmentos	bimestral	bimestral
	Sedimentos (granulometria)	semestral	semestral
A5 - Restinga	Fitossociologia	mensal	mensal
	Florística	mensal	mensal
	Microbiota do solo	semestral	semestral
	Viabilidade do Pólen	semestral	semestral
	Fotossíntese	mensal	mensal
	Perfil	semestral	semestral
A6 - Megafauna	Cetáceos	ocorrência /semanal (ponto fixo), mensal (embarque)	ocorrência /semanal (ponto fixo), mensal (embarque)
	Tartarugas	conforme ocorrência	conforme ocorrência
	Aves	Semestral (Abrolhos), mensal (embarque)	Periódica (Abrolhos), trimestral (embarque)
	Sobrevoos	mensal (drone), semestral (sobrevoos), anual (bioacústica e ROV)	mensal (drone), semestral (sobrevoos), anual (bioacústica e ROV)
A7 – Ictiofauna Dulcícola	Todos subprojetos	mensal	mensal
A7 – Ictiofauna Marinha	Estuarino Norte	mensal, semestral	mensal, trimestral
	Estuarino Sul	mensal, semestral	trimestral
	Peixes Recifais	semestral	anual, semestral e trimestral (larvas)
A8 – Sedimentação em Abrolhos	Geoquímica isotópica/mineralogia	bimestral, trimestral	trimestral
	Sensoriamento Remoto	mensal	mensal

Figura 2: Mapa da malha amostral adotada no período do Ano 1 (setembro 2018 – setembro 2019) do PMBA/FEST-RRDM.



4.1 Anexo 1 - Ecotoxicologia

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 1 Ecotoxicologia foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio, considerando-se as peculiaridades de cada ambiente.

Estações amostrais no Ambiente Dulcícola: Em decorrência de uma proposta de alinhamento das estações amostrais do PMBA com as estações amostrais do PMQQS, a estação amostral RDR não foi monitorada nas 3ª e 4ª campanhas do Anexo 1. Por outro lado, visando aumentar a representatividade das estações na calha principal do Rio Doce, foram incluídas mais duas estações amostrais neste rio, sendo uma em Baixo Guandu (RDO-11) e outra em Colatina (RDO-13), além da inclusão de uma estação amostral na Lagoa Palmas (LPA), como possível local de referência para o ambiente lacustre.

Estações amostrais no Manguezal: Durante a execução do monitoramento houve a necessidade de inclusão de uma nova estação de coleta na região do Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz (RSC2). Isso se deve ao fato do crustáceo da espécie *Cardisoma guanhumu* não ter sido encontrado na estação RSC1. Neste sentido, a estação RSC2 foi adicionada ao monitoramento, sendo monitorado o total de 8 áreas de manguezal.

Estações amostrais nas Praias: A estação amostral DSB, inicialmente proposta no TR4, não foi monitorada nas 3ª e 4ª campanhas do Anexo 1, devido à grande dificuldade de acesso ao local e ausência dos organismos a serem coletados, conforme definido no TR4.

Ensaio de Toxicidade: Inclusão de duas estações amostrais na calha do Rio Doce (RDO-11 e RDO-13) e de uma estação amostral na região de Degredo (DEG1) para coleta de amostras para ensaios de toxicidade.

4.2 Anexo 3 – Monitoramento Dulcícola

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 3 Dulcícola, para o subprojeto Bacia Integração, foram fundamentadas nos resultados obtidos durante o Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM e deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio. Dessa forma, a frequência amostral deixou de ser mensal, e passou a priorizar o monitoramento de fluxos de água e sedimentos concentrados durante períodos com maiores vazões.

Por impedimento de acesso à estação amostral 23 (Lagoa do Areão) por parte do dono da propriedade rural, o Anexo 3 Dulcícola não realizou as coletas previstas para esta estação amostral. É importante destacar que esta não foi uma exclusão planejada.

4.3 Anexo 3 – Monitoramento Marinho

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 3 Marinho foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas com o objetivo de minimizar lacunas entre estações amostrais observadas pelos pesquisadores, como os espaçamentos até então existentes entre a Foz do Rio Doce e a região da Área de Proteção Ambiental Costa das Algas/Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz, Foz do Rio Doce e Degredo, bem como entre as estações do Setor Norte e entre o Setor Norte e a região de Abrolhos. Cabe destacar que o número de estações amostrais não foi alterado. Para isso, estações amostrais do Setor Sul (Vitória e Guarapari) foram excluídas. Estas estações amostrais já haviam sido identificadas como estando sobre influência de outras fontes de contaminantes, tais como os portos de Tubarão e Anchieta, os quais transportam minério de ferro, fator este que poderia mascarar os possíveis indícios de impactos associados ao rejeito proveniente do rompimento da barragem de Fundão (Mariana/MG). O mesmo ocorreu com estações amostrais na Área de Proteção Ambiental Costa das Algas/ Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz. Ou seja, estações amostrais onde não foram observadas alterações significativas dos parâmetros avaliados ao longo do primeiro ano de monitoramento e/ou que se encontravam próximas o suficiente a outras estações amostrais que podiam indicar as mesmas alterações observadas, foram então realocadas.

Com base nas considerações apresentadas acima, os subprojetos que compõem o grupo de coleta integrada, chamado de “Marinho Integrado” (Sedimentologia, Hidrogeoquímica, Fitoplâncton, Zooplâncton, Ictioplâncton, Bentos e Modelagem), realizaram as seguintes alterações/relocações das estações amostrais:

- Exclusão das estações: VIX 01, VIX 02, GUA 01, GUA 02, ABR 02, CA 10, CA11, CA 12 e CA 14;
- Inclusão das estações: SDS 35, SDS 19, SDN, 12, SDN 29, BS 01, BS 02, CB 01, MUC 01 e MUC 02.

No que se refere às alterações na malha amostral do Subprojeto Fundos Recifais, a exclusão de estações de coleta na região D - APA Costa das Algas / REVIS Santa Cruz (D4, D6, D12, D16, D18 e D20) é justificada com base na análise dos resultados obtidos no Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM, que mostrou redundância de informações entre as estações amostrais originalmente avaliadas. Dessa forma, a redução da malha na área D possibilitou a otimização de esforços de coleta e processamento de amostras nas regiões A e B - Abrolhos e adjacências, Recifes Esquecidos, através da inclusão de 12 estações amostrais (Rh1 a Rh4 e PC1 a PC8). A frequência amostral deste subprojeto passou a ser semestral, uma vez que as amostragens trimestrais realizadas durante o Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM não representaram ganho significativo de resolução para o entendimento do quadro da dinâmica dos recifes.

4.4 Anexo 4 - Praias

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 4 Praias foram deliberadas através ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas com o objetivo de dar uma maior abrangência à área do monitoramento realizado por este Anexo. Dessa forma, optou-se pela inclusão de 2 estações amostrais, sendo uma ao norte da desembocadura do Rio Doce (N6) e outra ao sul desta desembocadura (S7). No que concerne a alteração de frequência amostral, as observações realizadas ao longo do Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM não mostraram alterações significativas a partir da frequência trimestral de amostragem. Assim, ficou definido que todos os subprojetos fariam coletas semestrais, com a opção de realizar uma campanha em evento de alta energia, caso o mesmo não fosse contemplado pela campanha semestral.

4.5 Anexo 5 – Manguezal

Não foram relatadas alterações de malha e frequência amostrais para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

4.6 Anexo 5 - Restinga

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 5 Restinga foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas com o objetivo de atender à demanda da CTBio no sentido de incluir mais uma estação amostral entre o Portal de Aracruz e Barra do Riacho, estação esta que passou a ser denominada E9 – Mar Azul.

4.7 Anexo 6 - Megafauna

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 6 Megafauna foram realizadas nos Subprojetos Tartarugas Marinhas e Aves.

As alterações amostrais no Subprojeto Tartarugas Marinhas foram realizadas com o objetivo de realocar as coletas de sangue, ovos pós-incubação e natimortos de *Caretta caretta*. As coletas previstas para serem realizadas na Praia do Forte foram realocadas para serem executadas na localidade de Arembepe. Esta alteração ocorreu a pedido da Fundação Pró-TAMAR, uma vez que não foi possível efetuar a coletar na Praia do Forte, tendo assim a mesma sido transferida para Arembepe, sem qualquer prejuízo quanto às características da estação amostral.

Para o Subprojeto Aves, as alterações amostrais foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas após análise dos dados obtidos no Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM, os quais não evidenciaram variações temporais significativas nos parâmetros

analisados em função da frequência amostral mensal adotada. Assim, a frequência dos embarques de avistamento de aves marinhas foi alterada de mensal trimestral. No que se refere à malha amostral, apenas os transectos foram alterados, passando de 200 km para 100 km, a partir da costa. Quanto às amostragens em Abrolhos, a frequência amostral adotada no primeiro ano de execução do PMBA/FEST-RRDM foi semestral, sendo alterada para periódica, dependendo da metodologia de coleta utilizada para as diferentes espécies.

4.8 Anexo 7 – Ictiofauna Dulcícola

A maioria das alterações implementadas no âmbito do Anexo 7 Dulcícola foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas com base nas seguintes justificativas:

- A estação amostral Rio Doce/Baixo Guandu (Ponto 01) foi substituída por uma estação à montante do Reservatório de Mascarenhas/Baixo Guandu (Ponto 01B), visando a caracterização de possíveis efeitos dos ambientes de barragens ao longo do Rio Doce.
- A estação amostral Rio Doce/Colatina (Ponto 08) foi substituída pela estação Rio Doce/Instituto Federal do Espírito Santo (IFES)/distrito de Itapina/Colatina (Ponto 08B), visando aumentar a sobreposição da malha amostral do PMBA/FEST-RRDM com aquela adotada pelo PMQQS.
- Com o intuito de aumentar a diversidade de habitats amostrados foram acrescentadas as seguintes estações amostrais: córrego São Pedro Frio/Colatina (Ponto 09) e a Lagoa das Palmas/Linhares (Ponto 10).

4.9 Anexo 7 – Ictiofauna Marinha

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 7 Marinho foram realizadas com o objetivo de estabelecer relações entre os parâmetros abióticos avaliados pelo Anexo 3 Marinho, o que poderia auxiliar na avaliação do impacto causado pelo rejeito oriundo do rompimento da barragem de Fundão. Além disso, o aumento da escala espacial resultaria em uma melhoria da resolução espacial das respostas observadas, bem como no entendimento do processo de recuperação das populações de peixes. Em relação à alteração de frequência amostral, após a análise dos dados obtidos no Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM, foi verificada a necessidade de se intensificar a frequência amostral, visando a melhoria da resolução temporal das respostas observadas. De maneira concisa, as alterações de malha amostral implementadas no âmbito do Anexo 7 Marinho, durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM, foram as seguintes:

- Exclusão das estações amostrais: RD07, RD08, RD09
- Inclusão das estações amostrais: ITA01, CB01, BN02, BS01, SDN13, SDN30, SD03, SDS20, CA02, SDS19, SDS13 e SD01

4.10 Anexo 8 - Sedimentação em Abrolhos

As alterações implementadas no âmbito do Anexo 8 Sedimentação em Abrolhos foram deliberadas através do ofício SEI nº 1/2020-CTBio/DIBIO/ICMBio e realizadas devido à necessidade de inclusão de novas estações amostrais, para uma visualização mais contínua da assinatura geoquímica dos sedimentos entre a Foz do Rio Doce e Abrolhos. Em relação à frequência amostral, é importante destacar que todas as coletas do Anexo 8 foram previstas para serem trimestrais, tanto no Ano 1 quanto no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM. No entanto, os pesquisadores deste Anexo observaram a necessidade de realização de coletas bimestrais em alguns momentos do Ano 1 do programa de monitoramento, visando aumentar assim a resolução temporal das respostas dos parâmetros analisados. Porém, isto não foi mais adotado no Período de Transição, onde as coletas foram mantidas em uma frequência trimestral, conforme originalmente previsto.

Considerando-se o que foi descrito acima, a malha amostral adotada para os Anexos do PMBA/FEST-RRDM durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) está representada na Figura 3. As coordenadas geográficas das estações amostrais referentes ao Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM podem ser acessadas no Material Suplementar do presente Relatório Semestral de Evolução (MAPMBAS1). Após comparação com a malha amostral adotada no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM, as estações amostrais incluídas ou realocadas para o Período de Transição deste programa de monitoramento estão representadas na Figura 3. Por sua vez, as estações amostrais excluídas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM estão representadas na Figura 4.

Figura 3: Mapa da malha amostral adotada durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM.

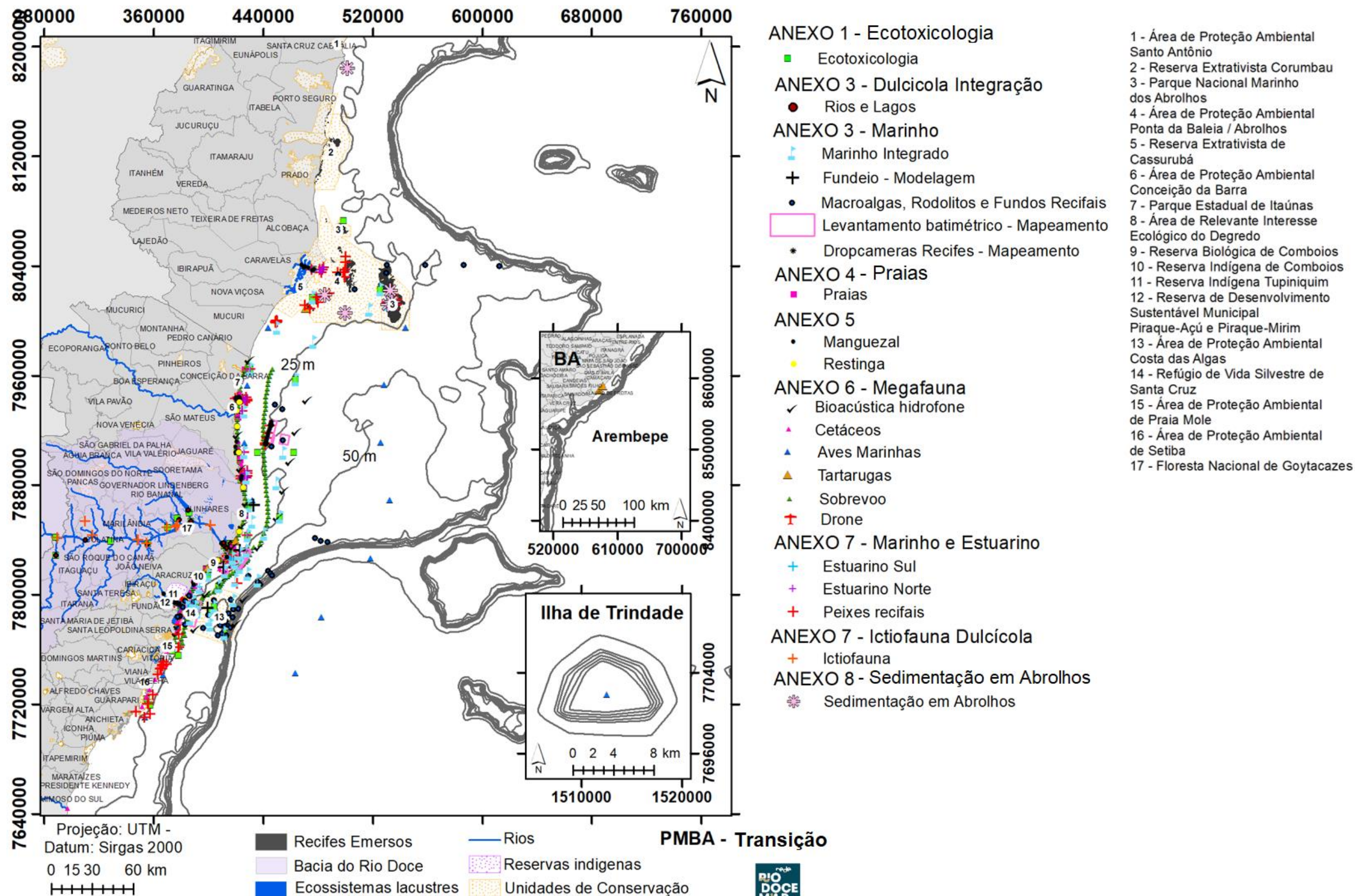


Figura 4: Mapa indicativo das estações amostrais incluídas ou realocadas durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM.

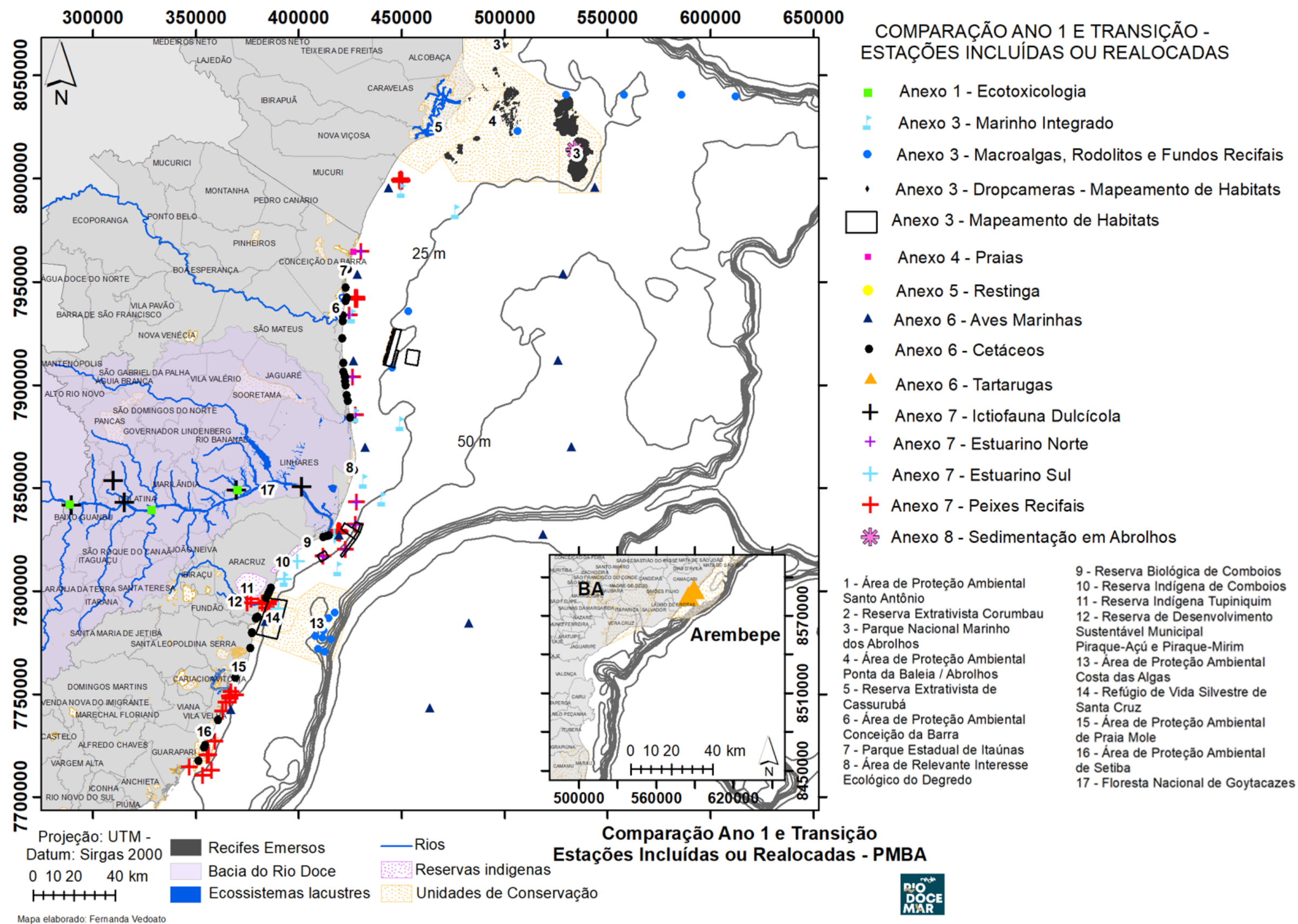
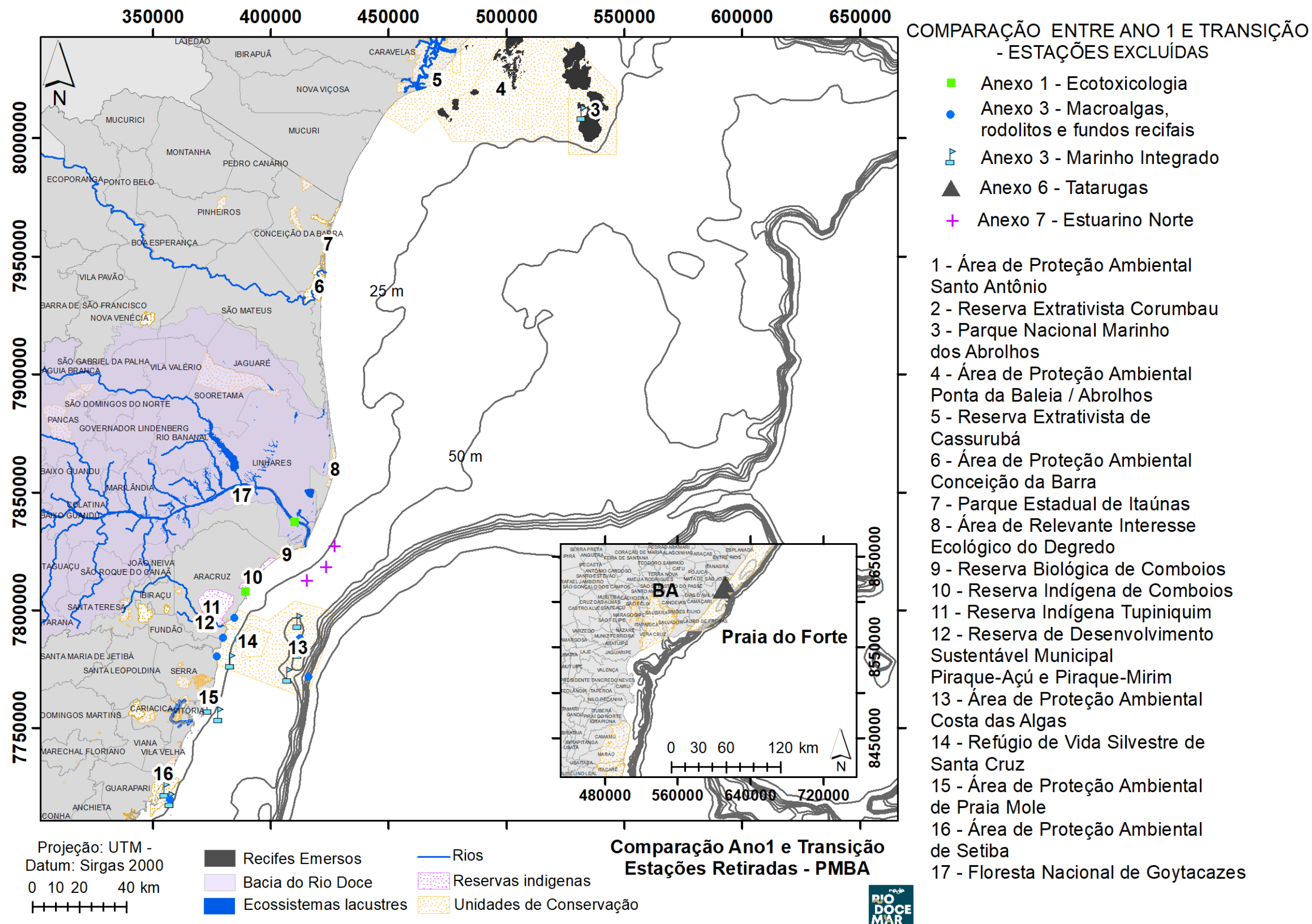


Figura 5: Mapa indicativo das estações excluídas durante o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do PMBA/FEST-RRDM



5 ALTERAÇÕES METODOLÓGICAS (CAMPO E LABORATÓRIO) OCORRIDAS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO

5.1 Anexo 1 - Ecotoxicologia

Durante o Período de Transição foram realizadas alterações no que diz respeito especificamente aos testes de toxicidade e análises nos Manguezais no âmbito do Anexo 1.

5.1.1 Testes de toxicidade

As alterações que dizem respeito aos testes de toxicidade referem-se ao aumento do número de estações monitoradas; e a exclusão do “Ensaio agudo com embriões de *Danio rerio* (OECD 236)” do Ambiente Dulcícola, e realização do “Ensaio semicrônico com *Ceriodaphnia dubia* (ABNT NBR 13373)” com amostras de água e elutriato de sedimento do Rio Doce. As alterações foram previamente aprovadas pela CTBio.

As alterações de malha amostral realizadas para os ensaios de toxicidade estão descritas no Quadro 3. De forma a detalhar tais alterações, foram adicionadas duas novas estações amostrais para o Ambiente Dulcícola (RDO11 e RDO13), e uma nova estação amostral para o Ambiente Marinho (DEG1).

Quadro 3: Malha amostral utilizada para os testes de toxicidade no âmbito do Anexo 1 do PMBA.

AMBIENTE	Ano1	Transição	ALTERAÇÃO
Dulcícola	RGU01 RDO16	RGU RDO11 RDO13 RDO16	Inclusão das estações RDO11 e RDO13
Marinho	FRD1 FRD6 CA1 CA2	FRD1 FRD6 CA1 CA2* DEG1	Inclusão da estação DEG1

* A estação CA2 não foi monitorada para testes de toxicidade na campanha 3, mas voltou a ser monitorada a partir da campanha 4.

5.1.2 Análises em água e sedimento dos Manguezais

No que se refere às mudanças de análises nos Manguezais, no Período de Transição foram incluídas as análises de metais e arsênio em amostras de água e sedimento neste ecossistema. Esta inclusão também foi previamente aprovada pela CTBio.

5.1.3 Determinação de Metais no Sedimento

A metodologia para determinação de metais no sedimento foi modificada após vistoria técnica realizada pela Ecology Brasil nos laboratórios do Instituto de Ciências Biológicas da FURG. Neste sentido, as

análises para o Período de Transição foram realizadas utilizando o método EPA 3051A, que basicamente consiste na liofilização do sedimento e posterior digestão em microondas. Durante o Ano 1, as análises foram realizadas através da digestão das amostras com ácido nítrico/ácido clorídrico.

5.2 Anexo 3 – Monitoramento Dulcícola

5.2.1 Metais e Orgânicos

Durante o Período de Transição, houve a implantação do ensaio de quantificação de fenóis (21 tipos de compostos desta família) que ainda não havia sido realizado por problemas nos derivatizantes previamente estabelecidos para a análise em questão. Os resultados completos das análises estão apresentados no material suplementar. Exceto os éter amins, todos os poluentes orgânicos foram selecionados por sua toxicidade e pelo grande potencial de serem gerados a partir das atividades antrópicas em curso ao longo da Bacia do Rio Doce. Cabe destacar que estes compostos podem impactar os seres vivos das regiões estudadas. Também está em curso o estudo de compostos que poderiam ser formados pela degradação das éter-aminas, uma vez que estas podem se degradar no ambiente. Houve também nesta etapa do projeto, a complementação dos estudos dos orgânicos esteróis, com a inserção da quantificação do colesterol, importante para avaliar o impacto advindo de atividades antrópicas.

5.2.2 Fitoplâncton

Ao longo do Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM, o subprojeto de fitoplâncton dulcícola manteve toda sua metodologia de campo e laboratório que vinha sendo desenvolvida ao longo do Ano 1 do programa de monitoramento. Entretanto, deu-se início à uma abordagem preliminar diferenciada aos conjuntos de dados obtidos e que se estenderá, futuramente, aos dados obtidos no Ano 1. Para tal abordagem foi adotada a utilização do Índice de Integridade Biótica (IBI), adaptado de Hill et al. (2000), para a comunidade fitoplanctônica dos ambientes contemplados no compartimento dulcícola. Este índice tem sido usado como uma ferramenta útil para avaliação do grau de degradação e monitoramento da qualidade da água em rios (Hill et al., 2000, 2003) e lagos (Kane et al., 2009). É calculado a partir de métricas selecionadas como bioindicadoras de variação ambiental ao longo do tempo e do espaço.

Inicialmente, foram selecionados quatro métricas preliminares capazes de apresentar uma boa visão sobre os possíveis efeitos estressores sobre a comunidade, gerando, ao final, um panorama representativo da integridade de cada ambiente avaliado. Essas métricas seguiram as descrições propostas na bibliografia consultada (Hill et al., 2000, 2003; Kane et al., 2009). Foram adotados os valores de % de biovolume de algas comestíveis (digestibilidade para o zooplâncton – Demott, 1989) e valores de diversidade como métricas que representassem boa integridade ambiental. Além dessas, foram selecionadas também como métricas para o IBI, a % de biovolume de cianobactérias em relação ao biovolume total e % de biovolume de cianobactérias potencialmente tóxicas, segundo Sant’Anna et

al. (2008), em relação ao biovolume total de cianobactérias, como métricas que representam possíveis danos à qualidade ambiental (Tabela 1).

Tabela 1: Métricas candidatas para a comunidade fitoplancônica, suas descrições e resposta hipotética à degradação.

Métrica candidata	Descrição/relevância ecológica	Medida de:	Resposta hipotética à degradação	Referência
% Algas comestíveis	Algas de preferência na dieta do zooplâncton, normalmente algas verdes pequenas (1-20µm)	Qualidade da dieta de zooplâncton	Diminui	Ross and Munawar (1981); Kerfoot et al. (1988); Morales-Ventura, <i>et al.</i> (2012).
1 - (BV Cianobactérias / BV total)	Cianobactérias interferem no desenvolvimento da comunidade zooplancônica através da dieta, uma vez que não são consumidas.	Presença de algas tóxicas e não comestíveis	Aumenta	Gliwicz and Siedlar (1980); Gliwicz and Lampert (1990); Carmichael (1986, 1997).
1 - (BV Cianobactérias potencialmente tóxicas / BV total de Cianobactérias)	Potenciais produtoras de toxinas, afeta a saúde do ecossistema.	Presença de cianotoxinas	Aumenta	Gliwicz and Siedlar (1980); Gliwicz and Lampert (1990); Carmichael (1986, 1997).
Diversidade	indica o padrão de distribuição da abundância dentre as espécies da comunidade.	Qualidade da água	Diminui	Wilhm (1966); Staub (1970); Wu <i>et al.</i> (2014).

Os valores finais do IBI, variando entre 0-1, foram obtidos através da média do escore de cada métrica selecionada. Valores mais próximos de 0 indicam ambiente com baixa integridade, segundo as métricas selecionadas. Por sua vez, valores próximos a 1 indicam ambiente íntegro. A classificação em quatro categorias (Ruim, Aceitável, Bom e Excelente) seguiu critérios aplicados por Hill et al. (2003).

5.2.3 Zooplâncton

Três indicadores bióticos foram utilizados na análise dos dados do Ano 1 e do Período de Transição: riqueza, número de entidades funcionais e redundância funcional. A entidade funcional e a redundância funcional são dois novos indicadores utilizados na análise dos dados do Ano 1 e do Período de Transição.

A riqueza (diversidade alfa) é um índice utilizado para o levantamento da biodiversidade de um ambiente e é definida como o número total de espécies registradas, tendo sido utilizada no Ano 1. Na análise temporal do zooplâncton no Período de Transição, foram consideradas, além da riqueza de espécies, a diversidade funcional. O uso da diversidade funcional (traços funcionais) tem sido amplamente considerado em estudos ecológicos contemporâneos por permitir uma integração entre duas vertentes centrais dos estudos ambientais: as medidas quantitativas e as variáveis que refletem a eficiência biológica dos ecossistemas. Em última instância, traços funcionais dos organismos (i.e., tamanho, peso, forma de alimentação), são resultados da engrenagem energética e heterogeneidade dos ecossistemas. Desta forma, quanto maior a diversidade de traços funcionais em uma comunidade, maiores seriam as variáveis ambientais (e as funções ecossistêmicas) que sustentam essa diversidade (produção biológica, oferta e variedade de alimentos, habitats, etc.).

Conjugando os traços funcionais individuais em uma representação mais ampla, os ecólogos estabeleceram o termo "entidade funcional", que representa uma combinação de atributos funcionais das espécies, incluindo o habitat, hábito alimentar, tamanho corporal, entre outros, inerente a uma ou a várias espécies (Chao et al., 2014). Por exemplo, consideremos que um ponto amostral apresenta duas espécies: a espécie X que tem habitat limnético (coluna d'água) e ciclo de vida curto; e a espécie

Y com habitat litorâneo (litoral) e ciclo de vida longo. A riqueza desse ponto amostral é 2, com espécies que pertencem a 2 entidades funcionais distintas (duas combinações diferentes de atributos funcionais). Do ponto de vista da funcionalidade de um ecossistema, considera-se que espécies que fazem parte de uma mesma entidade funcional desempenham uma mesma função ecossistêmica.

A redundância funcional baseia-se no número de espécies que pertencem às entidades funcionais de um ambiente. Quanto maior o número de espécies desempenhando uma mesma função num ecossistema, ou seja, espécies que pertencem a uma mesma entidade funcional, maior a redundância funcional (Rosenfeld, 2002). O uso da redundância funcional tem sido considerado na avaliação da resposta das comunidades biológicas em relação à saúde do ecossistema. Se algumas espécies desempenham funções únicas num ambiente e são vulneráveis a condições ambientais extremas (incluindo a exposição a poluentes), a perda dessas espécies representa também a perda de funções ecossistêmicas, e isso pode ser considerado um impacto para o ambiente (Carmona et al., 2017). Comunidades com altos valores de redundância funcional podem ser caracterizadas por alta diversidade funcional.

A entidade funcional e a redundância funcional apresentam vantagens sobre índices taxonômicos (como riqueza), pois estes abordam apenas a variação (aumento ou diminuição) do número de espécies, o que pode não indicar impactos sobre as funções ecossistêmicas, vitais para a manutenção da qualidade ambiental (Petchey e Gaston, 2002). Por outro lado, a perda de espécies que desempenham funções únicas afeta a estrutura e funcionamento do ecossistema, o que não é avaliado apenas com a abordagem de índices taxonômicos, embora estes sejam basais na análise da diversidade funcional. Por isso, estudos recentes em ambientes aquáticos têm sugerido a inclusão da diversidade funcional como uma ferramenta eficiente no monitoramento da biota aquática, sobretudo na avaliação do impacto da perda de espécies aos processos ecossistêmicos (Mouillot et al, 2014; Toussaint et al., 2016; Teichert et al., 2017; Cabral et al., 2019).

As médias da riqueza de espécies do zooplâncton das amostras obtidas no Ano 1 e no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM foram calculadas para cada estação amostral. As amostras de zooplâncton obtidas no Ano 1 e no Período de Transição foram ainda analisadas em relação aos níveis de concentração de Fe dissolvido na água, baseado na classificação do CONAMA, que apresenta um nível de referência para a concentração de metais na água. Concentrações de Fe dissolvido acima de 0,3 mg/L em águas dulcícolas podem afetar significativamente a saúde dos ecossistemas aquáticos (Resolução nº 357 publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63). As amostras de água de cada ponto amostral foram classificadas em dois grupos: Fe > CONAMA (Fe dissolvido acima de 0,3 mg/L) e Fe < CONAMA (Fe dissolvido abaixo de 0,3 mg/L), compreendendo o Ano 1 e o Período de Transição.

Em seguida, foi realizado um levantamento de cinco atributos funcionais de todas as espécies do zooplâncton encontradas nos pontos amostrais: habitat (limnético e litorâneo), tempo de vida (curto e longo), hábito alimentar (filtrador, suspensívoro, sugador e raptorial), capacidade de escape (alta, intermediária e baixa) e tamanho corporal (pequeno, médio e grande). Foi registrado o número total de

ocorrência de espécies, número de entidades funcionais e redundância funcional de cada ponto amostral, em situações de Fe acima e abaixo do nível de referência do CONAMA.

Adicionalmente, a matriz de distância de Gower foi construída com base nos atributos funcionais das espécies (dados categóricos), o que gerou valores de dissimilaridade, que variam de 0 a 1, entre espécies (comparação em pares), baseado no grau de semelhança entre as combinações dos diferentes atributos funcionais que cada espécie apresentou. Posteriormente, foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA) para a visualização do espaço funcional ocupado pelas espécies à nível regional, considerando-se todas as espécies que ocorreram em todos os pontos fluviais e lacustres, e nível local, considerando-se as espécies que ocorreram em cada ponto amostral.

Todas as análises foram realizadas no software R, versão 3.6.1 (R Development Core Team 2019). O número de total de ocorrência de espécies pra cada estação, bem como as entidades funcionais e redundância funcional foram calculadas com as funções “species_and_FE” e “FE_metrics” (Mouillot et al., 2014). A matriz de distância de Gower e o plot do espaço funcional das espécies (PCoA) foram elaborados com os pacotes “vegan” e “FD” (Laliberte en Legendre, 2010).

5.2.4 Perifíton

Com base nas análises quantitativas e na revisão de literatura sobre a ecologia das espécies, foi aplicado no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM o Índice de Integridade Biótica do Perifíton (IIBP), adaptado de Hill et al. (2000). A adaptação do índice às variáveis disponíveis foi utilizada pelos próprios autores (ver Hill et al., 2003), sem prejuízo para seu valor de indicação. Para a aplicação do IIBP, foram utilizadas as seguintes métricas, conforme detalhes dos cálculos descritos em Hill et al., (2000):

- Riqueza relativa de táxons: Espera-se que nos locais mais impactados haja uma redução do número de táxons, uma vez que apenas os táxons tolerantes se mantêm.
- Métrica de diatomáceas: O enriquecimento de nutrientes ou condições de alta toxicidade causam a mudança da dominância de diatomáceas na comunidade perifítica para a dominância de comunidades não-diatomáceas. Espera-se uma diminuição na densidade relativa das diatomáceas, quanto mais impactado é o local.
- Métrica de cianobactérias: Espera-se que o percentual de cianobactérias aumente com dos distúrbios ambientais, especialmente relacionados ao aumento de nutrientes e exposição a substâncias tóxicas.
- Métrica de dominância: Espera-se que a dominância, medida pelo Índice de Simpson, seja maior em ambientes impactados, uma vez que espécies tolerantes serão favorecidas nessas condições.

- Métrica de diatomáceas acidobiontes: uma maior representatividade de espécies acidobiontes de diatomáceas, aquelas que vivem preferencialmente em ambientes ácidos ($\text{pH} < 5,5$), é um indicativo de impactos que diminuem o pH dos ambientes, tais como rejeitos de mineração.
- Métrica de diatomáceas eutróficas: a maior representatividade de diatomáceas desse grupo, que são tolerantes ou vivem preferencialmente em ambientes eutróficos, indica impacto relacionado ao aumento de nutrientes na água (e.g. lançamento de efluente orgânico).
- Métrica de diatomáceas móveis: As diatomáceas móveis no perifíton tem vantagem competitiva quando há maior quantidade de material particulado na água, que é depositado no perifíton. Isso ocorre porque estas algas conseguem se deslocar entre as partículas, buscando melhores condições de luminosidade do que as algas aderidas ao substrato. Assim, esse índice tem sido utilizado como marcador de assoreamento e espera-se que, quanto maior é esse impacto, maior será a representatividade de espécies móveis. Esta métrica já foi utilizada no primeiro ano de execução do PMBA/FEST-RRDM.
- Métrica de clorofila: O conteúdo de clorofila-a na comunidade perifítica pode ser utilizado para avaliar o enriquecimento dos ecossistemas aquáticos. Em altas concentrações de nutrientes, existe uma tendência de maior concentração de clorofila-a. Contudo, em ambientes pobres em nutrientes ou com baixa disponibilidade de luz (e.g. com alta turbidez), esses valores de clorofila-a podem ser muito baixos. Assim, para a determinação dessa métrica, foi utilizada a mediana da concentração de clorofila-a no perifíton, registrada a partir de trabalhos já realizados em diferentes locais do Brasil, considerando a escassa literatura sobre o assunto para a Bacia do Rio Doce. Ainda, considerando-se as características peculiares de ambientes lóticos e lênticos, foi determinada uma mediana de clorofila-a para cada um deles, tendo sido utilizado o devido valor no cálculo da métrica, considerando-se a origem da amostra avaliada. Espera-se que quanto mais a concentração se afasta da mediana, tanto para maiores ou menores valores, maior seria o impacto.
- Métrica do peso seco livre de cinzas: Essa métrica foi determinada utilizando a mesma lógica da determinação de mediana, do cálculo e da interpretação da métrica de clorofila-a.

O valor de cada métrica varia entre 0-100, onde valores mais próximos de 100 indicam maior integridade ambiental. O IIBP final de cada amostra é a média das nove métricas apresentadas. Para a determinação de categorias, foram utilizados os valores propostos por Hill et al. (2003), onde: $\text{IIBP} > 95$ indica ambientes com excelente qualidade ou referências; $95 < \text{IIBP} < 85$ indica ambientes com boa integridade; $85 < \text{IIBP} < 65$ indica ambientes com integridade aceitável; e $\text{IIBP} < 65$ indicam ambientes de baixa integridade. Vale ressaltar que esses valores foram obtidos por Hill et al. (2003) com base em ambientes lóticos referências nos Estados Unidos. Contudo, por falta de referências no Brasil e em ambientes lênticos, esta referência será utilizada no presente relatório para a classificação dos ambientes. Ainda, serão realizadas correlações dos resultados das métricas, assim como do IIBP, com variáveis abióticas selecionadas e já analisadas por outros projetos do PMBA/FEST-RRDM, avaliando-se separadamente os ambientes lênticos e lóticos.

5.2.5 Modelagem

O modelo da bacia do Rio Doce utilizando o software Soil and Water Assessment Tool (SWAT) está sendo recalibrado por meio da adição dos principais reservatórios existentes na bacia: reservatório das hidrelétricas Guilman Amorim, Sá Carvalho, Porto Estrela, Risoleta Neves (ou Candonga), Baguari, Aimorés e Mascarenhas, além dos reservatórios das lagoas Palmas, Palminhas, Nova e Juparanã. Foram escolhidos os maiores reservatórios, uma vez que os mesmos podem vir a interferir no regime hidrológico da bacia. Foi necessário buscar dados operacionais de cada um dos reservatórios para utilização no modelo, que para este segundo ano foi repensado para uma maior acurácia nos resultados de vazão e, ainda, para que seja realizada a modelagem dos sedimentos. Neste ínterim, vêm sendo refinados e atualizados os mapas pedológico e de uso e ocupação do solo da bacia do Rio Doce. Tais procedimentos encontram-se em andamento e ainda não produziram nenhum resultado consistente de análise.

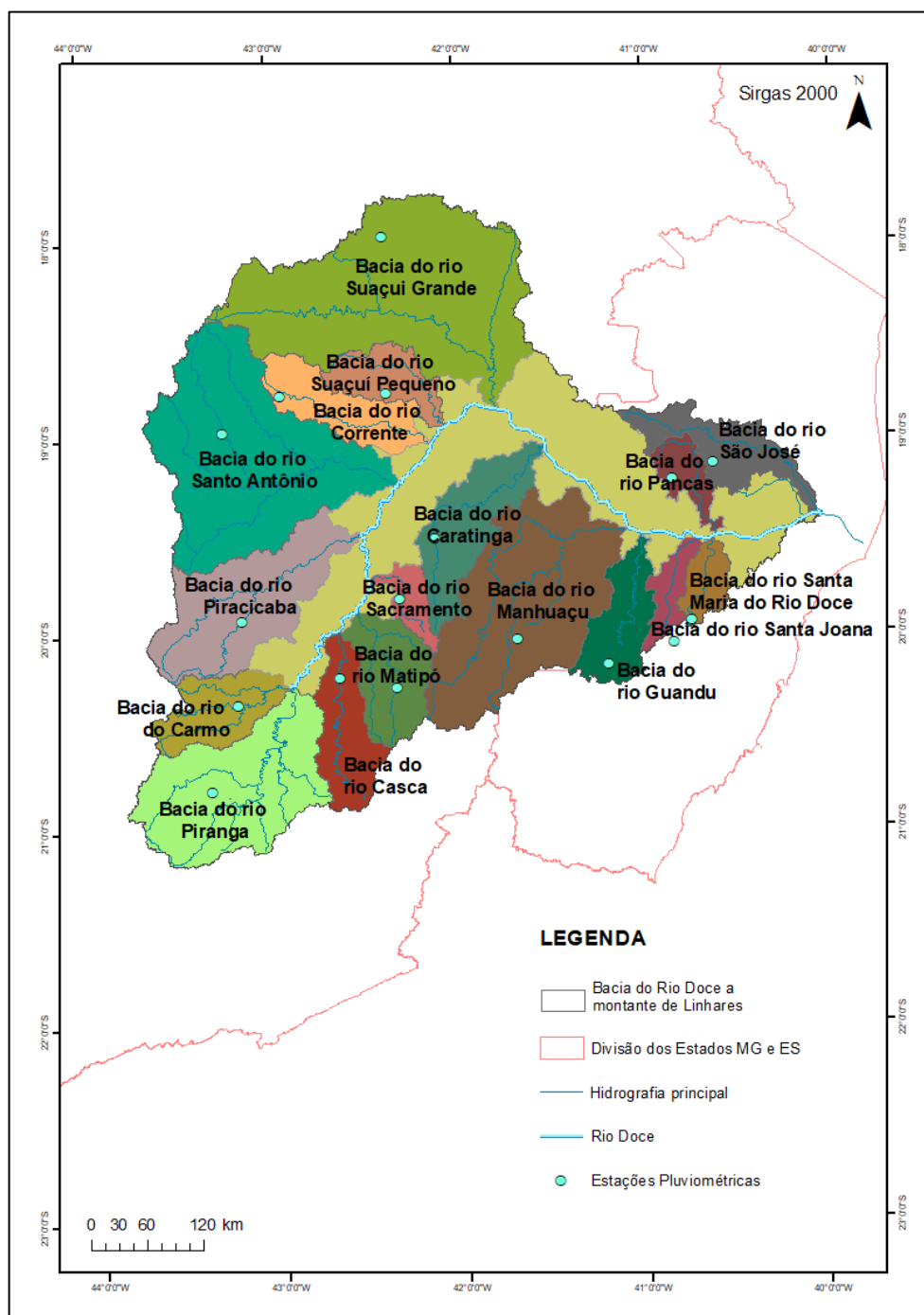
Durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM foram atualizados os dados telemétricos das estações operadas pelo INMET, CEMADEN e Sistema Telemetria da ANA. Seguindo a metodologia utilizada no Ano 1 do programa de monitoramento, foi escolhida uma estação de dado atual para cada região hidrográfica, desde que possuísem o menor número de dias com falha ao longo do período analisado (outubro de 2019 a março de 2020). As estações Água Boa – Centro, Piracicaba – Centro e Alto Rio Possmoser, do CEMADEN e GCH Bom Jesus do Galho, do sistema de Telemetria da ANA, entraram nos lugares das estações Governador Valadares – Chonin de Baixo, UHE Sá Carvalho Jusante, Afonso Cláudio – Fazenda Guandu e GCH Sumidouro Barramento, respectivamente. As estações atualizadas estão detalhadas na Tabela 2 e com representação espacial na Figura 6, onde também estão detalhadas as regiões da bacia.

Tabela 2: Estações telemétricas utilizadas para análise pluviométrica 7 dias antes de cada amostragem

Região da bacia	Código e Responsável	Estação telemétrica – dados atuais
Suaçuí Grande MG	310060901A CEMADEN	Água Boa - Centro
Suaçuí Pequeno MG	316550301A CEMADEN	Sardoá - Centro
Corrente MG	A533 INMET	Guanhães
Caratinga MG	1942062 Sistema Telemetria ANA	PCH Inhapim Jusante
Santo Antônio MG	312260301A CEMADEN	Dom Joaquim - Centro
São José ES	320270201A CEMADEN	São Domingos do Norte
Pancas ES	320400501A CEMADEN	Pancas
Manhuaçu MG	311600101A CEMADEN	Chalé - Centro
Piracicaba MG	315570201A CEMADEN	Piracicaba - Centro
Santa Maria do Rio Doce ES	320460902A CEMADEN	Santa Teresa - Alto Caldeirão
Guandu ES	320010208A CEMADEN	Afonso Cláudio - Piracema
Santa Joana ES	320455901A CEMADEN	Alto Rio Possmoser
Sacramento MG	1942034 Sistema Telemetria ANA	GCH Bom Jesus do Galho
Matipó MG	2042053 Sistema Telemetria ANA	PCH Tulio Cordeiro de Mello Montante 2
Casca MG	315490301A CEMADEN	Rio Casca Centro

Região da bacia	Código e Responsável	Estação telemétrica – dados atuais
Carmo MG	2043084 Sistema Telemetria ANA	PCH Furquim Jusante
Piranga MG	316600601A CEMADEN	Senhora de Oliveira - Centro

Figura 6: Mapa das regiões da bacia do Rio Doce e representação espacial das estações utilizadas.



5.3 Anexo 3 – Monitoramento Marinho

Não foram relatadas alterações metodológicas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

5.4 Anexo 4 – Praias

5.4.1 Bentos

Durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM foram realizadas alterações no que diz respeito à seleção de espécies ou grupos taxonômicos de organismos bentônicos como bioindicadores ambientais no âmbito do Anexo 4.

Os organismos bentônicos de fundos inconsolidados são indicadores confiáveis da integridade biótica de ecossistemas marinhos (Rakocinski et al., 1997; Blanchet et al., 2008). Isso ocorre porque os animais são relativamente sedentários e, portanto, refletem as condições ambientais do sedimento (Gray et al., 1992), nos quais muitos contaminantes podem estar presentes e são finamente particionados (Reice e Wohlenberg, 1993). Como resultado, a variação na sensibilidade dos táxons bentônicos aos diferentes contaminantes (Pearson e Rosenberg, 1978; Boesch e Rosenberg, 1981) leva aos efeitos de integração de múltiplos fatores ambientais e tensões nas comunidades bentônicas.

Através da evolução, espécies bentônicas se ajustaram para lidar com as variações ambientais previstas e a competição interespecífica. Em praias arenosas, por exemplo, a fauna bentônica é estruturada, principalmente, por variações de fatores físicos, tais como energia das ondas, regime de marés, topografia e tamanho dos grãos (Mclachlan e Brown, 2006). No entanto, diferentes grupos de espécies e/ou diferentes grupos taxonômicos podem exibir distintos padrões de respostas aos diversos distúrbios, sejam físicos ou químicos, os quais podem ser mascarados quando se analisa somente a densidade total de organismos ou a riqueza de espécies. Dessa forma, o subprojeto Praias, que compõe o Anexo 4, tem como objetivo principal o monitoramento da diversidade da fauna bentônica nas praias adjacentes ao Rio Doce.

Com base nos resultados obtidos no primeiro ano de execução do PMBA/FEST-RRDM, foram selecionadas espécies ou grupos taxonômicos já citados na literatura como bioindicadores ambientais. Assim, além dos parâmetros de riqueza de espécies e densidade de organismos e suas relações com as características sedimentológicas e os elementos-traços presentes nas praias, no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM, estão sendo monitorados diversos grupos-chaves. Para a macrofauna, estão sendo avaliadas as densidades de Oligochaeta (Abubakr et al., 2018), crustáceos Amphipoda (Ré et al., 2009; De-la-Ossa-Carretero et al., 2012) e *Excirolana braziliensis* (Vieira et al., 2012), bem como dos poliquetas *Saccocirrus pussicus* (Lee e Correa, 2004) e *Hesionura* cf. *variодentata* (Dauvin et al., 2016). Para a meiofauna, estão sendo avaliadas as densidades de Copepoda (Van Damme et al., 1984) e Nematoda (Steyaert et al., 2007; Neher e Darby, 2009). Todos esses organismos apresentaram altas densidades e frequência de ocorrência no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM (Macrofauna: RRDM, 2019; RT 20, Pág. 86, Fig. 54; Meiofauna: RRDM, 2019; RT 20, Pág. 98 e Fig. 69) e, com isso, são possíveis de monitoramento, podendo refletir a qualidade do ambiente.

5.5 Anexo 5 - Manguezal

Não foram relatadas alterações metodológicas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

5.6 Anexo 5 - Restinga

Não foram relatadas alterações metodológicas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

5.7 Anexo 6 - Megafauna

Para o Período de Transição, o Subprojeto “Diversidade Genética e Saúde das Tartarugas Marinhas” utilizaram o mesmo modelo já adotado no Ano 1 pelas análises de saúde (RRDM 2019, RT23 - Anexo6 Megafauna) para as análises genéticas, onde foram analisadas amostras coletadas entre outubro/2019 e março/2020 em Arembepé na Bahia, como “região controle” para a espécie *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda) em período reprodutivo, e Ilha de Coroa Vermelha, sul da Bahia, como “região controle” da espécie *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) em área de alimentação. Essa ação foi necessária pois, as amostras biológicas que seriam utilizadas para controle genético, foram obtidas na região da foz do rio Doce em períodos anteriores ao rompimento da barragem de Fundão. Por serem amostras muito antigas e/ou mal armazenadas, as nossas análises foram comprometidas devido a obtenção de DNAs genômicos pouco íntegros e/ou com concentrações insuficientes para dar sequência ao trabalho. O material biológico proveniente das novas “áreas controle” foram depositados na coleção de tecidos do Laboratório de Genética e Evolução Molecular - UFES (LGEM-UFES). Todos os demais procedimentos de coleta, tanto para saúde quanto para genética, seguiram os descritos no relatório anterior.

Quanto às análises genéticas do mesmo Subprojeto, as extrações de DNA das amostras de tecido epitelial coletadas das três espécies alvo deste estudo, foram obtidas pelo protocolo de extração salina (Bruford et al., 1992), padronizado pelo Núcleo de Genética Aplicada à Conservação da Biodiversidade (NGACB-UFES). Algumas amostras de tecido sanguíneo foram incorporadas nas análises genéticas e, para esse tipo de tecido, as extrações de DNA foram feitas por CTAB 2% (Doyle & Doyle, 1987). Foi importante a inclusão desse protocolo de extração, pois ele apresentou resultados mais satisfatórios para amostras de sangue. A depender do tipo de tecido utilizado, é necessário utilizar o protocolo de extração mais adequado, para que as sequências e/ou genótipos gerados não precisem ser descartados de análises futuras, devido à baixa qualidade. Isso comprometeria ao final o “n amostral” previamente definido em nosso estudo.

Não foram relatadas alterações metodológicas para os demais Subprojetos no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

5.8 Anexo 7 - Ictiofauna Dulcícola

No que se refere ao Anexo 7 Ictiofauna Dulcícola, logo antes do Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM foram realizadas coletas exploratórias no Rio São João Grande e no Rio Pancas.

5.8.1 Ecologia de Peixes e Macro invertebrados

Foram iniciadas as análises histológicas das gônadas dos peixes, visando corroborar a classificação macroscópica do desenvolvimento gonadal, a fim de subsidiar a determinação da L50, tamanho da primeira maturação para cada espécie, e assim determinar quais espécies apresentaram recrutamento de indivíduos. Concomitantemente à coleta de ictiofauna, foi inserida a amostragem de macroinvertebrados bentônicos, com o intuito de gerar índices de integridade ambiental.

Os índices de integridade ambiental, utilizando macroinvertebrados bentônicos como indicadores, tiveram seu início no Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM. Os locais de coleta foram classificados quanto às condições ecológicas, conforme Callisto et al. (2002). Em cada local, foi registrado um conjunto de parâmetros (e.g. tipo de fundo, cobertura vegetal no leito dos rios), os quais foram codificados em classes de valores. Na metodologia utilizada, as pontuações finais resultantes do somatório das pontuações de cada parâmetro, refletem o nível de preservação das condições ecológicas de cada local. Assim, a pontuação de 0 a 40 representa trechos impactados; 41 a 60 pontos representa trechos alterados; e acima de 61 pontos, representa trechos que variam de minimamente alterados à condição natural. Um Índice Multimétrico Bentônico (Ferreira et al., 2011) foi utilizado para avaliar a qualidade dos trechos do rio, de acordo com as pontuações atribuídas às métricas bióticas, com base nas proporções de organismos sensíveis e tolerantes aos impactos. Seis métricas bióticas compõem esse índice: riqueza de famílias e percentuais dos grupos Oligochaeta, Chironomidae Oligochaeta (expressos no percentual CHOL); percentual de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (expressos no percentual EPT); e percentual de coletores-catadores, além do BMWP-CETEC - *Biological Monitoring Working Party* (BMWP-CETEC – Junqueira et al., 2000). Para o estabelecimento dos limites das classes de qualidade de água, foram atribuídos escores (5, 3 e 1) a cada métrica (Tabela 3). Os limites foram calculados pela agregação dos escores de cada métrica e determinados por valores mínimos e máximos no intervalo de 6 a 30. O valor da agregação das métricas foi dividido para o estabelecimento das classes de qualidade de água: 6-12 indicam condição de qualidade de água ruim; 13-18 indicam qualidade regular; 19-24 indicam qualidade boa; e 25-30 indicam qualidade muito boa.

Tabela 3: Intervalo dos escores das métricas do Índice Biótico Bentônico.

Métricas	Escores		
	5	3	1
Riqueza	≥ 9	8-6	5 ≤
% Oligochaeta	≤ 5	6-46	≥ 47 ≤ 97
% CHOL	≤ 73	74-86	≥ 87 ≤ 100
% EPT	≥ 6	5-3	≤ 2
%Coletores – catadores	≤ 64	65-83	≥ 84 ≤ 99
BMWP-CETEC	≥ 36	35-18	≤ 17

5.8.2 Genética de Peixes

As metodologias de análises dos dados foram aprimoradas para os casos do DNA *barcoding* e das análises de populações. No caso do DNA *barcoding*, foram aprimoradas as análises para diferenciar entre as espécies nativas e as espécies introduzidas. Para esse fim, foram incluídas todas as espécies relacionadas às espécies encontradas no Rio Doce que estão disponíveis nos bancos de dados públicos. Usando essas análises, foi possível identificar não somente se algumas das espécies ou linhagens encontradas no Rio Doce são espécies nativas ou não, mas também as áreas de origem dessas espécies. Além disso, foi possível validar a presença de espécies nativas do Rio Doce, para as quais a ocorrência não era previamente conhecida.

No intuito de contribuir para os indicadores da integridade do ambiente, foram gerados índices da diversidade filogenética dos pontos amostrais. No caso das análises genético-populacionais, foi testado o protocolo de ddRAD (*double digest restriction associated DNA*), que, em princípio, tem maior poder estatístico de detectar diferenças mais sutis entre as populações estruturadas.

Além disso, será testada a metodologia do DNA ambiental (eDNA), visando o monitoramento ambiental. O uso do DNA ambiental permitirá monitorar a presença dos peixes nos ambientes, recuperação de áreas degradadas na bacia e acompanhamento da evolução do repovoamento de espécies, de forma complementar aos demais métodos. A proposta foi incluída na revisão do anexo 7 do TR4, e será empregada como método rápido e prático de coleta de amostra ambiental, permitindo a coleta de amostras do rio, mesmo quando em condições desfavoráveis para o uso dos métodos de coleta padronizados nos outros locais. O uso desta abordagem, permitirá também aumentar a malha amostral para outros pontos monitorados pelo PMBA/FEST-RRDM, onde são feitas coletas de água e dados, mas não é realizada a coleta de peixes. Isso permitirá testar se a diversidade ou presença de espécies de peixes do ponto monitorado está correlacionada com algum parâmetro físico e/ou químico que está sendo analisado em outros Anexos que compõem o PMBA/FEST-RRDM.

5.9 Anexo 7 – Ictiofauna Marinha

Não foram relatadas alterações metodológicas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM

5.10 Anexo 8 - Sedimentação em Abrolhos

Não foram relatadas alterações metodológicas para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM.

6 SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO E SUA EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL

6.1 AMBIENTE DULCÍCOLA

Nesse relatório são apresentados os principais resultados obtidos no período de transição do PMBA, de out/19 a mar/2020, para os ambientes fluviais e lacustres monitorados na bacia do rio Doce. Os dados obtidos no período de transição foram comparados com os dados observados no Ano 1 de monitoramento (out/18 a set/19).

Sabe-se que o uso e manejo do solo e da água e as condições hidrológicas são os principais indutores de variações espaço-temporais de quantidade e qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Doce. No que tange aos indutores antrópicos, no período de transição foram caracterizadas com maior detalhe as pressões ambientais causadas pela urbanização, agropecuária e mineração, bem como as ações de compensação, recuperação e reparação, executadas na bacia, para contornar os impactos por elas gerados. Em relação ao Ano 1, verificou-se que a agricultura irrigada continua sendo a maior usuária de água na bacia e, no que tange ao saneamento, percebeu-se que os índices de perdas de água na distribuição—IN049 (29%), de coleta de esgoto—IN015 (83%) e de tratamento de esgoto—IN046 (19%) permaneceram no mesmo patamar. Observou-se, ainda, que continuam sendo executadas ações voltadas ao reflorestamento e recuperação de APPs; à infraestrutura para tratamento de água e coleta e tratamento de esgoto; ao manejo de rejeitos e de controle de produção e aporte de sedimentos. Outro indutor caracterizado foi o regime de precipitações. Sabe-se que na bacia do rio Doce esse regime está dividido em período seco, entre abril e setembro, e período chuvoso, entre outubro e março. O período chuvoso apresenta maiores índices pluviométricos nos meses de dezembro e janeiro, sendo que os maiores valores se concentram nas regiões de cabeceira da bacia, onde se encontram os rios Piranga e Carmo, formadores do rio Doce, e os rios Piracicaba e Santo Antônio. Durante todo o período de monitoramento (Ano 1 e período de transição), o regime de chuvas seguiu o padrão de sazonalidade histórico da região. Todavia, ao se comparar o período úmido do Ano 1 (out/2018 a mar/2019) com o período de transição, houve o aumento de chuvas de um período para o outro, sendo que a média dos totais pluviométricos das estações analisadas foi 106 mm maior no Ano 2 em relação ao Ano 1. Das 17 estações analisadas em toda a bacia do rio Doce, 13 registraram pluviosidades maiores no período de transição. Especialmente, as regiões que registraram maior pluviosidade no Ano 1 foram as bacias dos rios Piranga, Manhauçu e Suaçuí Pequeno, que se localizam na parte alta da bacia. Já para o período de transição, os maiores valores registrados ocorreram nas bacias dos rios Santo Antônio e do Carmo (também correspondentes à parte alta da bacia). A região da bacia do rio Manhauçu, que foi uma das localidades com maior pluviosidade no Ano 1, ficou entre as bacias com menores índices pluviométricos (aproximadamente 230 mm a menos). Os menores índices pluviométricos, tanto para o Ano 1 quanto para o período de transição, ocorreram na bacia do rio São José, com uma diferença de 135 mm a mais para o período de transição em relação ao Ano 1.

Em virtude das elevadas precipitações pluviométricas ocorridas na bacia, o período de transição foi marcado por vazões superiores às observadas no Ano 1 do monitoramento e, de modo geral, por uma piora da qualidade de água dos ambientes fluviais e lacustres. Considerando a estação P21, localizada em Linhares, as vazões médias e máximas foram 519 e 2.584 m³/s, no período úmido do Ano 1 (out/2018 a mar/2019), e 988 e 5.179 m³/s, no período de transição, respectivamente.

Em termos de material particulado em suspensão (MPS), fósforo total (PT) e turbidez, verificou-se que no período de transição houve aumento no valor desses parâmetros na calha do rio Doce e no rio Guandu. Na calha do rio Doce foram monitorados valores significativamente maiores que os registrados no Ano 1. No rio Doce, os valores de turbidez (entre 10,70 e 369,76 UNT) e, principalmente, de PT (entre 427,50 e 4.306,19 µg/L) ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, aplicada como referência para águas doce de Classe 2 (turbidez = 100 UNT; PT = 100,00 µg/L) e apresentaram correlações positivas com a concentração de MPS, que variou entre 27,20 e 310,00 mg/L. Por outro lado, no sistema lacustre destaca-se a redução na concentração de oxigênio dissolvido (OD) na coluna d'água, com valores significativamente menores no período de transição quando comparados àqueles registrados no Ano 1. Com relação ao sistema lacustre, nos lagos profundos (lagoas do Limão, Nova e Juparanã) a concentração de OD variou entre 0,04 e 8,28 mg/L, com valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5,0 mg/L), aplicada como referência para águas doce de Classe 2, principalmente no hipolímnio desses corpos d'água, sendo esses valores significativamente menores que os registrados para o Ano 1. A mesma redução foi observada nas lagoas costeiras (lagoas do Areal e Monsarás), com variação entre 0,06 e 8,09 mg/L, valores também significativamente menores que os registrados para o Ano 1. Essa redução na concentração de OD está relacionada à estratificação térmica e, conseqüentemente, química, da coluna d'água, característica para o período chuvoso. Nessas condições o hipolímnio dos ambientes aquáticos tem como característica condições de hipoxia e anoxia.

Para os materiais orgânicos em água, devido à diluição produzida pelo aumento da precipitação e vazões, observou-se uma queda do teor de pesticidas, de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs), de PCBs, e aumento dos esteróis devido à quantificação do colesterol, marcador de poluição doméstica, nos ambientes fluviais e lacustres. Neste período, houve um pequeno aumento do percentual de amostras não conformes em fenóis, segundo CONAMA classe 2, quando comparado com o Ano 1. Os parâmetros não conformes foram: 2-clorofenol (36,8%), 2,4 Diclofenol (67,6%) e Pentaclorofenol (41,2%). Considerando-se os limites do NOAA crônico, também se observou um ligeiro aumento de não conformidades, ou seja: 2,6 diclorofenol (64,7%), Dinoseb (89,7%) Pentaclorofenol (27,9%), 2,3,4,5 tetraclorofenol (89,7%), 2,3,4,5 tetraclorofenol (19,1%).

As análises químicas incluíram também a avaliação de metais, onde os resultados obtidos mostraram que houve uma tendência de aumento de concentração para praticamente todos os metais totais em água e redução nos sedimentos durante o período de transição em relação ao Ano 1. Este aumento foi evidente no Rio Guandu, Rio Doce e Lagoas, para As, Ba, Cr, Fe, Mn, Pb, V e Zn. Apenas Co e Cu tiveram seus valores médios reduzidos nos três sub-ambientes. Para as Lagoas houve também

redução da média do teor de Mn, passando de 163,9 ppm para 114,4 ppm. Entretanto, para os Lagos (do Limão, Nova e Juparanã), que são maiores e mais profundos que as Lagoas (do Areal e Monsarás), houve uma redução de teor médio de metais totais para todos os elementos inorgânicos no período de transição, com exceção do Pb que apresentou aumento.

Estes resultados podem ser explicados por dois fatores antagônicos: no período de transição houve grande quantidade de chuvas, o que causaria diluição e redução das concentrações; mas houve também o aumento do teor de inorgânicos devido à ressuspensão dos sedimentos, com consequente lixiviação de metais, aumentando a concentração na água e diminuindo nos sedimentos. No caso do Rio Guandu, Doce e Lagoas, o efeito da lixiviação predominou, e a água ficou mais rica em metais, para Lagos a diluição predominou e a água ficou mais pobre.

Entre os elementos majoritários, para metais totais em água, o Fe foi o único a apresentar diferenças elevadas de média de concentrações entre os ambientes do Rio Doce ($3320,9 \mu\text{g L}^{-1}$), Guandu ($3661,7 \mu\text{g L}^{-1}$) e Lagoas ($2685,7 \mu\text{g L}^{-1}$) em relação aos Lagos ($846,9 \mu\text{g L}^{-1}$). Considerando o limite estabelecido pelo NOAA crônico, cerca de 63,2 % de todas as amostras de água analisadas, para todos os ambientes, foram não conformes em Fe total no período de transição.

Vale destacar o aumento nas concentrações de Zn, Cr e V no período de transição em todos os ambientes com exceção dos Lagos (Material Suplementar A3DQS, Tabela 1). Esses aumentos chegaram por exemplo a 40% para Zn nas Lagoas, 240% para Cr no Rio Doce e 232% para V no Rio Guandu. Quanto ao Pb, que no Ano 1 não havia sido quantificado por estar abaixo do limite de quantificação, foi possível perceber sua presença em todos os ambientes, mas com apenas 1,5% de amostras não conformes segundo os limites do CONAMA classe 2, mas 19,2% das amostras estavam não conformes para o Mn. Considerando os limites do NOAA crônico (Material Suplementar A3DQS, Figura 8), as não conformidades foram: Ba (100%), Co (26,5%), Cu (2,9%), Fe (63,2%), Mn (27,9%) e Pb (67,6%). Os elementos As, Cd, Hg, Ni, V e Zn, embora tóxicos e impactantes, não apresentaram não conformidades tanto para CONAMA classe 2 quanto para NOAA crônico durante todo o período estudado até agora pelo PMBA, o que é um aspecto positivo.

Uma avaliação comparativa entre os dados do período de transição e os dados pretéritos publicados pelo IEMA após o desastre, mas antes da passagem da pluma, sobre a qualidade da água do Rio Doce foi realizada. Observaram-se aumentos percentuais para os valores médios dos seguintes metais totais: Ba (142%), Cr (827%), Mn (149%), V (238%) e Zn (40%). Os dados do IEMA só se referem ao Fe dissolvido e não ao teor total, e para este parâmetro apresentou um valor de $96,9 \mu\text{g L}^{-1}$, enquanto que para o período de transição, este teor foi de $317,2 \mu\text{g L}^{-1}$, indicando uma possível presença de minerais ressuspensos que poderiam estar associados ao rejeito da barragem de Fundão. É interessante observar que mesmo com muita chuva e consequente intensa diluição, correnteza e fluxos, há aumento significativo dos teores de Fe e de alguns outros dos outros elementos. Considerando o Fe dissolvido em todos os ambientes, tem-se um percentual de 34,4% amostras não conformes na transição. Os maiores índices de não conformidade para Fe dissolvido estão nas Lagoas, seguido do Rio Doce.

Em relação aos sedimentos houve tendência de redução dos teores de metais totais, em especial para o Rio Guandu, que não recebeu rejeito de Fundão. O mesmo não aconteceu para o Rio Doce, pois Ba, Fe e V aumentaram um pouco, nem para as Lagoas, que tiveram um aumento de As, Fe e V e nem para os Lagos, com aumento de Fe e V, todos constituintes do rejeito. Os dados mostram que os teores totais de Al e Fe são bem mais elevados nos ambientes lacustres, sendo respectivamente cerca de 7 e 16 vezes maiores que os fluviais, provavelmente por não haver fluxos relevantes. Destaca-se a elevação do teor de Fe nas Lagoas no período de transição, passando de 44.036 mg kg⁻¹ para 160.376,4 mg kg⁻¹. Já para Mn, os ambientes lacustres apresentam teores aproximadamente 6 vezes maiores que nos ambientes fluviais.

Além dos parâmetros físico-químicos, também se avaliaram os fluxos de sedimentos, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e metais (ferro e manganês), na estação localizada em Linhares (P21), os quais apresentaram magnitudes muito superiores aos fluxos médios observados no período úmido do Ano 1. Em relação aos sedimentos suspensos, no Ano 1 a produção anual de sedimentos estimada foi 10.020 toneladas e produção específica de 0,012 t.km⁻². ano⁻¹, valores muito inferiores aos estimados no período de transição, onde em apenas 6 meses, a produção de sedimentos foi de 55.429 toneladas. As descargas de fundo, em suspensão e total foram, na maior parte dos meses do período de transição, muito superiores aos valores obtidos no Ano 1 do PMBA. Em relação aos fluxos de nutrientes e metais, para o período de transição, foram determinados apenas os relativos a fósforo total (P), fósforo inorgânico dissolvido (PID), ferro (Fe) e manganês (Mn) para as campanhas de novembro/2019 a fevereiro/2020. As estimativas de fluxos médios de P e PID para essas campanhas foram 186,7 t/d (P) e 7,7 t/d (PID), muito superiores aos fluxos médios considerando o período chuvoso de Ano 1, 13,3 t/d e 3,0 t/d, para P e PID, respectivamente. Os fluxos estimados para Fe e Mn, nas frações totais (FeT, MnT), suspensas (FeS, MnS) e dissolvidas (FeD, MnD) mostram valores muito superiores ao valor médio para o período úmido do Ano 1, refletindo os efeitos das altas vazões nos aportes de Fe e Mn para a região costeira adjacente à foz do rio. Os valores médios de fluxos para o período úmido do Ano 1 foram: FeT - 104,5 t/d, FeS - 90,1 t/d, FeD - 11,2 t/d; MnT - 1,87 t/d, MnS - 1,39 t/d e MnD - 0,21 t/d. Enquanto para o período de transição as estimativas de fluxos médios foram: FeT - 323,1 t/d, FeS - 276,2 t/d, FeD - 23,8 t/d; MnT - 7,4 t/d, MnS - 5,6 t/d e MnD - 0,3 t/d.

Os resultados dos subprojetos bióticos agrupados no ambiente dulcícola (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton, macrófitas aquáticas, macroinvertebrados bentônicos e peixes) foram obtidos a partir das amostras obtidas nas campanhas amostrais de outubro/2019 a março/2020. Os estudos em macroinvertebrados compreenderam apenas uma amostragem realizada em dezembro de 2019. Para a avaliação da qualidade ambiental e biodiversidade aquática foram considerados os seguintes indicadores: 1) elementos descritivos da estrutura das comunidades aquáticas (composição, biomassa, riqueza e diversidade de espécies) 2) diversidade funcional, representada por traços funcionais como tamanho, peso e forma de alimentação) 3) Índices de Integridade Biótica, obtidos a partir métricas biológicas representativas da condição ambiental, podendo-se estabelecer categorias como *excelente*, *boa*, *aceitável* e *ruim*. A aplicação do IIB teve início no período de transição 4) registro da ocorrência

de espécies invasivas e exóticas, cuja ocorrência é classificada como forte referência de impacto sobre a biota nativa e qualidade ambiental e 5) as análises histológicas das gônadas dos peixes, visando confirmar a classificação macroscópica do desenvolvimento gonadal com o objetivo de subsidiar a determinação do tamanho da primeira maturação para a ictiofauna.

As coletas realizadas durante o Período de Transição ocorreram em condições sazonais características do período chuvoso, sob influência de condições excepcionais de chuva. Segundo dados de fluxo e vazão obtidos no subprojeto “Hidrodinâmica” foram registrados valores superiores a 1000 m³/s, com recorde de 3306 m³/s, que podem ser considerados acima da média histórica. Nesse contexto temporal, foi detectado um aumento nos valores de Fe dissolvido na água, que ultrapassaram os valores máximos recomendados pelo CONAMA (< 0,3 mg/L) tanto na calha fluvial como nos sistemas lacustres.

Em relação aos indicadores da estrutura das comunidades aquáticas, foram constatados valores reduzidos de diversidade de espécies para a comunidade planctônica (fito e zooplâncton), perifíton e macrófitas na calha fluvial, enquanto nos sistemas lacustres, pode-se observar discreta elevação da riqueza de espécies. Os resultados de riqueza e diversidade também indicaram uma redução em relação ao ano 1 do PMBA, sugerindo que não houve evolução positiva na biodiversidade aquática. Os ambientes lacustres foram considerados depósitos ecossistêmicos importantes de espécies por agregar um número significativo de espécies exclusivas.

O uso de atributos funcionais em complementação aos índices de diversidade no zooplâncton, confirmou a tendência temporal e espacial, com maior redundância funcional na calha fluvial em relação aos lagos e lagoas. A análise de diversidade funcional do zooplâncton mostrou que houve redução das entidades funcionais nos ambientes onde a concentração de Fe dissolvido estava acima do limite CONAMA (0,3 mg/L), sugestivo de impacto ambiental. As espécies introduzidas de peixes contribuíram significativamente para a biomassa da comunidade íctica, com as diferenças encontradas entre o Ano 1 e o Período de Transição indicando o aumento da abundância e biomassa de espécies introduzidas. Nesse âmbito, *Pygocentrus nattereri* e *Metynnis lippincottianus* foram as que mais se destacaram em termos de abundância. Por outro lado, em termos de biomassa, as espécies que se destacaram foram: *P. nattereri*, *Pimelodus maculatus*, e duas espécies do gênero *Prochilodus*.

A avaliação da qualidade ambiental através dos Índices de Integridade Biótica (IIB) do perifíton e fitoplâncton apontou de forma uniforme entre os pontos de coleta que a calha fluvial (Rio Doce e Guandu) apresentou condições classificadas como *regulares* e *ruins*, indicando degradação ambiental. Para os sistemas lacustres, foi constatada uma variação espacial com ambientes oscilando entre condições aceitável e ruim. Os registros de espécies exóticas e/ou invasivas foi abordado no estudo da comunidade de peixes e de macrófitas aquáticas. As espécies de plantas *Eichhornia azurea* e *E. crassipes* (popularmente conhecidas como “jacinto-de-água” e “aguapé”), ambas consideradas oportunistas, foram abundantes no Rio Doce e sistemas lacustres. Sua alta abundância pode ser considerada um indicativo de impacto ambiental. Em relação à comunidade de peixes, a piranha-vermelha *Pygocentrus nattereri*, espécie invasora e piscívora, foi detectada em alta abundância sobretudo no reservatório da UHE Mascarenhas. A alta abundância dessa espécie pode ser

considerada um registro incisivo de impacto sobre a fauna nativa, devido à pressão de predação gerada pelas espécies exóticas piscívoras. No que se refere ao indicador “Desempenho reprodutivo”, análises preliminares comparando os dados do Período de Transição e os dados do mesmo período do Ano 1, indicaram que as espécies introduzidas continuaram apresentando maior fator de condição em relação às nativas. Este resultado sugere que as espécies introduzidas poderiam melhor adaptadas ao ambiente altamente impactado da calha do Rio Doce e adjacências. Porém, análises realizadas em espécies individuais e coletadas em locais afetados e não afetados, dentro da bacia do Rio Doce, permitirão refutar essa hipótese.

Do ponto de vista ecossistêmico e sob uma ótica integrativa, é possível identificar sinalizadores de condição ambiental impactada na calha do Rio Doce e alguns ecossistemas lacustres. De forma geral, a biota aquática apresentou redução substancial de diversidade funcional. Para a comunidade de peixes observou-se uma redução na diversidade filogenética (que pode ser considerada um proxy de diversidade funcional) entre o Ano 1 e o Período de Transição mesmo com a riqueza de espécies de peixes constante entre estes períodos. A qualidade ambiental aferida através do IIB possibilitou delimitar espacialmente os ambientes com condição consideradas “ruins”, que se concentraram notadamente na calha do Rio Doce. Destaca-se aqui que os resultados obtidos na análise do IIB (perifíton e fitoplâncton) foram similares e consistentes, com amplo acoplamento em relação aos parâmetros abióticos (notadamente Fe dissolvido), referenciando a sensibilidade dos indicadores bióticos.

Estudos conduzidos de forma integrada com os indicadores bióticos serão fundamentais para o monitoramento não apenas da condição ambiental atual do Baixo Rio Doce, mas sobretudo para o acompanhamento da evolução dessa condição e seus reflexos sobre a biodiversidade aquática. Considerando uma abordagem na escala de paisagem, a distinção entre os habitats aquáticos remanescentes favoráveis à agregação de espécies (“manchas favoráveis”) e os habitats aquáticos com condições mais restritivas (“manchas-poço”) pode ser fundamental como estratégia para as futuras ações de monitoramento da biodiversidade e das ações de restauração em andamento na Bacia do Rio Doce.

Os resultados dos estudos ecotoxicológicos são baseados na campanha 3 do Anexo 1 do PMBA, de setembro a outubro de 2019, referente ao período de transição. O monitoramento ecotoxicológico do ambiente dulcícola continuou considerando quatro abordagens, a saber: (1) análises das concentrações de metais e As em amostras de água, sedimento e biota; (2) testes de toxicidade realizados com amostras de água e sedimento; (3) análise de respostas biológicas (biomarcadores) em organismos de diferentes níveis da cadeia alimentar; e (4) avaliação da abundância e diversidade da comunidade bacteriana.

Dentre todos os elementos analisados na água (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn e Zn), apenas o Cd, na sua forma total, apresentou concentrações superiores à legislação CONAMA 357/2005 (1 µg/L) na região da foz do rio Doce (1,10 µg/L), tendo sido observada uma concentração média superior àquelas determinadas para o Ano 1. Considerando uma perspectiva espacial, pode-se destacar as maiores

concentrações de Fe total na água das Lagoas Areal e Monsarás e maiores concentrações de Mn total na foz do rio Doce, coincidindo com o padrão do Cd total. O padrão de distribuição espacial dos metais na água foi explorado utilizando uma análise de componentes principais (PCA). Por meio desta análise, observou-se uma associação do Fe e Zn, tanto na sua forma total quanto dissolvida, nas Lagoas do Areal e Monsarás. Com relação à contaminação do sedimento, as concentrações de As e Cd foram significativas na calha do Rio Doce em Linhares, sendo superiores às preconizadas pela Resolução CONAMA 454/2012. Esse mesmo local também evidenciou altas concentrações de Fe e Mn, além destes metais estarem presentes em altas concentrações nas Lagoas do Areal, Nova, do Limão e Palmas. A integração dos resultados de metais no sedimento por meio da PCA indicou a calha do Rio Doce em Linhares, e as Lagoas do Areal e do Limão como os pontos mais criticamente impactados, mantendo o padrão observado no Ano 1.

A avaliação toxicológica das amostras de água, elutriado de sedimento e sedimento bruto ocorreu por meio de ensaios normatizados com organismos bioindicadores de diferentes níveis da cadeia trófica. Estes ensaios foram realizados com amostras de água e sedimento de 4 pontos do monitoramento: Rio Guandu e Rio Doce em Baixo Guandu; Rio Doce em Colatina e foz do Rio Doce. Dois deles, localizados na calha do Rio Doce em Baixo Guandu e em Colatina, foram incluídos na malha amostral para ensaios de toxicidade a partir do período de transição, mediante aprovação prévia da CT-BIO. Os resultados mostraram que os microcrustáceos são o grupo mais sensível dentre os organismos testados. A maior sensibilidade foi observada para *Ceriodaphnia dubia*, tanto com relação à redução na sua reprodução (efeito crônico) quanto à maior letalidade (efeito agudo). No entanto, assim como no Ano 1, o cladócero *Daphnia magna* também se mostrou responsivo, principalmente, nos ensaios crônicos. Os parâmetros foram integrados num Índice de Toxicidade, o qual permitiu classificar, durante o período de transição, o Rio Guandu como “não-tóxico”, enquanto o ponto mais impactado, na foz do rio Doce, teve a água classificada como “levemente tóxica” e o sedimento como “moderadamente tóxico”. A análise temporal indicou que no Rio Guandu, a toxicidade reduziu ao longo do monitoramento, mudando de “levemente tóxico” no Ano 1 para “não tóxico” no período de transição, mas na foz, a toxicidade das matrizes não variou ao longo de todo o monitoramento. As análises de PCA relacionando as concentrações de metais mensurados na água e no sedimento e os valores de toxicidade referentes ao período de transição, indicaram que na matriz água a variável “Toxicidade da Água” ficou associada ao ponto do Rio Doce em Baixo Guandu e ao Zn (total e dissolvido) e Fe (dissolvido). Já, na matriz sedimento, a variável “Toxicidade do Sedimento” ficou associada ao ponto mais crítico, na foz do Rio Doce, e aos elementos Zn, Fe e As. Quando a PCA foi aplicada com os dados do Ano 1 e do período de transição em conjunto, pode-se observar que a variável “Toxicidade da Água” ficou correlacionada ao Zn (total) e ao Rio Guandu na campanha 1 (set/out 2018), foz do Rio Doce na campanha 1 (set/out 2018) e 2 (jan/fev 2019) e calha do Rio Doce em Baixo Guandu na campanha 3 (set/out 2019); enquanto que a variável “Toxicidade do Sedimento” ficou associada ao Mn e à foz do Rio Doce no Ano 1 do PMBA. No geral, a foz do rio Doce continua sendo o local mais impactado, sendo a toxicidade mais associada ao sedimento do que a água.

As análises de microbiologia realizadas com amostras coletadas no período de transição revelaram predomínio de poucos filos bacterianos, sendo que três filos foram responsáveis por mais de 50% da comunidade bacteriana no sedimento e água de superfície e de fundo. A distribuição espacial, utilizando PCA com dados de amostras de sedimento indica uma clara separação entre pontos situados na calha do Rio Doce e pontos localizados em lagos e lagoas adjacentes. A família Pirellulaceae, que compreende um grupo bacteriano conhecido na literatura por possuir metabolismo relacionado à presença de metais, que já havia sido proposto como bioindicador da presença de metais pesados no ambiente dulcícola durante o Ano 1, também ocorreu em abundância no período de transição, com destaque para o Rio Doce em Linhares.

A análise da concentração dos metais na biota (bioacumulação) abrangeu diferentes níveis da cadeia trófica, sendo os organismos separados em fitoplâncton e zooplâncton, camarões de água doce e peixes, que foram categorizados em onívoros/herbívoros (grupo I) e carnívoros (grupo II). Fitoplâncton e zooplâncton apresentaram padrão espacial semelhante para bioacumulação. A PCA relacionando os valores de bioacumulação nestes organismos e pontos amostrais, indicou forte associação entre os níveis de bioacumulação dos elementos Cr, Cu e Mn com o ponto da Lagoa do Areal e dos elementos Cd e Zn com a foz do Rio Doce. Para os camarões, a PCA mostrou uma associação da acumulação dos elementos As, Fe e Mn com a Lagoa do Areão e Lagoa Juparanã, enquanto a bioacumulação dos metais Cu e Cr se mostrou mais associada aos três pontos na calha do Rio Doce. Os peixes do grupo I apresentaram uma forte associação na acumulação dos elementos As, Cd, Fe, e Pb na Lagoa do Areão, enquanto que os carnívoros do grupo II tiveram uma maior associação da acumulação dos elementos As, Cu, Fe e Mn com as Lagoas Nova e Areal e de Cd e Zn com a Lagoa do Areão e com a foz do Rio Doce.

A bioacumulação dos diferentes metais foi integrada utilizando-se o princípio do índice IBR (Respostas Integradas de Biomarcadores), semelhante ao empregado durante o Ano 1 do PMBA (RRDM, 2019; RT 28). Os grupos de organismos considerados para o cálculo do IBR bioacumulação foram os seguintes: plâncton (fitoplâncton e zooplâncton), de forma a refletir a qualidade da água; camarões, de forma a refletir a qualidade do sedimento; e peixes, de forma a subsidiar a transferência trófica e os impactos dos metais nos níveis biológicos superiores (vertebrados). Para a comunidade planctônica, os resultados de IBR bioacumulação para o período de transição destacaram o setor Lagoas, seguido do setor Rio, como os mais impactados, apresentando um padrão espacial muito semelhante ao observado na campanha 2 (jan/fev 2019) do Ano 1. Para camarões e peixes, o IBR bioacumulação também foi maior nas Lagoas durante o período de transição.

Com relação aos resultados de biomarcadores, os níveis de oxidação em lipídios (LPO) no fitoplâncton foram maiores no período de transição do que no Ano 1, nos pontos das Lagoas Nova, Juparanã e Monsarás. O fitoplâncton coletado nestes locais também mostrou um aumento expressivo no conteúdo de metalotioneínas (MT) em relação às campanhas do Ano 1 e também em relação aos outros pontos amostrais do período de transição. No zooplâncton, o aumento de LPO foi menos pronunciado do que o observado no fitoplâncton, exceto na Lagoa Monsarás. Porém, o zooplâncton mostrou um aumento

expressivo no conteúdo de MT em relação ao Ano 1 nos pontos da Lagoa Juparanã, Lagoa do Areão e na Lagoa do Areal, e bem maior na Lagoa Monsarás, nos pontos do Rio Doce em Linhares e na foz do Rio Doce. Os níveis de MT tanto no fitoplâncton quanto no zooplâncton estão mais correlacionados com os pontos do setor Rio no período de transição. Assim como para bioacumulação, os biomarcadores também foram integrados na forma de IBR. A análise do IBR biomarcador para plâncton destacou o setor Rio como o mais responsivo no período de transição, seguido dos setores Lagos, Lagoas e Afluente. Este padrão espacial de maior resposta do plâncton do setor Rio foi similar ao Ano 1. De maneira geral, a análise deste indicador permite observar um padrão sazonal de resposta, com maiores valores de IBR biomarcador associados aos períodos secos (set/out 2018 e set/out 2019) do que ao período chuvoso (jan/fev 2019).

Para camarões coletados no período de transição, houve um aumento da LPO no hepatopâncreas dos animais amostrados na região próxima à foz do rio Doce, incluindo a foz e Lagoa do Areão, em comparação com o Ano 1. Assim como observado no plâncton, foi identificado um aumento no conteúdo de MT nos indivíduos coletados no período de transição, em quase todos os pontos, sendo este aumento mais expressivo na região da foz. Da mesma forma, os níveis de danos proteicos aumentaram de forma expressiva durante o período de transição em relação ao Ano 1, com destaque para Rio Doce em Linhares, foz do Rio Doce, Lagoas do Areão, Areal e Monsarás, bem como Lagoa Nova. Um aumento no nível de danos ao DNA (sítios AP) no período de transição em relação ao ano 1 também foi observado nas células hemolinfáticas de camarões coletados no rio Doce em Linhares e na Lagoa do Areal. A análise de PCA mostra uma maior associação da LPO e MT nos hepatopâncreas dos camarões com o ponto do rio Doce em Linhares e Lagoa do Areão, e uma maior associação do biomarcador de dano em proteínas com a Lagoa Nova, Lagoa Monsarás e Lagoa do Areal. O IBR biomarcador em camarões evidencia o setor Rio como uma área mais criticamente impactada no período de transição, de forma similar ao padrão encontrado para o plâncton.

Com relação aos peixes do grupo I, destaca-se um aumento temporal nos níveis de LPO no fígado dos animais oriundos das Lagoas próximas à foz (Lagoa do Areão, e Lagoa do Areal). Na Lagoa do Areal e no Rio Doce em Linhares, também ocorreu um aumento no conteúdo de MT no fígado em relação às campanhas anteriores. Um padrão temporal marcante foi encontrado para os níveis de dano oxidativo em proteínas no músculo dos peixes, onde os valores encontrados durante o período de transição em todos os pontos monitorados foram maiores do que aqueles encontrados para o ano 1 de monitoramento. Os níveis de danos no DNA (sítios AP) encontrados no sangue dos peixes coletados nas três lagoas próximas à foz (Areal; Areão e Monsarás) e em pontos da calha do rio Doce (em Linhares e na foz,) foram maiores no período de transição em comparação com o Ano 1.

Para os biomarcadores metabólicos e associados ao estresse oxidativo em peixes do grupo I, o perfil temporal observado foi dependente do biomarcador e do tecido analisado. Com relação aos danos histopatológicos em peixes do grupo I, o fígado se manteve com índices mais altos de danos em relação às brânquias, como relatado também para o Ano 1. A análise de PCA realizada com todos os biomarcadores analisados nos peixes do grupo I, incluindo todas as campanhas, indicou que os

maiores níveis de danos biológicos em macromoléculas estão mais associados com o período de transição, com destaque para os setores Rio, Lagos e Lagoas. Por outro lado, os biomarcadores enzimáticos e os índices de lesão histopatológica foram mais associados às campanhas do Ano 1. Para a comunidade de peixes do grupo II (carnívoros), foram observados maiores níveis de LPO no fígado dos peixes coletados na Lagoa Monsarás, de danos ao DNA no sangue de peixes coletados no Rio Doce em Linhares e na foz, e de dano oxidativo em proteínas no músculo de peixes coletados em todos os pontos monitorados, no período de transição em relação ao Ano 1. No que diz respeito as enzimas metabólicas, pode-se destacar a maior atividade da enzima lactato desidrogenase no fígado dos peixes do grupo II no setor Rio no período de transição, especialmente no ponto da foz do Rio Doce, em comparação aos demais setores. Com relação a análise histopatológica, perfis similares foram observados nos peixes do grupo I e peixes do grupo II. Com relação aos peixes do grupo II, a PCA aplicada para os dados de biomarcadores, considerando-se todas as campanhas, mostrou uma associação entre LPO, atividade da enzima malato desidrogenase e níveis de MT com o setor Lagoas, já o biomarcador proteínas carboniladas ficou associado o setor Lagos e danos de DNA ao setor Rio. A integração dos resultados de biomarcadores em peixes (grupos I e II) utilizando o cálculo do IBR biomarcador para os dados do período de transição revela o mesmo padrão espacial já observado nas campanhas do Ano 1, com maiores valores encontrados para o setor Rio, em concordância com os resultados obtidos na comunidade planctônica e camarões.

Em resumo, no período de transição o IBR bioacumulação destaca o Setor Lagoas, nos três níveis tróficos investigados, enquanto o IBR biomarcador destaca o setor Rio como o mais criticamente impactado para os três níveis da cadeia trófica. Estes resultados sugerem que, durante o período de transição, as maiores concentrações de metais potencialmente mais tóxicos encontrados na calha do Rio Doce em Linhares e na foz, particularmente, As, Cd e Pb na água e As e Cd no sedimento, podem estar causando um comprometimento maior da saúde da biota residente nestes locais. Em outras palavras, os organismos coletados nas Lagoas podem estar bioacumulando maiores níveis totais de metais, sobretudo metais essenciais (Fe e Mn), o que reflete em maiores valores de IBR bioacumulação, mas que não necessariamente traduzem maior toxicidade.

De maneira integrada, os resultados sugerem que a dimensão do baixo rio Doce no município de Linhares, incluindo os pontos da calha, estuário e lagoas adjacentes próximas à foz, representa a área mais criticamente impactada dentro da malha amostral dulcícola do Anexo 1 PMBA, reforçando a necessidade de uma maior concentração de estudos de monitoramento e estratégias de recuperação ambiental nesta região.

6.2 AMBIENTE COSTEIRO

Os ambientes costeiros ou transicionais, como as praias, restingas, manguezais, deltas e estuários, compreendidos entre os municípios da Serra (ES) e Caravelas (BA) estão presentes na área de desenvolvimento dos estudos e pesquisas do PMBA. Esta porção da linha de costa brasileira está

inserida no setor da costa brasileira que abrange na plataforma continental os Platôs da Bahia e São Paulo com destaque para as feições marinhas que resultam em diferentes setores costeiros geomorfológicos, como os tabuleiros da Formação Barreiras e as planícies costeiras quaternárias, em função da distribuição das unidades geológicas.

Os resultados aqui apresentados incluem aspectos geológicos, físicos, químicos, biológicos, ecotoxicológicos e ecológicos conduzidos no Ano 1 e período de Transição para o Ano 2 do PMBA, demonstrando as variações ambientais observadas, possíveis impactos relacionados ao rejeito de mineração, usos e condições biológicas destes ambientes. Destaca-se que estes ambientes são caracterizados pela transição continente-oceano e refletem variações ocorrentes nos ambientes dulcícola e marinho, pois recebem tanto as cargas fluviais transportadas através da bacia hidrográfica como o material retrabalhado constantemente na plataforma continental.

O recorte dos estudos das praias do PMBA compreende os terraços de abrasão e planície costeira do rio Doce, setores potencialmente atingidos pela lama do rejeito. A partir da integração da morfodinâmica da praia, da distribuição dos elementos químicos e da diversidade da comunidade bentônica, seja pela tipologia das praias, seja pelos impactos em função da concentração elementar nos sedimentos, é adotada uma setorização em 3 compartimentos (Compartimentos A, B e C) dos ambientes praias estudados. Estes compartimentos apresentam influências distintas em relação ao aporte de sedimentos do rio Doce e conseqüentemente, da potencial contaminação pelos rejeitos de mineração. Os estudos indicam que a porção submersa deste ambiente, à exceção do local onde ocorre a arrebenção das ondas, possuem condições hidrodinâmicas de menor agitação marítima, favorecendo assim a deposição de material fino (lama), tal como aquele oriundo do rompimento da barragem de rejeito da mineração. Contudo, no Ano 1 e no período de Transição do PMBA, foram observados teores de lama nas proximidades da praia emersa e da antepraia sob atuação das ondas, o que revela aportes recentes e/ou em grandes volumes de material deposicional, sem sua conseqüente distribuição para áreas mais profundas.

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

O Compartimento A compreende a faixa litorânea entre os municípios da Serra e Aracruz (ES), com estações de amostragem na Praia Mole (S1), Praia Formosa (S2) e Praia de Putiri (S3), as quais recebem principalmente aportes de elementos químicos de fontes locais, e os organismos bentônicos são típicos de ambientes heterogêneos e areias carbonáticas. Neste compartimento as alterações nos parâmetros da diversidade da fauna bentônica estão associadas à presença de Fe, Pb, Mn e As. As praias deste compartimento estão associadas aos terraços de abrasão, apresentando, normalmente, ausência ou baixo teor de lama nas suas porções submersas. Isto é favorecido pelas barreiras físicas que os próprios terraços de abrasão oferecem à troca longitudinal e transversal de sedimento oriundo do rio Doce nestes locais, limitando o alcance deste material nas praias e conseqüentemente nos ecossistemas da restinga. Entretanto, nas isóbatas de 10 m da Praia Mole (S1) e de 5 m da Praia

Formosa (S2) foi observado aumento no teor de lama presente na antepraia no período de Transição em relação ao Ano 1 do PMBA. Na Praia Formosa, por exemplo, apenas na face inferior não foi observado aumento nas concentrações de Fe na campanha amostral no período de Transição, com valores mais elevados na isóbata de 5m e na face superior, indicando que existe uma troca transversal de sedimentos entre a antepraia e a praia emersa sob condições de ondas com maiores alturas significativas.

O Compartimento B abrange as localidades de Barra do Riacho (S4), Comboios (S5), Regência (S6), Regência Farol (S7), ao sul da planície do rio Doce, e Povoação (N1), na foz do rio Doce, logo ao norte. Estas praias apresentam alta mobilidade e altas velocidades de refluxo das ondas, responsável pela retirada dos sedimentos finos e dos contaminantes da porção emersa, acarretando a deposição de lama na antepraia, onde a mobilização pelas ondas é menor. Portanto, a baixa capacidade de retenção de metais no sedimento pode explicar as concentrações mais baixas de metais associados ao rejeito, observados na praia e na restinga, uma vez que a elevada altura da praia, e seu consequente baixo potencial de inundação, pode limitar a chegada deste material até este ecossistema. Nessas praias continuam sendo registradas as maiores densidades da macrofauna da área de estudo, relacionadas positivamente com o aumento da declividade da face praial e maior tamanho médio do grão, oposto ao que prediz a literatura.

Por fim, o Compartimento C, compostos pelas localidades de Degredo (N2), Pontal do Ipiranga (N3), Barra Nova (N4), Guriri (N5) e Itaúnas (N6), é a área afetada pelo rejeito de mineração, pois é onde os processos costeiros favorecem a deposição dos sedimentos fluviais a partir da deriva litorânea sentido norte. Altos teores de elementos químicos são verificados nessa região, pois se encontram associados à fração lamosa oriunda do rio Doce e são transportados pelas correntes longitudinais para a antepraia, principalmente, e praias emersas deste compartimento. Consequentemente, as praias apresentaram baixos valores de densidade de organismos da macrofauna bentônica, contrariando a literatura, enquanto os valores dos parâmetros da meiofauna e nematofauna são maiores. Além disso, alterações da fauna bentônica foram associadas à presença de Lama, Fe, Pb, As, Mn, Ni e Ba. Destaca-se, ainda a estação amostral N2 (Degredo) como criticamente impactada com a chegada do rejeito, já que existem dados pretéritos ao acidente para comparação. Durante o período de transição foi observada um aumento da densidade da macrofauna, alcançando os valores do período pré-rompimento, indicando uma recuperação no número de organismos. Por outro lado, para a densidade da meiofauna as diferenças entre os períodos pré e pós-rompimento permanecem significativas.

Nas praias, a bioacumulação de metais foi realizada em tecidos de crustáceos de diferentes grupos (anfípodas, isópodes e caranguejos da espécie *Ocypode quadrata*). Este indicador para isópodes e anfípodas (outros invertebrados), durante o período de Transição, foi maior nos animais coletados no Compartimento B, próximos à foz do rio Doce (pontos de Comboios, DSC e Regência, DSR), semelhante ao observado para os dados da campanha 2 (jan/fev 2019), destacando-se a bioacumulação dos elementos As e Cd. Já os caranguejos apresentaram padrão distinto, aumento nos valores do indicador de bioacumulação no setor ao norte da foz do rio Doce (Compartimento C), com a

maior contribuição dos elementos Cd, Cr, Fe, Mn, Pb e Zn. O indicador de estresse fisiológico na biota da praia, durante o período de transição, revelou um padrão inverso entre os caranguejos e outros invertebrados (isópodes e anfípodas). O maior valor do indicador de estresse fisiológico (mensurado a partir das análises de biomarcadores) para isópodes e anfípodas foi observado na região ao norte da foz do rio Doce (Compartimento C), onde foi observado o menor valor para caranguejos. Estes valores baixos para caranguejos no Compartimento C já haviam sido observados no ano 1. No período de transição, os caranguejos indicaram maior nível de estresse fisiológico nos Compartimentos A e B. O indicador de estresse fisiológico em isópodes e anfípodas, esteve associado ao Compartimento A na primeira campanha (set/out 2018), ao Compartimento B na segunda campanha (jan/fev 2019) e ao Compartimento C no período de transição (set/out 2019). Estas variações no ambiente costeiro das praias podem afetar outros ecossistemas transicionais próximos e interligados como, por exemplo, as restingas e manguezais.

Nas restingas as análises realizadas no período de transição evidenciaram que além dos indicadores de alterações em nível celular constatados no Ano 1 (metabolismo fotossintético, metabólitos primários, sistema oxidante) somam-se as modificações observadas nos processos reprodutivos, relacionados às variações populacionais, como a germinação, a viabilidade de estruturas reprodutoras, mais alteradas nas estações ao norte da foz do rio Doce, e a floração, que podem afetar a produção de óvulos, de grãos de pólen e de sementes de espécies não tolerantes e, principalmente, nas interações entre planta e fauna. Pode-se indicar que o Manganês foi um dos elementos que apresentou maior recorrência de correlação com os indicadores. Ressalta-se que as espécies arbóreas apresentaram os maiores acúmulos deste metal, o qual, em excesso, pode ocasionar danos e consequentemente comprometer o processo fotossintético. Este fato foi observado principalmente nos períodos chuvosos, corroborando os alertas de perigo mais frequentes nesta formação. Por outro lado, espécies arbustivas apresentaram significativo acúmulo foliar de Cádmio, Cobre e Zinco, elementos que podem atrasar significativamente a floração e a frutificação por inibição das vias metabólica e fotossintéticas, levando a diminuição da biomassa. A presença desses elementos, principalmente nas estações próximas da foz do Rio Doce, aponta ainda para uma futura redução populacional ou para o desaparecimento de espécies nativas, permitindo assim a ocupação das áreas por espécies invasoras e/ou ruderais. Dessa forma, análises da capacidade de colonização da área por comunidade microbiana produtora de substâncias quelantes de metais do solo e associados ao sistema radicular das espécies, possibilitaria o estudo de possíveis linhagens de interesse em plantas bioacumuladoras e poderão subsidiar sua aplicação em uma fase de recuperação da Restinga.

A delimitação dos habitats e utilização dos resultados em banco de dados através da cartografia permitiram, em relação aos manguezais estudados, uma melhor visualização e integração por estuários e respectiva região na linha de costa. A dinâmica (circulação) estuarina quando integrada a concentração de metais em águas costeiras e aos perfis praias permitem discutir as trocas entre os estuários e região costeira adjacente. O sistema estuarino dos rios Piraquê-Açu e Mirim, inserido na região litorânea do Compartimento A, está intimamente relacionado à Formação Barreiras que na sua

mineralogia possui concentração elevada em ferro. Haja vista esta característica da formação geológica, o domínio dos fluxos d'água ocorrerem em maior velocidade nas marés vazantes e os dados de metais no sedimento analisados no período deste monitoramento (dezembro de 2018 a setembro de 2019) terem indicado: alta contaminação no verão (acima dos dados pretéritos) e os dados relativos ao inverno demonstrarem declínio no nível de ferro em todas as amostras podem sugerir contaminação autóctone, apesar de também responderem à inversão do domínio de influência da pluma de sedimentos do rio Doce sob influência do sistema de ventos. Entretanto, os dados relativos ao carbonato de cálcio são mais expressivos neste estuário indicando a forte influência das correntes costeiras sobre este sistema. Outro indicador importante a ser considerado é o teor de chumbo que ainda é observado em concentrações mais elevadas, tanto no verão quanto no inverno, indicando contaminação persistente deste elemento no sistema. Dados disponíveis sobre a ocupação desta bacia não identificam fontes poluidoras deste metal.

Em relação à flora, dados relacionados à assimilação de carbono, fluorescência da clorofila *a* e pigmentos fotossintéticos indicam respostas fisiológicas da vegetação associada aos maiores teores de ferro, manganês, cobre, zinco e chumbo no Compartimento A. Exceto o ferro, todos os outros elementos químicos encontram-se elevados tanto no verão quanto no inverno. O comportamento fisiológico das espécies é distinto de acordo com os metais em maior concentração na floresta de manguezal e nas folhas. Na avaliação do teor de ferro nas folhas de *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) houve redução na eficiência fotossintética, mas não significativa como ocorre em outros estuários monitorados. Esta redução menos significativa pode ser um indicativo de que as populações de mangue vermelho nos rios Piraquê-Açú e Mirim já estejam adaptadas às concentrações mais elevadas de ferro no ambiente. Entretanto, não se pode descartar a possibilidade do efeito sinérgico provocado pelo aumento drástico do teor de ferro por ocasião da chegada dos rejeitos da mineração no ambiente. Além disso, deve-se considerar que o aumento no teor de ferro decorra numa possível amplificação de outros fatores naturais do sistema que, dentro da sua variabilidade temporal, podem somatizar os efeitos negativos, levando a redução da qualidade ambiental e perda da capacidade de resiliência. As florestas de manguezal no Compartimento A também descrevem comportamentos similares aos observados para assimilação de carbono, fluorescência da clorofila *a* e pigmentos fotossintéticos nas florestas dos rios Piraquê-Açú e Mirim. A diversidade biológica neste ambiente é elevada, com a ocorrência de várias espécies não intimamente associadas aos manguezais, como polvos por exemplo. As concentrações de metais nas folhas sugerem que as espécies biológicas nestes manguezais estão bioacumulando chumbo, zinco e cobre em detrimento ao ferro e manganês.

Em relação à fauna associada aos manguezais do Compartimento A, os indicadores densidade de *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi* apresentam as menores densidades, indicando comprometimento do ambiente para manutenção destes recursos. *Ucides cordatus* nesta área apresenta densidades similares às de Caravelas quando os dados dos locais não são diferenciados por tipo de floresta, isto é, domínio de *Rhizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*. O indicador fecundidade ainda não produziu respostas significativas para avaliar dano ou não. Efeitos deletérios

causados em 2015 / 2016 nas populações destas espécies terão consequências reprodutivas a partir de 2020 e 2021 com efeitos sobre a densidade em 2025 / 2026 por diante.

No Compartimento B (Foz do rio Doce), os dados dos indicadores assimilação de carbono, fluorescência da clorofila a e pigmentos fotossintéticos não apresentam correlação com o ferro nas folhas da espécie analisada *Talipariti pernambucense*. Há indicativos de ajuste da vegetação nos processos assimilatórios, entretanto, há necessidade de se continuar o monitoramento desta espécie para entender as variações sazonais próprias da vegetação e com isto identificar padrões que nos permitam avaliar a contaminação, bem como com introdução de outras áreas de monitoramento desta espécie para efeito de comparação. Em relação à fauna, os indicadores densidade de *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi* apresentam baixa densidade, agravada pelo ingresso da primeira espécie neste ambiente e, conseqüentemente, provocando competição por nicho, assim como, a espécie *Goniopsis cruentata* já relatada em outros relatórios. Para o indicador fecundidade identificamos também que não houve respostas significativas para avaliar dano. Reforçamos aqui, reiteradamente, a discussão emitida no Compartimento A, sobre a preocupação com as respostas destes dois indicadores relacionados a estas importantes espécies de interesse ecológico e econômico, e a necessidade de manutenção dos estudos em longo prazo para que se tenha um diagnóstico ambiental adequado.

Os estuários localizados ao norte da foz do rio Doce, Compartimento C, apresentaram variações distintas nas concentrações de metais nos sedimentos superficiais em relação aos períodos chuvoso e seco. Por ocasião do inverno de 2019, houve aumento do ferro no sedimento de forma mais acentuada para o rio São Mateus em relação aos rios Mariricu (Barra Nova) e Urussuquara em comparação com o verão, onde o rio Mariricu teve maior concentração relativa. Há hipótese de contaminação crônica para estes estuários mais próximos da foz do rio São Mateus e dos sedimentos que se encontram depositados na plataforma interna e que são remobilizados para o sistema em função de eventos esporádicos de ventos e ressacas provocadas por variações meteoceanográficas.

Em relação às concentrações de metais nas folhas e sua associação com concentrações observadas no sedimento, nota-se que as plantas possuem estratégias diferentes no processo de absorção destes elementos. O ferro está bioacumulando de forma mais acentuada na espécie *Laguncularia racemosa* que domina nos estuários dos rios Mariricu e Urussuquara, indicando que podem estar atuando como biorremediadoras deste metal e, conseqüentemente, amenizando as concentrações deste elemento no sedimento. Por outro lado, *Rhizophora mangle* demonstra bioacumular manganês, aspecto que se observa para a espécie no rio São Mateus e também nos dados da espécie para os rios Piraquê-Açú e Mirim no Compartimento A. Os indicadores de assimilação de carbono, fluorescência da clorofila a e pigmentos fotossintéticos neste setor apresentam respostas que podem indicar esta variabilidade observada para a flora neste sistema praiar. Não houve diferenças nas reações de absorção e captura de fótons pelas espécies citadas acima.

Para a espécie *Ucides cordatus* as densidades são bastante similares entre os estuários do Compartimento C. O indicador fertilidade para São Mateus no verão de 2019 apresentou valores inferiores àqueles observados em estudos pretéritos, entretanto, em relação aos dados de verão deste

ano não há diferença significativa para este indicador. A espécie *Cardisoma guanhumi* apresenta a menor densidade no rio São Mateus apesar das densidades terem se mantido quase uniforme ao longo do período amostral. Por outro lado, apesar da espécie ser proibida de captura no Espírito Santo por questões de conservação, especialmente, neste rio é rotineiro encontrar nas áreas de monitoramento covas abertas indicando captura do recurso por ação humana.

Caravelas por sua distância e por suas características geológicas, geomorfológicas e oceanográficas apresenta padrões distintos de algumas áreas no litoral capixaba. Em alguns aspectos se aproxima dos rios Piraquê-Açú e Mirim, em outros ao rio São Mateus. A flora neste compartimento com seus indicadores de assimilação de carbono, fluorescência da clorofila a e pigmentos fotossintéticos correlacionam excesso de ferro com a assimilação de carbono e com a economia hídrica. O manganês demonstrou também interferir na economia hídrica nas florestas de mangue neste estuário. Não houve diferença significativa entre os teores de metais nos sedimentos superficiais de verão (dezembro de 2018 e janeiro de 2019) com as coletas realizadas no inverno (junho de 2019). Os metais ferro, manganês, zinco e chumbo apresentam concentrações quase similares quando avaliadas de forma comparativa com os demais estuários monitorados. As concentrações de metais nas folhas de mangue apresentam maior assimilação de manganês, zinco e chumbo, proporcionalmente, no verão. No inverno a assimilação maior foi para manganês e chumbo. A fauna com seus indicadores de densidade de *Ucides cordatus* e *Cardisoma guanhumi* em Caravelas apresentam similaridade de densidade ao longo do ano, indicando manutenção da população. O indicador fertilidade não apresenta resultados suficientes para um diagnóstico.

Quanto às respostas ecotoxicológicas nas áreas de manguezais associados, observa-se que os indicadores de bioacumulação de metais nos caranguejos de mangue revelam Cd, Cr, Cu, Fe, Mn e Pb como os elementos encontrados nos tecidos dos animais do setor da foz do rio Doce. Em relação aos indicadores de resposta biológica nos caranguejos de mangue, analisados no período de transição, apresentaram maiores valores no setor da foz do rio Doce, com destaque para os biomarcadores associados a danos em biomoléculas (lipoperoxidação, carbonilação de proteínas e danos de DNA por sítios AP). As análises de biomarcadores indicam um padrão temporal, com maiores níveis de bioacumulação na campanha realizada na estação chuvosa (campanha 2 – jan / fev 2019), quando comparado às campanhas realizadas na estação seca (campanha 1 – set / out 2018 e campanha 2 – set / out 2019).

No que se refere à megafauna, os resultados obtidos continuam indicando que a foz do rio Doce, onde há grande concentração de metais associados ao rejeito de minério, é uma área de vida fundamental para este grupo de animais. Para cetáceos, o número de encalhes reduziu em relação ao mesmo período do Ano 1, no entanto, houve uma inversão das taxas de encalhes em relação ao norte e sul do rio Doce. No período da transição o maior número de encalhes foi para a região ao sul ao contrário do ano anterior. As espécies que mais encalharam continuam sendo *Sotalia guianensis* (“Vulnerável”) e *Pontoporia blainvillei* (“Criticamente em Perigo”), mas com o registro de três espécies ainda não encalhadas no Ano 1 (*Kogia* sp., *Peponocephala electra* e *Physeter macrocephalus*). Como principais

causas de morte têm-se os processos infecciosos e o emalhe, mesmo na área de proibição de pesca em Linhares. Dados moleculares mitocondriais evidenciaram estruturação genética para *S. guianensis*, o que pode indicar a presença de mais de uma população no litoral do Espírito Santo. Isso demonstraria que os impactos estão afetando populações pequenas, o que seria ainda mais prejudicial para a espécie. Os resultados de diversidade genética obtidos durante os períodos pré e pós-rompimento da barragem, ainda indicam uma diminuição na diversidade nucleotídica e haplotípica para *S. guianensis* para as três regiões consideradas, sendo que os menores valores foram observados na região do rio Doce. A presença de somente um haplótipo e baixos níveis de diversidade genética para a espécie *Pontoporia blainvillei* são ainda mais preocupantes, por se tratar de uma população reduzida com alto risco de extinção. Para ambas as espécies foram detectadas elevadas concentrações de contaminantes em alguns indivíduos. As concentrações foram maiores, inclusive, do que as já reportadas no Relatório Anual em alguns casos. O achado sugere evidências de impacto do rompimento da barragem de Fundão na saúde destes animais, principalmente em relação aos elementos Fe, Mn e Cd, que compõem o rejeito e foram destacados em outros subprojetos deste PMBA apresentando altas concentrações no sedimento, água e na biota. Concentrações elementos-traço em indivíduos da espécie *Pontoporia blainvillei* trazem preocupação (por exemplo, altas concentrações de Cd em um dos animais). Ainda nos cetáceos foram encontradas algumas patologias e microrganismos que podem ter afetado a saúde desses animais, levando a déficit nutricional, imunossupressão, suscetibilidade a doenças infecciosas, desregulações endócrinas, entre outras.

O monitoramento das aves na foz do Rio Doce e adjacências indica que as espécies monitoradas, as quais foram definidas como indicadoras pelo TR4 e muitas das quais são ameaçadas de extinção e/ou migratórias, aves, incluindo espécies ameaçadas de extinção, seguem utilizando intensamente a região para alimentação, tanto no mar como na praia, o que sugere que a região ainda atende aos requerimentos das aves, enquanto as expõem aos contaminantes dos rejeitos. Houve uma diminuição do nicho trófico das aves que se reproduzem em Abrolhos. Foram detectadas diferenças significativas nas concentrações de Arsênio, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco nas penas de contorno e de crescimento no Albatroz-de-bico-amarelo do Atlântico (*Thalassarche chlororhynchos*), indicando uma contaminação mais recente por metais pesados. As análises de elementos traços não essenciais, tais como Arsênio, Cádmio, e Chumbo, no sangue da Graziña-de-Trindade (*Pterodroma arminjoniana*) indicaram aumentos significativos entre as fases pré e pós-rompimento da barragem e chegada do rejeito no ambiente marinho. No caso do Rabo-de-palha-de-bico-vermelho (*Phaethon aethereus*), as diferenças nas concentrações de Arsênio e Cádmio foram ainda maiores. Neste contexto, cabe destacar que as penas de crescimento no Atobá-pardo (*Sula leucogaster*) também apresentaram aumento significativo nas concentrações de Arsênio, Mercúrio e Chumbo, quando são comparados os valores obtidos nas fases pré e pós rompimento da barragem e a chegada do rejeito de minério no mar. Este fato também foi observado no Rabo-de-palha-de-bico-vermelho (*P. aethereus*), porém no caso desta ave marinha também foi observado aumento na concentração de Cádmio. No arquipélago dos Abrolhos, foi observado um baixo sucesso reprodutivo de *P. aethereus*, o que pode estar sendo potencializado pela predação de roedores exóticos invasores nos ninhos. Adicionalmente, foram

detectadas bactérias multirresistentes na espécie, e bactéria com perfil de resistência de interesse em *S. leucogaster*. Potenciais consequências foram ainda detectadas na diversidade genética do Atobá-pardo e do Rabo-de-palha-de-bico-vermelho que se reproduzem em Abrolhos, com diminuição de índices entre os períodos anterior e posterior ao rompimento da barragem. Até o momento, as informações detalhadas contidas no relatório do primeiro ano de monitoramento, complementadas pelo relatório do período de transição, indicam que tais aves apresentam indícios de contaminação recente, e que essas aves seguem utilizando a região para alimentação, o que pode representar uma ameaça à persistência das populações em médio e longo prazos.

No que concerne às tartarugas marinhas, os resultados dos estudos realizados no Ano 1 indicaram que ainda não houve evidência de diminuição da variação genética na população da tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) após o rompimento da barragem e chegada do rejeito no mar. Por outro lado, as tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) capturadas na APA Costa das Algas após a chegada do rejeito no mar apresentaram valores de variação genética mais baixos que os relatados para outras localidades pouco ou não afetadas pelo rejeito do rompimento da barragem. As análises genéticas realizadas para as tartarugas-de-couro (*Dermochelys coriacea*) indicaram baixíssima variação. A população de tartarugas-de-couro merece atenção especial por ser criticamente ameaçada de extinção no Brasil. Quanto à saúde, as tartarugas cabeçudas amostradas em Povoação, Linhares, apresentaram lesões oculares semelhantes a conjuntivite, que nunca haviam sido encontradas nesta e em outras áreas de reprodução no Brasil. Além disso, detectou-se um aumento do número de ectoparasitas e uma piora da condição corporal quando comparamos com tartarugas da área que não foi afetada por rejeitos (Praia do Forte e Arembepe, na Bahia). Já as tartarugas verdes juvenis, capturadas na APA Costa das Algas, apresentaram uma maior quantidade de parasitas, bem como uma maior incidência de fibropapilomatose, um tipo de câncer de pele provocado por um herpesvírus, quando comparadas com aquelas capturadas em Coroa Vermelha, uma área considerada como controle. Além disso, observamos nos exames de sangue que as tartarugas capturadas na APA Costa das Algas estavam subnutridas e apresentaram maiores níveis de danos hepáticos e sinais de doenças infecciosas do que as tartarugas de Coroa Vermelha. Os dados do Ano 1 e do período de transição indicam que as tartarugas cabeçudas de Povoação e as tartarugas verdes da APA Costa das Algas precisam ser acompanhadas em relação a sua saúde, pois os animais estão apresentando uma condição de saúde pior do que nas áreas controle.

6.3 AMBIENTE MARINHO

A área de atuação da RRDM no ambiente marinho, no primeiro ano do PMBA, compreendeu a região da plataforma continental que se estende desde Guarapari/ES até o Caravelas/BA. As estações de análise e coleta de material, incluindo água do mar, sedimentos e organismos ao longo da cadeia trófica, estavam distribuídas nos seguintes locais: Guarapari, Vitória, Área de Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas, Refúgio da Vida Silvestre (REVIS) de Santa Cruz, Foz do Rio Doce, Degredo, Barra

Nova, Itaúnas e Abrolhos. No período de Transição houve a readequação de malha amostral para alguns projetos, onde foi excluído as localidades de Guarapari e Vitória, e reduzidas as estações amostrais na APA Costa das Algas, REVIS de Santa Cruz e PARNA de Abrolhos, com consequente aumento das estações amostrais na Foz do Rio Doce e inserção de novas estações amostrais nas seguintes localidades: Barra Seca, Conceição da Barra e Mucuri. As coletas continuam sendo realizadas em locais com profundidade variando entre 10 e 50 m, dependendo da região. A frequência de amostragem depende do objetivo proposto em cada estudo realizado, tendo sido realizadas coletas mensais, trimestrais e semestrais, conforme as variáveis ambientais que foram abordadas.

A partir dos resultados obtidos são geradas informações quanto à presença do sinal do rejeito de mineração; habitats de fundo; forçantes físicas; qualidade da água e dos sedimentos; possíveis efeitos ecotoxicológicos e alterações nos organismos; populações e comunidades biológicas presentes no ambiente marinho, incluindo plâncton (organismos com pouca locomoção que vivem na coluna d'água e que compreendem a base da cadeia trófica), bentos (organismos que vivem no fundo marinho), macroalgas, recifes de corais, peixes (estuarinos, costeiros e recifais), cetáceos (ex: golfinhos e baleias), tartarugas e aves marinhas.

Os resultados apresentados ao final do primeiro ano do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região Marinha e Costeira Adjacente (RRDM 2019) mostraram que a qualidade da água no ambiente marinho adjacente à Foz do Rio Doce é diretamente afetada pela combinação de eventos hidrológicos e eventos de aumento da energia de ondas (não necessariamente simultâneos). Na análise desses dois processos, a variabilidade temporal da vazão fluvial e da energia das ondas durante o período de transição, compreendido entre outubro/2019 e março/2020, apresentou comportamentos distintos quando comparado ao mesmo período do Ano 1. Embora o Ano 1 e o período de transição apresentem picos de aumento de altura significativa de ondas (Hs) em momentos distintos (outono/inverno), é possível observar que durante o período de transição os valores de Hs foram ligeiramente maiores do que aqueles no mesmo período do Ano 1.

A altura significativa de ondas ocorreu em um período de expressivas mudanças da vazão do Rio Doce, com possíveis implicações na dispersão do material dissolvido e particulado aportado pelo rio no ambiente marinho. O início do período de transição (outubro/2019 e novembro/2019) foi marcado por uma condição de seca extrema, quando a vazão permaneceu abaixo da condição normal por diversos meses. No entanto, a partir do final de novembro/2019, a vazão fluvial passou a aumentar significativamente, fazendo com que valores medianos mensais fossem até 93% e 350% maiores para o mês de março quando comparados a séries históricas e ao Ano 1, respectivamente. A campanha Emergencial no final de janeiro de 2020 foi realizada simultaneamente à maior vazão fluvial medido até agora durante todo o PMBA, quando a vazão do Rio Doce alcançou 5.179 m³/s no ambiente marinho. O acompanhamento da salinidade superficial a partir dos fundeios oceanográficos mostrou que a influência da pluma fluvial se estendeu desde Degredo, ao norte da foz, até a APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz (APA/RVS), ao sul da Foz do Rio Doce, semelhante aos resultados dos

experimentos numéricos mostrados no Relatório do Ano 1. Comparativamente, o valor de 5.179 m³/s é aproximadamente o dobro do maior pico de vazão do Ano 1 (2584 m³/s), que ocorreu dias antes à realização da campanha 4, em janeiro de 2019.

A diminuição de salinidade associada à pluma fluvial, medida nos fundeios, foi acompanhada, em sua maioria, por aumentos significativos da turbidez e fluorescência superficiais, desde Degredo até a APA/RVS. Diferente do período de inverno, quando a turbidez na coluna d'água mostrou forte correlação com eventos de ressuspensão gerados pelo aumento da energia de ondas, a turbidez no período de transição, especialmente a partir de janeiro de 2020, foi influenciada diretamente pelo aumento da vazão fluvial. Durante a campanha EMERGENCIAL, por exemplo, a turbidez superficial superou aquela registrada próxima ao fundo nas estações mais próximas à foz. Em uma avaliação da turbidez superficial média durante o período de aumento da vazão fluvial (exemplificado aqui com a média mensal do mês de fevereiro), foi possível observar que houve aumentos expressivos no setor Foz quando comparados ao mesmo período do Ano 1. Quantitativamente, esse aumento próximo à foz atingiu 800% se comparado ao mês de fevereiro do Ano 1, progressivamente diminuindo em outras regiões adjacentes. Embora menor, fica claro também um aumento desde a APA/RVS até o setor Norte. Sobre o setor Abrolhos, há aumentos e diminuições espacialmente heterogêneos e não foi possível estabelecer uma regionalização do sinal de turbidez.

Os resultados de material particulado em suspensão (MPS) são ligados ao indicador de turbidez da coluna d'água e demonstram que, enquanto no Ano 1, os maiores valores de vazão do Rio Doce foram observados em Dezembro/2018 e Janeiro/2019. Durante o Período de Transição esses maiores valores foram observados em Janeiro e Março de 2020. Destaca-se que em fevereiro de 2020 a carga de sedimento em suspensão foi aproximadamente 13 vezes maior que em fevereiro de 2019 (ano 1). Em março de 2020, a carga de sedimento em suspensão foi aproximadamente 30 vezes maior que em março de 2019 (ano 1), de acordo com os resultados apresentados pela Hidrologia Continental do Anexo 3 Dulcícola. Uma mudança no período de pico de vazão foi acompanhada por uma mudança no maior aporte de sedimento em suspensão, o que influencia fortemente na evolução espaço-temporal dos indicadores. A maior carga de sedimento em suspensão associada às condições de vento propiciou uma dispersão do material em suspensão, afetando os setores APA/RVS e Norte.

Aumento das concentrações de MPS no setor Norte foi resultante do período mais chuvoso em Janeiro de 2020 do que em Janeiro de 2019 para todo centro-norte do Espírito-Santo e sul da Bahia aliado ainda ao maior potencial de mobilidade do sedimento em Janeiro de 2020 do que em Janeiro de 2019. Houve uma redução da densidade úmida do sedimento superficial no Ano 1 e que perdurou durante o Período de Transição, resultando na redução da tensão crítica para ressuspensão do sedimento superficial observada no setor Norte. A consequência da redução da tensão crítica associada a um aumento da energia hidrodinâmica, foi o aumento do potencial de mobilidade do sedimento de fundo.

Para o setor Foz Norte, picos atípicos de MPS são decorrentes tanto da maior descarga fluvial de sedimento em suspensão, como do maior potencial de mobilidade encontrado para o Período de Transição. De forma geral, tem se observado um aumento da densidade úmida superficial e da tensão

crítica de ressuspensão no setor Foz Norte comparando-se o Ano 1 e o Período de Transição. Apesar do aumento da tensão crítica, observa-se o aumento do potencial de mobilidade de fundo, relacionado a maior energia hidrodinâmica próximo ao fundo.

As condições hidrológicas e meteoceanográficas no Período de Transição favoreceram o aumento na concentração de MPS para todas as estações do setor Foz Central. O que mais chama atenção é o aumento em 2,3 vezes na estação SD 05, que fica a 50m de profundidade, mostrando que nesse período o material em suspensão se deslocou para áreas mais profundas em maior quantidade. Também houve uma diminuição da tensão crítica de ressuspensão do sedimento superficial, com destaque para a estação SD 02 que passou a apresentar valores de densidade próximos a 1000 kg/m³, o que implica em mais material sendo transferido para a coluna d'água mesmo em momentos menos energéticos. Esse comportamento de redução da densidade úmida e consequentemente do potencial de mobilidade também foi observado para o setor Foz Sul.

Na APA/RVS foi observado nas estações mais profundas uma diminuição na concentração de MPS no Período de Transição em relação ao observado no Ano 1, confirmando que o material oriundo do Rio Doce continua a ser encontrado em estações mais rasas. Nos sedimentos superficiais os resultados mostram uma manutenção da presença da fração mais finos, com alto teor de água, baixo valor de densidade úmida e consequentemente maior potencial de mobilidade na porção rasa do setor APA/RVS. Toda a área do setor Foz do Rio Doce apresenta o sinal do IMS (presença de conjunto mineralógico de ferro com assinatura mineralógica e abundância relativa da fonte de rejeitos) de forma contundente, principalmente os setores Foz Norte e Central e que existe um transporte em direção N/NE. Os resultados observados ao longo do PMBA para os indicadores sedimentológicos e, como veremos a seguir, hidrogeoquímicos, são uma resposta de ambas alterações nas propriedades físicas do sedimento, e das condições hidrometeoceanográficas atuantes na região.

É importante avaliar qual a extensão da área monitorada teria a presença do sinal do rejeito de mineração depositado nos sedimentos do fundo marinho, reflexo de toda a dinâmica que ocorre na plataforma continental, a qual é responsável pela distribuição do material proveniente do aporte continental. Para isto, além do sinal do IMS, estão sendo desenvolvidos e aplicados critérios geoquímicos e a assinatura geoquímica de elementos terras raras (ETRs). Como resultado, foi observado que a abrangência geográfica do sinal da presença do rejeito está compreendida ao longo da costa nas estações de coleta mais rasas (até 30 m de profundidade) na APA Costas das Algas, REVIS de Santa Cruz, Foz do Rio Doce, Degredo, Barra Nova e Itaúnas.

Os dados de testemunhos são usados como indicador referente ao acúmulo e espessura de sedimentos com rejeito ao longo dos setores APA, Foz do Rio Doce e Norte. Na transição foi feita a completa análise dos testemunhos usando o índice IMS% apresentado no relatório do projeto de Sedimentologia do Anexo 3 Monitoramento Marinho. Para a transição, foi usado apenas o critério mineralógico. Os testemunhos evidenciaram o acúmulo e a potencial mobilidade em pontos do setor Foz do Rio Doce, com a clara tendência de acúmulo de rejeito em direção norte. Importante ressaltar que os testemunhos apresentam padrões ligeiramente distintos em função da sua setorização Foz, Sul,

Foz Central e Foz Norte. É clara a tendência de aumento de rejeito nos sedimentos de topo dos testemunhos em direção norte (T6, T7 e T11) e uma variabilidade no testemunho T13, próximo à estação SD02 do Anexo 3 Marinho. Esse testemunho mostra a presença de rejeito ao longo de toda seção de 30cm, e está justamente na direção offshore dos escarpamentos e sulcos erosivos mapeados neste setor. É plausível que esse testemunho tenha registrado momentos distintos de acúmulo de sedimento com rejeito em função das condições meteoceanográficas. O testemunho do setor APA aponta acúmulo de sedimento com rejeito com um pico em torno de 4-5cm e depois não apresenta mais valores que indiquem a mineralogia do rejeito. O setor Norte ainda é inconclusivo com os testemunhos que foram coletados em novembro de 2018.

Buscando informações quanto a presença do sinal do rejeito de mineração na região de Abrolhos, a consolidação dos dados do Ano 1 e do período de Transição pela modelagem da quantificação dos graus de mistura sugere que as assinaturas isotópicas dos sedimentos em Abrolhos, baseado no uso dos isótopos radiogênicos de Nd e Sr e complementado pela análise mineralógica, apresentam sinal da Foz do Rio Doce de forma mais marcante entre os meses de março e julho. A partir do mês de julho até setembro, quando a ação das frentes frias é mais efetiva, observa-se uma alta variação da composição isotópica nos sedimentos de Abrolhos. Neste período há uma diminuição generalizada da quantidade de material terrígeno (transportado de outras fontes) e um aumento da velocidade dos ventos na componente Sul-Norte, indicando processos de ressuspensão generalizados dos sedimentos do fundo marinho acarretando numa alta variabilidade dos isótopos evidenciando o Rio Doce como fonte mas também o sinal de outras fontes potenciais. Entre os meses de outubro a janeiro, a presença de illita e muscovita nos sedimentos de Abrolhos, o aumento da proporção de minerais terrígenos e a mudança de composição isotópica observada no sedimento de Recife de Fora (AB01, Porto Seguro), indicam uma mudança da área fonte de sedimentos. Esta nova proveniência é controlada majoritariamente pelo influxo de correntes vindas de norte para sul na plataforma de Abrolhos. Uma síntese dos resultados isotópicos, utilizando todos os dados do Ano 1 e do período de Transição, caracterizou o arco interno de Abrolhos (zona mais costeira) como mais impactada pelos rejeitos de minério, em relação ao polígono que define o PARNA de Abrolhos, localizado no arco externo. Estes dados estão em consonância com o modelo de dispersão sedimentar proposto pela literatura, cujo resultado aponta para o mesmo comportamento da pluma de sedimentos.

A qualidade da água e do sedimento apresentam uma intrínseca relação com as forçantes meteoceanográficas e a presença do sinal do rejeito para a maioria das localidades e situações já comentadas e apresentadas anteriormente. As principais observações acerca dos nutrientes dissolvidos neste período de transição são os registros das maiores concentrações obtidas ao longo de todo o PMBA (exceto nitrito), com valores sílica reativa dissolvida (DSi) acima dos obtidos durante o impacto agudo na Foz do Rio Doce e setor norte. Estas ocorrências são atribuídas ao aumento médio significativo da vazão em relação ao ano 1, e também a processos ressuspensivos devido ao aumento da energia das ondas durante determinadas campanhas amostrais, conforme apresentado anteriormente. Ressalta-se que estas condições meteoceanográficas levaram ao maior incremento de

sílica reativa (DSi) dissolvida em toda a região de estudo (exceto Abrolhos), em especial no setor da foz e no setor Norte. Desta forma, as limitações biológicas antes atribuídas a DSi para um maior número de estações, agora se concentram na deficiência em fósforo e nitrogênio inorgânicos.

Os metais Fe, Al, Cr, Ni, Pb, V e Zn, entre as campanhas 1 e 9 (outubro e junho de 2019), apresentavam um comportamento de transferência das frações particulada e sedimentar para a fração aquosa (dissolvida), com inversão desse comportamento a partir da campanha 10, com máxima associação de metais a fração particulada na campanha Emergencial. Processos de ressuspensão, entrada de metais associados ao material particulado em suspensão, assimilação por organismos ou mudanças em características físico-químicas podem estar associados a essa alternância de fases. Utilizando os elementos analisados no rejeito da Barragem de Santarém como base para indicação de contaminação dos sedimentos marinhos, bem como a normalização desses elementos pelo ferro, foi observado um agrupamento dos elementos Mn, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn, com variabilidade conjunta em amostras nos setores Norte, Foz e APA/RVS. Esse agrupamento indica uma associação desses elementos ao material do rejeito presente nos sedimentos desses setores. A comparação das campanhas ocorridas em mesmo período do ano e em condições similares de vazão do rio Doce, ou seja, a campanha 1 e campanha 13 mostra um aumento em concentrações para os elementos dissolvidos As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, V e Zn na campanha 13. Destacam-se as concentrações dos metais associados ao material particulado, no setor Foz do Rio Doce, durante a campanha Emergencial, na qual os elementos Fe, Al, Mn, Ba, Cd, Cu, Hg, Pb, V e Zn em suspensão apresentaram níveis bastante elevados quando comparados aos encontrados durante o ano 1 do PMBA, ou mesmo aos níveis pré-PMBA. Além disso, durante a campanha Emergencial, os níveis de Cu ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação, alcançando máximas de 12,7 µg/L e 108,25 µg/L na Foz Norte para as formas dissolvida e total, respectivamente (Material Suplementar A3MHGQS2, Tabelas 2.2 e 2.3).

A presente avaliação mostra que as concentrações de metais lábeis, especialmente $Fe_{Lábil}$ e $Zn_{Lábil}$, aumentaram no setor Foz, em comparação às condições observadas no PMBA – Ano 1. Foram registradas máximas de 8,4 µg/L para $Fe_{Lábil}$ no setor Foz Sul durante a campanha 14, enquanto $Zn_{Lábil}$ apresentou maiores concentrações para o setor Foz Central na campanha 17 (7,9 µg/L). No setor Norte, foram registrados os maiores níveis de $Al_{Lábil}$ ao longo de todo o monitoramento (19,2 µg/L), além do incremento de $Fe_{Lábil}$ e $Zn_{Lábil}$ (alcançando máximas de 7,2 µg/L e 6,3 µg/L, respectivamente). Esses resultados mostram que o setor Norte ainda se apresenta como uma área crítica, possivelmente em função do transporte da pluma de turbidez e aumento na mobilidade do sedimento de fundo nessa região, conforme constatado pelos estudos de hidrodinâmica e sedimentologia. Em concordância ao que foi observado no PMBA – Ano 1, essas alterações ocorreram principalmente durante os eventos de aumento da vazão do Rio Doce (campanha Emergencial e campanha 17; PMBA - Transição) e de ressuspensão na plataforma continental associada ao aumento da energia de ondas (campanha 14; PMBA - Transição). No entanto, apesar dos altos níveis de inundação observados na campanha Emergencial, os incrementos de metais lábeis foram similares ou até inferiores às variações observadas

durante o PMBA - Ano 1 em condições de menor descarga do Rio Doce. Considerando que os metais lábeis correspondem às formas solubilizadas na coluna d'água, esse resultado indica um possível efeito de diluição, tendo em vista o elevado volume hídrico transportado em condições de vazão extrema (superior a 5000 m³/s durante a campanha Emergencial). Esse processo se reflete ao longo de todas as campanhas realizadas na fase PMBA – Transição, uma vez que, de forma geral, foi observado um aumento da vazão média total no período considerado, em comparação às condições observadas no PMBA – Ano 1. A análise temporal referente ao Coeficiente de Partição (K_d) de metais entre as frações dissolvida, particulada e sedimentar, mostram o decréscimo de K_d e consequente transferência de fases para a fração dissolvida (a qual inclui os metais lábeis), principalmente nas campanhas 7 e 8 (PMBA – Ano 1), marcadas pelo predomínio de eventos ressuspensivos após a passagem da tempestade Iba. Em contrapartida, os maiores níveis de K_d durante a campanha Emergencial definem uma maior associação de metais ao material particulado em suspensão e sedimento. Assim, é provável que para metais lábeis e outras formas dissolvidas, os eventos de ressuspensão e ciclagem interna na plataforma continental assumam maior importância para a remobilização do material proveniente do rejeito, enquanto novos aportes decorrentes da descarga do rio Doce são mais importantes para a entrada de metais na fração particulada, principalmente em condições de inundação.

As concentrações de aminas, diminuíram em todos os setores monitorados durante o período de Transição. Infere-se que essa redução no perfil de distribuição de compostos nitrogenados orgânicos tenha ocorrido possivelmente por efeito de diluição, tendo em vista o aumento da vazão do Rio Doce (campanha Emergencial). Também se deve ressaltar que a redução destes compostos foi observada logo após o término do PMBA – Ano 1 e durante os primeiros meses da Transição que precedem a campanha Emergencial. Entretanto, tais observações devem ser corroboradas a partir da extensão do monitoramento para melhor acompanhamento a respeito do transporte, dispersão e comportamento destes compostos. As concentrações de esteróis apresentaram um perfil de aumento nas concentrações durante a campanha 14, em todos os setores, com exceção para Abrolhos devido à falta de dados para comparação. Essas alterações observadas são associadas a um processo de ressuspensão ocasionado pelo aumento da energia de ondas verificado nesta campanha, onde foi observado os maiores valores de H_s para o período de Transição. Assim, denota-se a importância das forçantes meteoceanográficas e dinâmicas de vazão como ainda sendo as principais variáveis na transferência e consequente disposição de material do rejeito para ambientes marinhos. A fim de uma resposta quanto a eficiência de medidas mitigadoras e de compensação, se faz necessário estudos de acompanhamento e evolução a curto e longo prazos. Tais avaliações subsidiam a tomada de ações e são importantes para uma melhor compreensão de todos os fenômenos decorrentes destes processos.

Como uma forma de verificar variações temporais e espaciais da qualidade da água ao longo do Ano 1 do PMBA e período de Transição, foram analisadas as frequências de ocorrências dos valores de concentração de metais, Arsênio e nutrientes em relação à um valor de referência, seja este baseado em dados pretéritos obtidos antes da ocorrência do desastre ou em valores agudos e crônicos definidos pela NOAA. Assim, foi observado que a frequência de ocorrência de valores agudos ocorreu justamente

nos locais em que o sinal da presença do rejeito de mineração foi indicado pelos critérios geoquímicos e mineralógicos adotados. Os momentos onde existe a piora na qualidade da água são justamente nas campanhas em que houve maior aporte fluvial ou eventos ressuspensivos de sedimento. Durante o Ano 1 do PMBA, foi observado que de 25 a 30% do tempo a concentração de Ferro dissolvido na coluna d'água, tanto em superfície quanto no fundo, ficou acima do valor orientador para a indicação de efeitos agudos na região da Foz do Rio Doce, local mais crítico quanto a contaminação pelo rejeito de mineração. Atualizando esta frequência de ocorrência com os valores obtidos até o momento para o período de Transição, campanha 13 e Emergencial, houve melhora na qualidade da água com aumento de 10% na condição normal, ou seja, com concentrações ambientalmente aceitáveis perante os valores orientadores. O mesmo comportamento tem ocorrido para a qualidade do sedimento superficial, apresentando melhora a partir da campanha 8, mas como demonstrado anteriormente, há uma tendência atual de aumento dos metais na fração particulada. Porém, é importante ressaltar que ainda serão incorporadas novas análises complementares e que a carga de metais durante a campanha Emergencial ocorreu preferencialmente na forma particulada, para a qual não há valor orientador, mas que ao ser comparada com as concentrações ao longo do PMBA foram superiores às aquelas observadas no Ano 1. Desta forma, é necessário acompanhar esta evolução das frações de metais tanto na água quanto no sedimento para verificar se haverá ou não transferências de fases nas diferentes matrizes ambientais. Cabe destacar que os mapas da abrangência geográfica da presença do rejeito, bem como da contaminação da água e do sedimento por metais e Arsênio servem de base para a interpretação dos possíveis impactos bióticos, bem como para a identificação de áreas com maior vulnerabilidade. O critério da presença do sinal do rejeito de mineração nos sedimentos ainda não foi atualizado para o período de Transição.

Dentro de um cenário geral comparativo em termos da sazonalidade, pode-se inferir que ocorreu aumento da densidade numérica total do fitoplâncton nos setores Norte, Foz Norte, Foz Central e Costa das Algas nas campanhas 13, 14, 15 e Emergencial. Este aumento da densidade numérica não foi associado a um aumento da biomassa para os setores Norte e Foz Central. Por outro lado, o setor Norte apresentou uma redução da clorofila ativa, o setor Foz Sul mostrou-se indiferente a tal parâmetro (exceto na campanha emergencial), ao passo que o setor Costa das Algas retratou um maior valor de clorofila-a, clorofila ativa e densidade numérica total. Ainda, a campanha emergencial demonstrou densidades numéricas maiores para os setores Foz Central e Foz Sul quando comparado às concentrações fitoplanctônicas da campanha 1 a campanha 3 do Ano 1 do PMBA. Entretanto deve-se salientar que houve registro de valores maiores de densidade numérica em outros períodos de menor vazão do sistema fluvio-estuarino, o que limita inferências mais precisas do indicador quali-quantitativo do fitoplâncton, neste momento, uma vez que ainda não há resultados das campanhas 16, 17 e 18. Certamente haverá mudanças nas considerações sobre o indicador biológico, tendo em vista o registro de vazões hidrológicas maiores nas campanhas supracitadas, quando confrontadas às campanhas de transição (campanhas 13, 14 e 15) e às equivalentes do primeiro ano de monitoramento, e a consequente influência destas vazões sobre a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica.

Por conseguinte, as alterações na comunidade fitoplanctônica parecem estar mais direcionadas aos setores Foz Norte e Norte no período de transição. Os resultados apontados pelos indicadores do fitoplâncton indicam que as áreas criticamente impactadas seriam Foz Central, Foz Norte e setor Norte, podendo incluir as estações MUC 01 e MUC 02 que correspondem às estações de Mucuri, localizadas no setor Abrolhos. Posto isto, as análises que proporcionam resultados do indicador da saúde fisiológica realizada no setor Abrolhos para a campanha 16, demonstram que as estações MUC 01 e MUC 02, recentemente incluídas nesse setor durante o período de transição do PMBA, parecem ter piorado a saúde fisiológica do setor. Em síntese, ao longo do primeiro ano do PMBA, e agora durante o período de transição, é possível observar, através da densidade numérica e da saúde fisiológica (bioindicadores de qualidade ambiental), que a comunidade fitoplanctônica prossegue sob a influência dos constantes distúrbios do ambiente. A repetição do distúrbio é influenciada pelos processos físicos descrito anteriormente: aumento de vazão hidrológica e eventos periódicos de ressuspensão do rejeito acumulado no sedimento do fundo marinho. Isso impedem o processo de recuperação da comunidade e seu retorno às condições pretéritas ao impacto antropogênico.

A densidade numérica do fitoplâncton, apesar de flutuações também decorrentes das condições meteoceanográficas, continua apresentando abundância (densidade) acima dos encontrados em levantamentos prévios a novembro de 2015. Ainda, os grupos das cianobactérias e das algas verdes nanofitoplanctônica (até 19 µm) permaneceram predominando na estrutura quantitativa da comunidade no período de transição, uma vez que esses grupos oportunistas se multiplicam rapidamente e são mais resistentes e adaptáveis às instabilidades ambientais, naturais e/ou antropogênicas. A redução da saúde fisiológica causada pelos constantes distúrbios fica evidente quando são observados os valores de biomassa em termo de clorofila-*a*, feopigmentos e principalmente clorofila ativa durante a campanha emergencial, marcada pela alta vazão do rio Doce, como explicado anteriormente.

Em relação ao zooplâncton, notamos que para o ano 1, a análise dos bioindicadores demonstra claramente uma comunidade mais impactada na campanha 4 (janeiro de 2019), principalmente no setor Foz, quando os valores de vazão do Rio Doce estiveram elevados. Esta campanha apresentou menor riqueza de espécies e maior dominância de organismos resistentes às altas concentrações de MPS e de metais. Uma destas espécies é o Copepoda *Paracalanus cf parvus*, que apresenta tolerância à altos níveis de poluição, sólidos em suspensão e capaz de resistir aos efeitos tóxicos da biodisponibilidade de metais. Paracalanídeos apresentam rápida taxa de crescimento em condições favoráveis, resultando em uma comunidade abundante em formas juvenis, comuns em regiões sob distúrbios ambientais. O ciclo de vida do *P. cf parvus* é de aproximadamente 10-12 dias, e seu primeiro estágio larval tem duração de 5 dias. Desta forma, embora o Copepoda tenha registrado novo pico populacional na campanha Emergencial, é provável que a densidade relativa da espécie tenha sido ainda maior cerca de 15 dias após o pico de vazão do rio em janeiro de 2020, quando as larvas já estariam desenvolvidas em organismos juvenis ou adultos.

Outra espécie com picos populacionais relacionados a momentos de intensa vazão fluvial é a Appendicularia *Oikopleura longicauda*, que também foi predominante na Emergencial, assim como

havia sido na campanha 4. Segundo a bibliografia, essa espécie apresenta um aumento significativo após incremento de ferro, com tempo de reposta mais rápido do que o da comunidade zooplancônica como um todo. Já o Copepoda *Temora turbinata*, espécie bioindicadora resistente a uma ampla gama de variações ambientais, teve seu pico populacional na campanha 10, quando foram registrados maiores valores de energia de ondas. Por outro lado, organismos sensíveis como o Cladocera *Penilia avirostris* podem ser suprimidos em ambientes com grandes concentrações de partículas e presença de poluentes. A espécie apresenta crescimento populacional acelerado nos períodos mais quentes do ano, sendo registrada em grandes abundâncias durante as campanhas 4 e 7. Na campanha 4, a *P. avirostris* foi dominante no setor APA e Norte, porém nenhum indivíduo foi observado no setor Foz, que também apresentou abundâncias insignificantes para espécie na Emergencial.

De um modo geral, a campanha Emergencial apresentou baixos valores de abundância e biomassa zooplancônica, mas os índices ecológicos não alcançaram valores tão baixos quanto os registrados na campanha 4, o que pode estar relacionado a presença de organismos associados à baixas salinidades e carreados para a costa pela corrente. Além disso, dados preliminares referentes a esta campanha indicam um considerável aumento na concentração de MPS, mas os valores de concentração de metais estiveram abaixo do esperado, diferentemente do que foi registrado na campanha 4.

As diferenças observadas entre as campanhas realizadas durante os eventos de alta vazão do rio desde o início do PMBA, campanha 4 e Emergencial, também podem estar relacionadas ao tempo natural de resposta da comunidade zooplancônica frente as alterações ambientais. Os indicadores de impacto foram confirmados durante a campanha Emergencial, principalmente no setor Foz Sul, para onde se deslocou a pluma fluvial. Sendo assim, o material proveniente do aporte do rio Doce é identificado como a maior fonte de impacto para a comunidade zooplancônica na costa, em períodos de aumento da vazão. Além disso, existem indícios de que as altas concentrações de metais representam uma fonte ainda mais impactante do que o MPS, principalmente sobre as espécies mais resistentes e mais sensíveis, hipótese esta que demanda a continuidade do monitoramento para ser avaliada.

Com relação a comunidade de ictioplâncton, as maiores densidades médias de ovos de peixes ocorreram durante a campanha 7, com exceção da área do setor Foz do Rio Doce. Nele, a maior contribuição de ovos ocorreu na campanha 10 na camada superficial. No setor APA/RVS a maior densidade média foi registrada na coluna de água na campanha 15, durante a campanha de transição. Nas amostras coletadas na superfície e na coluna de água as densidades de larvas de peixes foram baixas (<50 larvas.100 m⁻³) por toda a área de estudo até o presente momento. As maiores densidades ocorreram nas campanhas 10 e na campanha 14 no período de Transição. Quanto à riqueza, na superfície durante a campanha de transição (campanha 14), houve uma diminuição do valor médio no setor APA/RVS, mas aumentou em relação ao setor Norte. Já na coluna de água registrou-se um aumento da riqueza média na campanha de transição (campanha 14) em relação às campanhas realizadas ao longo do Ano 1 do monitoramento, com exceção do setor Norte. Observou-se uma

variação na dominância das famílias ao longo das campanhas. Entre as famílias mais abundantes na área de estudo estão Engraulidae, Clupeidae, Pristigasteridae, Myctophidae, Gobiidae, Carangidae, Labridae, Haemulidae, Sciaenidae. Esses táxons foram os mais abundantes e frequentes durante o Ano 1 e na primeira campanha de Transição (campanha 14).

Os aumentos nos números de ovos de peixes observados ao longo do monitoramento mostraram que a área é usada para a desova de algumas espécies. Entretanto, estes valores não são refletidos nas densidades e riqueza das larvas de peixes registradas, provavelmente porque o aumento na concentração de material em suspensão ao longo da coluna de água prejudica a respiração e alimentação das larvas de peixes.

Na campanha 14 do período de Transição as larvas com trato digestório destruído ainda foram registradas na área de estudo, desde a região marinha no setor Norte até o setor APA/RVS. Essas larvas representaram 0,6% do total coletado na campanha 14, mas indicam que ainda há efeito do impacto dos rejeitos de mineração sobre a comunidade ictioplancônica do local. A distribuição dessas larvas por quase toda a área de estudo mostra que esses organismos estão sujeitos ao transporte passivo pelas correntes marinhas.

Quanto à comunidade de bentos de fundos inconsolidados, os resultados evidenciam o estabelecimento dos grupos identificados como indicadores de impacto, em especial os vestígios de organismos, como concha de Gastropoda, valva de Bivalvia, concha de Scaphopoda e esqueleto de Bryozoa, mais do que por organismos vivos, cuja dispersão e abundância levaram a um incremento dos índices ecológicos, especialmente nas últimas campanhas 10 e 14, em todos os setores, reforçando o papel que estes grupos tomaram na estruturação das comunidades. Ao mesmo tempo, o aumento da abundância de grupos taxonômicos resistentes, como observado para Crustacea, com os registros de Amphipoda e o aumento importante de valvas de Ostracoda na campanha 14, bem como para as Famílias de Polychaeta, reforçam também as alterações nestas comunidades de fundo marinho.

A comunidade faunística bentônica tem como característica o tempo maior de residência em relação a grupos de outros ambientes, como zooplâncton, o que os tornam importantes indicadores de processos ambientais persistentes, porém, compostos por episódios intermitentes, como por exemplo, o aporte de sedimento contaminado ou não, uma vez que registram as condições do ambiente a médio e longo prazo. As similaridades entre a composição faunística das amostras da Foz e aquelas a norte e a sul, conforme a variação de profundidade, refletem o caminho traçado pelos resíduos de rejeito, bem como a sua persistência no ambiente, evidenciada pelo aumento de vestígios de organismos nas últimas campanhas analisadas (10 e 14) em unidades amostrais de todos os setores da área amostral.

Os resultados dos indicadores de extensão e potencial integridade de habitats marinhos para o período de transição foram focados no mapeamento compilado da distribuição de fundos recifais/rígidos na região rasa da APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz e na extensão do habitat da Foz do Rio Doce. A região da APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz, na sua porção rasa até cerca de 25-

30, foi considerada como área de maior impacto a partir dos resultados do Ano 1 do PMBA. Desta forma, foi feita uma compilação de dados acústicos de alta resolução existentes naquela área. Mesmo sem ter a cobertura de 100% do fundo marinho, os dados de sonar de varredura lateral mostraram uma ampla distribuição de fundos rígidos na faixa entre 10 e 25m, sendo que muitos fundos rígidos podem ser vistos em regiões mais rasas a partir de imagens de satélites. Esse mapeamento integra a análise do monitoramento deste setor, uma vez que com o conhecimento da ocorrência destes fundos, a análise de respostas abióticas e bióticas pode ser melhor desenvolvida. Em relação ao setor Foz do Rio Doce, a extensão prevista do mapeamento para regiões mais profundas indica uma importante mudança do habitat em torno de 25m de profundidade, passando de um lobo lamoso para uma região de bancos e cristas arenosas. Essa região de transição é caracterizada pelas estações SD02 e SD03 e os resultados das análises sedimentológicas e bentônicas mostram essa variabilidade do habitat. Além disso, os indícios de processos erosivos no habitat do lobo deltaico lamoso da Foz do Rio Doce puderam ser comparados com os resultados do testemunho T13, como mostrado anteriormente. Essas feições indicam o potencial transporte de sedimento com rejeito para a base do lobo deltaico, o que também reforça a importância dos processos de ressuspensão e aporte sedimentar para a dinâmica do habitat.

No âmbito do estudo dos fundos recifais e indicadores associados, destacam-se avanços mais recentes, uma parte relacionada à novas análises executadas durante a fase de transição e outra parte enfatizando a integração, análise e reinterpretação de dados pretéritos ao PMBA, compondo um quadro mais holístico acerca de temas centrais do subprojeto (e.g. dinâmica das assembleias bênticas recifais). Dentre os indicadores relacionados aos bancos de rodolitos, foi evidenciada maior contribuição de sedimentos na composição interna dos nódulos de sítios mais próximos a Foz do Rio Doce, possivelmente em consequência da maior descarga de sedimento oriunda desta foz. A análise destes sedimentos, localizados em cavidades internas dos rodolitos, revelou a presença de goetita, caracterizado uma nova evidência da presença do rejeito de mineração em bancos de rodolitos. A reinterpretação da variação espacial na estrutura da comunidade bêntica dos Recifes Esquecidos, refutou preliminarmente a ideia de que a dominância de zoantídeos no sítio B4, na porção sul desse complexo recifal, está diretamente associada ao Desastre, e também corroborou a pertinência do estabelecimento de um sítio amostral adicional nesse local (B6). A incorporação de dados pretéritos acerca da dinâmica bêntica dos sistemas recifais (séries com até 13 anos de dados), evidenciou a influência preponderante de forçantes climáticas em toda a região e estressores locais na Área A (PARNAM Abrolhos e adjacências), bem como o deslocamento direcional de comunidades bênticas nos sítios monitorados na Área B (Recifes Esquecidos), indicando uma forçante (ou conjunto de forçantes) antropogênica preponderante, uma hipótese de trabalho a ser testada com séries temporais longas. Foi possível a detecção de processos demográficos contrastantes (e.g. recrutamento e assentamento) com uso de estruturas artificiais de colonização nas Áreas A (PARNAM Abrolhos e adjacências), B (Recifes Esquecidos) e D (APA Costa das Algas), indicando, entre outros processos, limitações importantes no recrutamento por corais na Área B. Os indicadores populacionais do plâncton (bacterioplâncton, pico-, nano- e microfitoplâncton) diretamente associado aos recifes confirmam um

contraste espacial bem marcado de abundância, composição e diversidade entre as quatro Áreas, bem como associações com diferentes tipos de comunidades recifais. Confirmamos a baixa abundância de picocianobactérias (gêneros *Prochlorococcus* e *Synechococcus*) como uma característica inerente dos recifes do PARNAM Abrolhos e, por outro lado, a dominância destas picocianobactérias nos Recifes Esquecidos e na Área C (mais próxima à Foz do Rio Doce, próximo à quebra da plataforma). Os estudos do plâncton associado aos sistemas recifais consolidaram o *baseline* para as interpretações de efeitos de diferentes forçantes (inclusive eventuais efeitos do Desastre) na continuidade do monitoramento.

O detalhamento da composição e diversidade de zooxantelas (indicadores de impacto) obtido em quatro espécies de corais, incluindo a espécie endêmica *M. braziliensis*, é chave para um diagnóstico dos impactos do Desastre. Esta linha de base obtida com as amostras da primeira campanha do ano 1 servirão de parâmetro de comparação da evolução destes indicadores ao longo do tempo e para contrastes dentro e entre áreas. A base de dados acerca da diversidade de fotossimbiontes e da fotofisiologia dos corais pode levar à seleção de linhagens mais resistentes que possam ser utilizadas, por exemplo, em projetos de restauração, bem como na identificação de locais e habitats que possam estar operando como refúgios e/ou fontes de propágulos para áreas mais degradadas.

Para a ictiofauna, no período de Transição, na área interna do rio Doce, houve maior uniformidade da comunidade, uma vez que houve maior densidade (ind.100m²) de bagres, comparando-se ao Ano 1. Esta afirmação é ainda corroborada pela menor riqueza observada na mesma área interna durante o período de Transição, enquanto no Ano 1 não houve diferenças significativas entre as áreas. Não foram observadas até o momento evidências de mudanças na estrutura trófica das assembleias de peixes da região do rio Doce. Considerando que as comunidades biológicas podem levar décadas para se recuperarem de impactos, o monitoramento da biodiversidade em longo prazo se faz necessário para avaliar adequadamente as mudanças temporais na fauna e potenciais efeitos das ações de reparação, após o rompimento da barragem. No entanto, ressalta-se que a abordagem empregada (“beyond BACI”) confirmou a existência de diferenças marcantes na estrutura trófica da ictiofauna entre os estuários e as áreas marinhas adjacentes, possivelmente em respostas às diferenças ambientais entre estes locais. Além disso, conforme a literatura demonstra, análises de isótopos estáveis revelaram que o nicho ecológico de peixes estuarinos do rio Doce mudou substancialmente em consequência da passagem do rejeito, reforçando a utilidade deste indicador na continuidade da avaliação dos impactos.

As assembleias de peixes recifais amostradas na APA Costa das Algas (I) apresentaram menor abundância, biomassa, riqueza e diversidade quando comparadas com aquelas dos Recifes Esquecidos (C1) e recifes de Abrolhos (C2 - C4), mas não com Guarapari (C6). O mesmo padrão que foi observado durante 2019, com uma perda de espécies raras e comuns na área mais impactada, se mantém adicionando os dados de 2020. Por exemplo, poucos indivíduos do cirurgião *Acanthurus bahianus* (Acanthuridae) e o sargento *Abudefduf saxatilis* (Pomacentridae) foram observados na APA Costa das Algas (I), que em todas as outras zonas eram uns dos mais comuns.

Os padrões de densidade e riqueza de espécies observados para os crustáceos estuarinos tem se mostrado indicadores das diferenças espaciais que ocorrem entre as áreas monitoradas, sendo obtidos

valores sempre mais baixos na área interna do rio Doce independente do período de amostragem. Por outro lado, houve um aumento da biomassa de crustáceos na área interna do rio Doce na transição, o que destaca a importância deste indicador para a avaliação do impacto do desastre tanto no contexto espacial como temporal. Além disso, fica evidente que o camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) constitui um bom indicador de impacto do desastre por ser uma espécie adaptada a ambientes de fundos lamosos, o que tem sido evidenciado pelo aumento de sua densidade na área externa do rio Doce.

O uso da análise de DNA *Barcoding* durante a Transição, como no Ano 1, se mostrou importante na complementação dos métodos tradicionais de identificação morfológica dos peixes coletados. É um método útil e eficaz que vem dando suporte as análises morfológicas, auxiliando na resolução de inconsistências taxonômicas e identificações inequívocas da ictiofauna marinha. Até o momento, os resultados obtidos no T1 e no período de transição do PMBA indicam menor diversidade genética para as amostras oriundas do Rio Doce e Ipiranga (para espécie estuarina) e região costeira adjacente à Foz do Rio Doce (para espécies recifais). Para recrutas de peixes marinhos (pós-larvas) e assembleias de peixes recifais foi observada uma redução da abundância de famílias dominantes, diminuição da abundância e da riqueza específica, além da perda de diversidade no entorno da Foz do Rio Doce.

Dados da telemetria passiva nos estuários (rede de receptores acústicos) demonstram o mesmo padrão observado pela telemetria ativa durante o Ano 1. Os dados de telemetria demonstram, até o momento, haver síndrome de comportamento para os indivíduos de *Centropomus parallelus* em relação ao uso de habitat entre área impactada e área comparativa. Quanto a telemetria do badejo quadrado (*Mycteroperca bonaci*) os desvios comportamentais além do esperado em alguns indivíduos (o que chamamos de síndromes de comportamento) permanecem, indicando que tal comportamento pode ser causado pela influência do desastre ambiental. A análise microquímica de otólito, mostrou ser uma excelente ferramenta como indicador de bioacumulação, apresentando cronologicamente (tempo de vida dos peixes analisados) a presença do ferro (Fe) e manganês (Mn), além de outros elementos presentes no meio, da lama de rejeito da Barragem de Fundão, em maior concentração no rio Doce do que nos demais rios estudados.

No que se refere à megafauna no ambiente marinho, os estudos do PMBA do Ano 1 indicaram que a região costeira entre a Foz do Rio Doce e 20 km ao sul desta foz, a uma profundidade de até 30 m, é uma área de intenso uso e ocupação como locais de alimentação e criação para pequenos cetáceos, como o boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e a toninha (*Pontoporia brainvillei*), bem como de aves migratórias e residentes da família Sternidae. Tartarugas marinhas, principalmente a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), e raias ocupam intensivamente uma região coincidente com a APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz como locais de alimentação. Os estudos também apontaram que a região compreendida entre 10 km ao sul da Foz do Rio Doce até a divisa entre os estados do ES e BA (Itaúnas), estendendo-se da costa até a profundidade de 10 m, é uma área de ocupação intensiva por parte de tartarugas marinhas, tubarões e também pequenos cetáceos. Todas as áreas citadas acima estão completamente ou parcialmente inseridas dentro da área crítica da presença do sinal do rejeito

de mineração, conforme definido pelos estudos do PMBA, a qual se estende da APA Costa das Algas até Degredo. Portanto, são áreas de maior vulnerabilidade e sensibilidade para estes organismos que as ocupam intensivamente para importantes fases da vida (alimentação e criação). Todos esses padrões foram mantidos, de acordo com os resultados obtidos para o período de transição, entre outubro de 2019 e março de 2020. Os resultados obtidos no Ano 1 do PMBA também indicaram que a região dos Recifes Esquecidos, localizada entre a foz do rio São Mateus e Barra Nova, desde a costa até as isóbatas de 15 e 20 m de profundidade é uma área de ocupação intensiva de tartarugas marinhas e tubarões, apresentando alta sensibilidade a impactos crônicos, devido à proximidade desta com áreas de acumulação da lama de rejeito. Esse padrão também pode ser observado nos resultados obtidos no período de transição.

As interações entre a biodiversidade e os fatores abióticos apresentados acima causou efeitos biológicos importantes, os quais podem ser evidenciados através dos efeitos ecotoxicológicos observados nos estudos realizados no Ano 1 do PMBA e no período de Transição. As amostras de água e sedimento da região da APA/RVS, Foz do Rio Doce e Degredo continuam apresentando toxicidade em ensaios padronizados de laboratório (ensaios de toxicidade), estando, de maneira geral, a maior toxicidade relacionada à matriz sedimento, coincidindo com os setores onde há a presença do sinal do rejeito de mineração observada através da aplicação dos critérios mineralógicos e geoquímicos. Outro destaque nestas regiões mais impactadas é a presença da bactéria Anaerolineacea, a qual é o táxon bacteriano mais abundante no sedimento do ambiente marinho, apresentando diminuição da sua abundância relativa à medida que os pontos de coleta se afastam da Foz do Rio Doce, e a bioacumulação de metais em camarões e peixes, sendo está mais associada às áreas Costa das Algas, Foz do Rio Doce e Degredo.

De fato, a análise integrada dos resultados ecotoxicológicos evidenciou um aumento no índice de acumulação de metais na biota (IBR bioacumulação) do ambiente marinho quando os dados são comparados com aqueles observados antes do desastre. Foram observados, até o presente momento, maiores níveis de IBR bioacumulação (Índice de bioacumulação de metais) para plâncton e camarões nos setores da Foz do Rio Doce e Costa das Algas, enquanto para peixes este índice foi maior na foz seguido pelo setor Norte (que inclui os pontos em Degredo).

Além disso, é importante ressaltar a relação observada entre o índice de estresse (IBR biomarcador) dos organismos e os níveis de acumulação de metais característicos do rejeito (Ferro, Manganês, Cromo e Cádmio). Índice de resposta biológica (IBR biomarcador) é dependente do organismo avaliado, sendo que para plâncton os maiores valores foram obtidos na região de Abrolhos e Foz do Rio Doce, para camarões no setor Sul (pontos em Vitória) e Foz do Rio Doce, e para peixes na região da APA/RVS seguida pela região da Foz do Rio Doce.

Ressalta-se que o táxon bacteriano Pirellulaceae, proposto como bioindicador da presença do sedimento do rio Doce e de metais, voltou a ser detectado nas amostras de coral (*Mussismilia harttii*) e hidrocoral (*Millepora alcicornis*) monitoradas na região de Abrolhos. Foi possível observar uma diminuição no índice de bioacumulação de metais (IBR bioacumulação) e manutenção no nível do

índice de resposta biológica (IBR biomarcador) nas amostras de coral (*Mussismilia harttii*) e hidrocoral (*Millepora alcicornis*) monitoradas na região de Abrolhos em comparação aos dados do ano 1.

No que se refere à questão temporal, os resultados obtidos até o momento evidenciam o efeito da sazonalidade sobre os níveis de Ferro no período chuvoso (janeiro/2019), sugerindo a ocorrência de contaminação da biota e a transferência trófica deste metal, desde os produtores primários (fitoplâncton - microalgas) até o nível de consumidores, incluindo os peixes e aves aquáticas que forrageiam nestas áreas.

Em síntese, os estudos sobre a biodiversidade marinha, realizados durante o Ano 1 e período de Transição da execução do PMBA, forneceram uma análise adequada do impacto do rompimento da barragem de Fundão nos diferentes grupos bióticos do ambiente marinho. Neste caso, foi observado que as respostas biológicas estão diretamente associadas aos processos físicos e químicos, tanto do ponto de vista temporal quanto espacial. Os setores onde existe uma baixa integridade biótica, ou seja, setores que foram impactados, quando se considera os indicadores do rejeito da barragem de Fundão, são os mesmos que apresentaram indicadores abióticos de contaminação e presença deste rejeito, ou seja, a APA Costa das Algas, REVIS de Santa Cruz, Foz do Rio Doce e Degredo. Por sua vez, a região ao norte da Foz do Rio Doce apresentou fortes indicadores de impacto associado à presença do rejeito, mas com o índice inferior às áreas indicadas acima, o que também está de acordo com as tendências de dispersão do rejeito nesta direção, em médio e longo prazo. Já as regiões de Guarapari, Vitória e Abrolhos foram consideradas como sendo menos vulneráveis em relação ao rompimento da barragem. Por fim, a região de Abrolhos apresenta dados abióticos inconclusivos em relação à contaminação na região costeira decorrente do rompimento da barragem de rejeitos de mineração.

No contexto descrito acima, cabe destacar ainda que os indicadores abióticos e bióticos apresentaram uma variabilidade intra-anual sujeita principalmente às forçantes físicas e à ocorrência de rejeito ao longo da bacia do rio Doce, que, por sua vez, pode ser depositado em regiões do fundo marinho adjacentes à foz deste rio.

7 ACOMPANHAMENTO GERENCIAL DO PMBA/FEST-RRDM

Visando promover facilidade de exame/avaliação do conteúdo da seção gerencial do RSE, foi valorizada a representação dos indicadores de evolução com o emprego de gráficos e ilustrações, fazendo-se uso de textos sucintos complementares. Vale destacar que as informações desta seção gerencial estão apresentadas para cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM. Destaca-se ainda que foi buscada a representação da evolução desses indicadores desde o início da execução do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 - março/2020), com destaque para o Período de Transição (outubro/2019 - março/2020) do referido programa de monitoramento.

7.1 Recursos Humanos

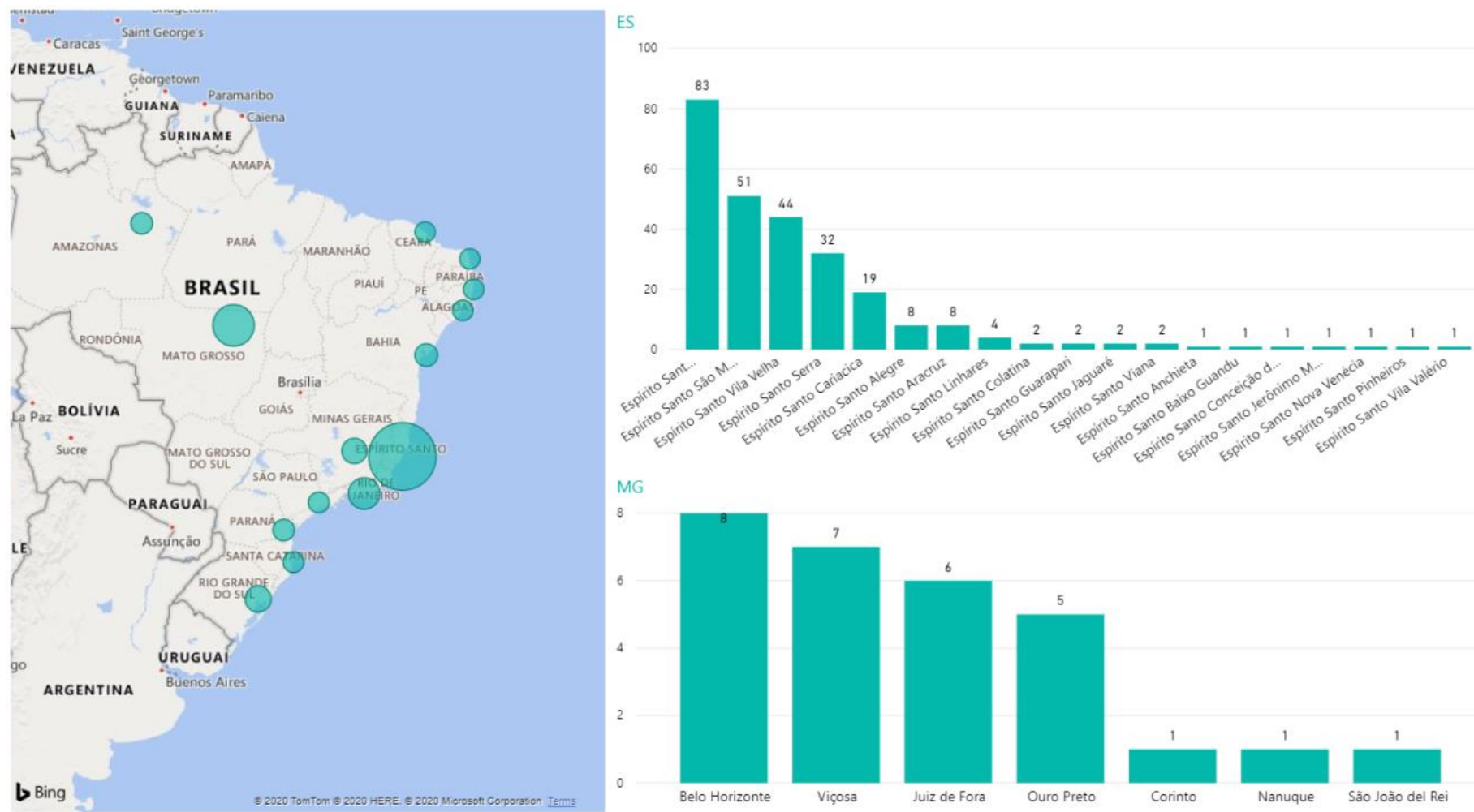
Inicialmente, são apresentadas informações sobre os perfis dos corpos técnico-científico e administrativo-gerencial-logístico que compõem a RRDM. Em março/2020, a Rede Rio Doce Mar (RRDM) era composta por 555 colaboradores, incluindo profissionais celetistas contratados junto à FEST, professores, pesquisadores e alunos de graduação e pós-graduação, que estão vinculados a vinte e seis (26) Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT's) públicas e privadas de sete (7) estados brasileiros (AM, AL, BA, ES, MG, RJ, SP, PR, SC e RS): Centro Universitário FAESA (FAESA); Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ); Instituto Federal do Espírito Santo (IFES); Universidade de São Paulo (USP); Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ); Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI); Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC); Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF); Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS); Universidade Estadual Paulista (UNESP); Universidade Federal de Alagoas (UFAL); Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP); Universidade Federal de Pelotas (UFPEL); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Universidade Federal de Viçosa (UFV); Universidade Federal do Amazonas (UFAM); Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); Universidade Federal do Paraná (UFPR); Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Universidade Federal do Rio Grande (FURG); Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Os colaboradores do PMBA/FEST-RRDM residem em 63 municípios do país. No estado do Espírito Santo (ES), possuem domicílio nos municípios de Alegre, Anchieta, Aracruz, Baixo Guandu, Cariacica, Colatina, Conceição da Barra, Guarapari, Jaguaré, Jerônimo Monteiro, Linhares, Nova Venécia, Pinheiros, São Mateus, Serra, Viana, Vila Valério, Vila Velha e Vitória. No caso do estado de Minas Gerais (MG), residem em Belo Horizonte, Corinto, Juiz de Fora, Nanuque, Ouro Preto, Tiradentes e Viçosa (Figura 7).

Os recursos humanos envolvidos na execução e desenvolvimento do PMBA/FEST-RRDM destacam-

se por sua alta qualificação e diversidade de formação técnica-científica, contemplando várias áreas do conhecimento. Quanto à titulação dos celetistas, 24,2% possuem ensino médio, 29,7% são graduados, 1,7% especialistas, 20,3% mestres, 19,2% doutores e 5,0% pós-doutores. A formação dos colaboradores da RRDM é multidisciplinar, incluindo 58 cursos de formação acadêmica, tais como Ciências Biológicas, Oceanografia, Química, Geografia, Engenharias, Geologia e Agronomia. Esta formação envolve aproximadamente 70 áreas de conhecimento, tais como Ecologia, Oceanografia Ambiental, Biologia, Química, Engenharias, Gestão Empresarial, dentre outras.

Figura 7: Infográfico com a distribuição de colaboradores do PMBA/FEST-RRDM, em relação ao local de residência no território nacional. A figura apresenta o mapa do Brasil com círculos representativos e proporcionais quanto à densidade de colaboradores. Mostra também a estratificação dos colaboradores por municípios do ES e MG (gráficos de barras).



7.2 Execução Física de Campo e Laboratório

Na Tabela 4 estão sumarizadas as informações do acompanhamento físico, contemplando dados relativos às atividades de campo desenvolvidas pelos Anexos do PMBA/FEST-RRDM durante o Ano 1 de execução deste programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019). Por sua vez, na Tabela 5 estão sumarizadas as informações relativas ao Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM (outubro/2019 a março/2020). Para ambos os casos, destaca-se o percentual de execução das atividades de campo em relação àquelas previstas no respectivo Plano de Trabalho de cada Anexo.

Tabela 4: Resumo do avanço físico das atividades de campo dos Anexos durante o Ano 1 de execução do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 a setembro/2019).

Anexo	Período das Atividades		Execução (%)
	Início	Término	
Anexo 1 - Ecotoxicologia	18/09/2018	30/09/2019	85,00%
Anexo 3 - Costeiro-Marinho	18/09/2018	30/09/2019	79,78%
Anexo 3 - Estuarino e Dulcícola	18/09/2018	30/09/2019	86,40%
Anexo 4 - Praias - Bentos	18/09/2018	30/09/2019	93,87%
Anexo 4 - Praias - Geoquímica	18/09/2018	30/09/2019	64,04%
Anexo 4 - Praias - Morfodinâmica	18/09/2018	30/09/2019	86,71%
Anexo 5 - Manguezal	18/09/2018	30/09/2019	79,82%
Anexo 5 - Restinga	18/09/2018	30/09/2019	94,72%
Anexo 6 - Megafauna	18/09/2018	30/09/2019	81,04%
Anexo 7 - Ictiofauna Dulcícola	18/09/2018	30/09/2019	99,32%
Anexo 7 - Ictiofauna Estuarina e Marinha	18/09/2018	30/09/2019	92,68%
Anexo 8 - Sedimentação de Abrolhos	18/09/2018	30/09/2019	77,15%

Tabela 5: Resumo do avanço físico das atividades de campo dos Anexos durante o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM (outubro/2019 a março/2020).

Anexo	Período das Atividades		Execução (%)
	Início	Término	
Anexo 1 - Ecotoxicologia	01/10/2019	31/04/2020	96,95%
Anexo 3 - Costeiro-Marinho	01/10/2019	31/04/2020	84,09%
Anexo 3 - Estuarino e Dulcícola	01/10/2019	31/04/2020	88,74%
Anexo 4 - Praias - Bentos	01/10/2019	31/04/2020	61,59%
Anexo 4 - Praias - Geoquímica	01/10/2019	31/04/2020	85,34%
Anexo 4 - Praias - Morfodinâmica	01/10/2019	31/04/2020	93,73%
Anexo 5 - Manguezal	01/10/2019	31/04/2020	79,86%
Anexo 5 - Restinga	01/10/2019	31/04/2020	91,38%

Anexo	Período das Atividades		Execução (%)
	Início	Término	
Anexo 6 - Megafauna	01/10/2019	31/04/2020	86,43%
Anexo 7 - Ictiofauna Dulcícola	01/10/2019	31/04/2020	90,06%
Anexo 7 - Ictiofauna Estuarina e Marinha	01/10/2019	31/04/2020	79,96%
Anexo 8 - Sedimentação de Abrolhos	01/10/2019	31/04/2020	72,01%

No que se refere à execução física das análises laboratoriais, o desempenho de cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM durante o Ano 1 de execução deste programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019) está representado na Figura 8. Por sua vez, a Figura 9 ilustra quantitativamente a soma das atividades de campo e análises laboratoriais (observações, amostragens e análises), considerando todo o período de execução do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 a março/2020).

Figura 8: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas por parte de cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM no Ano 1 de execução do programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019). Os dados correspondem ao total previsto (verde), total realizado (preto) e aos valores residuais (vermelho).

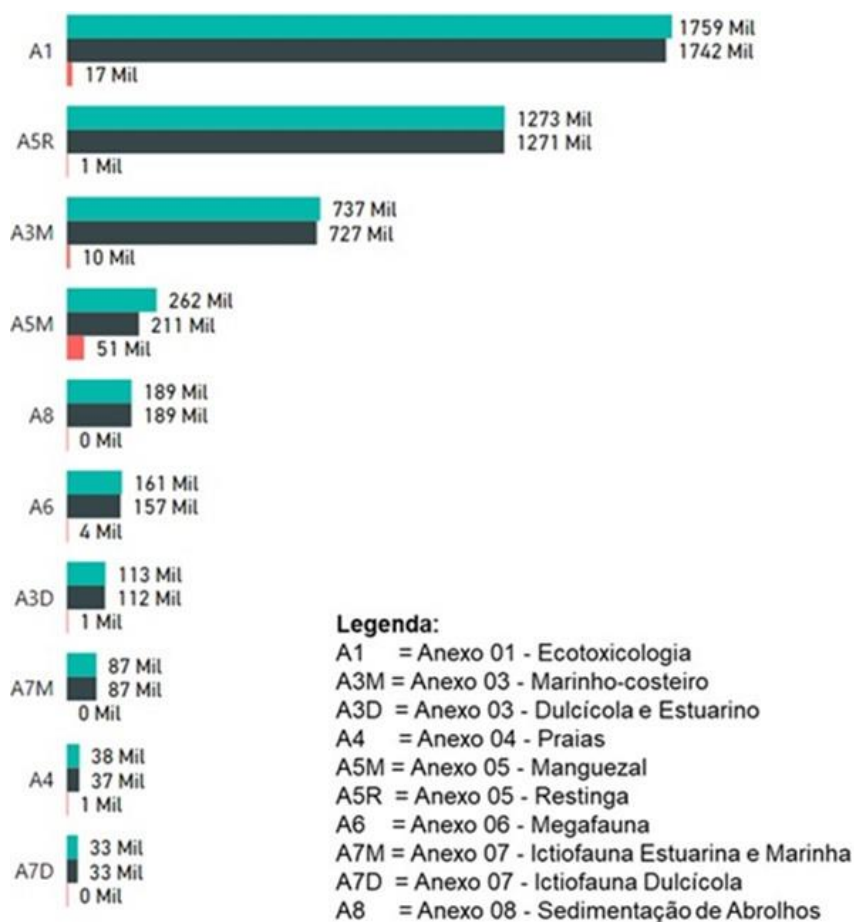
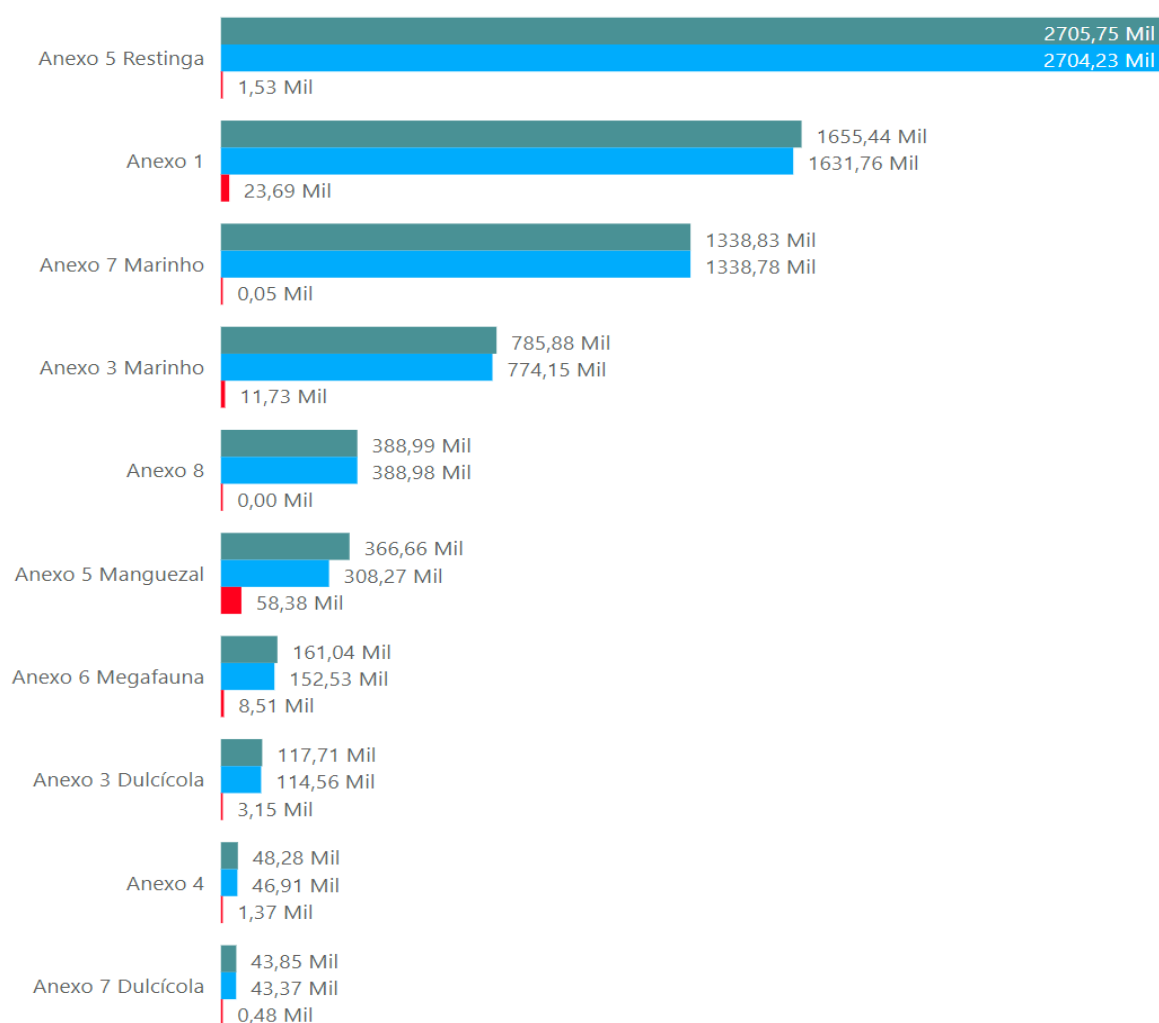


Figura 9: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas por parte de cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM desde o início deste programa de monitoramento até março/2020. Os dados correspondem ao total previsto (verde), total realizado (azul) e aos residuais (vermelho).

● Total plan ● Total real ● Total desvio



Um indicador de desempenho (eficiência) foi construído utilizando-se as planilhas dos dados brutos, sendo que os resultados obtidos são referentes aos objetivos e metas planejadas. Portanto, os valores percentuais obtidos estão correlacionados ao que foi executado em relação ao que havia sido planejado. As avaliações dos indicadores com as informações de coleta na região monitorada e as análises de campo e laboratoriais que foram planejadas e executadas no Ano 1 do PMBA/FEST-RRDM (setembro/2018 a setembro/2019) estão representadas para todos os Anexos no total de 98,0% e, portanto, os resultados foram considerados satisfatórios. Para o Período de Transição do PMBA/FEST-RRDM (outubro/2019 a março/2020), as avaliações dos indicadores estão representadas para todos os Anexos no total de 98,6% e, portanto, os resultados também foram considerados satisfatórios.

A Tabela 6 representa o valor do indicador de eficiência obtido para cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM no Ano 1 de execução do programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019). Por sua vez,

a Tabela 7 representa o valor obtido para cada Anexo do PMBA/FEST-RRDM no Período de Transição do programa de monitoramento (outubro/2019 a março/2020).

Tabela 6: Valor percentual do indicador de eficiência para os Anexos do PMBA/FEST-RRDM no Ano 1 de execução do programa de monitoramento (setembro/2018 a setembro/2019).

Anexo	Indicador
Anexo 1 - Monitoramento da Ecotoxicologia	99,00%
Anexo 3 - Monitoramento do Ambiente Costeiro-Marinho	98,60%
Anexo 3 - Monitoramento dos Ambientes Estuarino e Dulcícola	99,11%
Anexo 4 - Monitoramento de Praias	97,37%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Manguezal	80,53%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Restinga	99,84%
Anexo 6 - Monitoramento de Megafauna	97,51%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola	100,0%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Estuarina e Marinha	100,0%
Anexo 8 - Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos	100,0%

Tabela 7: Valor percentual do indicador de eficiência para os Anexos do PMBA/FEST-RRDM no Período de Transição do programa de monitoramento (outubro/2019 a março/2020).

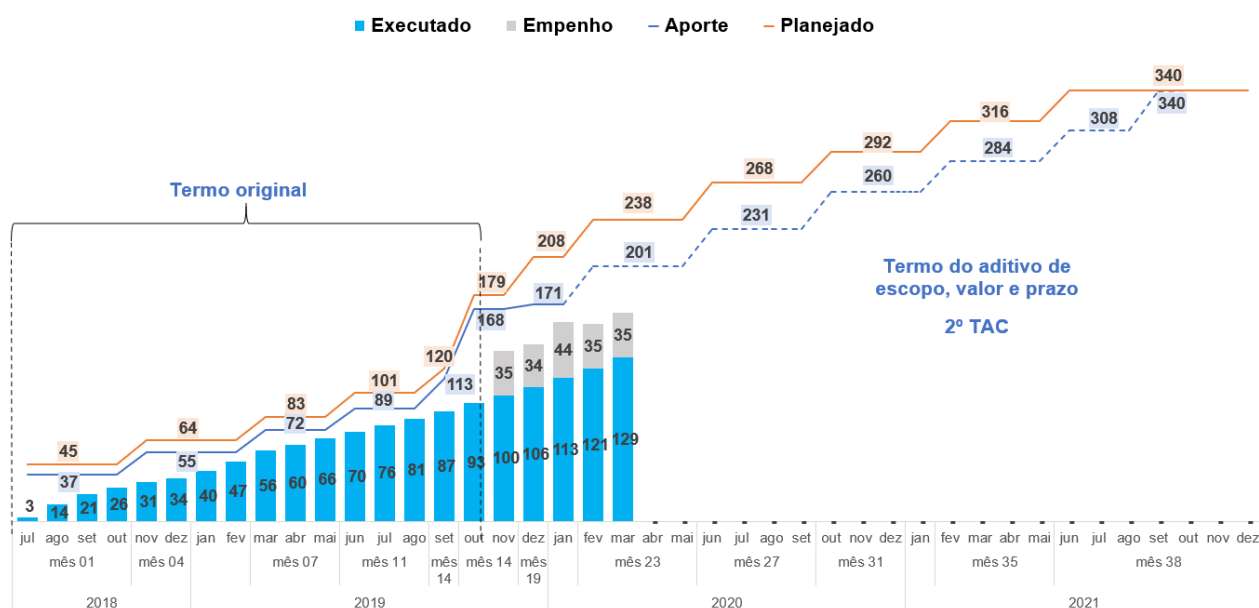
Anexo	Indicador
Anexo 1 - Monitoramento da Ecotoxicologia	98,57%
Anexo 3 - Monitoramento do Ambiente Costeiro-Marinho	98,51%
Anexo 2/3 - Monitoramento do Ambientes Estuarino e Dulcícola	97,32%
Anexo 4 - Monitoramento de Praias	97,16%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Manguezal	84,27%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Restinga	99,94%
Anexo 6 - Monitoramento de Megafauna	94,72%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola	98,90%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Estuarina e Marinha	99,99%
Anexo 8 - Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos	100,0%

7.3 Execução Financeira

A seguir está descrito, de forma sucinta, o acompanhamento da execução financeira no âmbito do Acordo de Cooperação Técnico-Científica firmado entre a Fundação Renova e a FEST. Para atender o objeto do Projeto original do PMBA/FEST-RRDM (denominado de Ano 1), o apoio financeiro prestado no Acordo de Cooperação firmado com a FEST, com anuência da UFES, foi de R\$ 120.191.368,72 (cento e vinte milhões, cento e noventa e um mil, trezentos e sessenta e oito reais e setenta e dois

centavos), o qual já foi aportado pela Fundação Renova, ao longo da consecução do PMBA/FEST-RRDM. No entanto, as partes interessadas resolveram de comum acordo, em 17 de outubro de 2019, atualizar o escopo contratual, nos termos do Plano de Trabalho, o qual foi denominado de 2º Termo Aditivo ao Acordo de Cooperação. Desta forma, a vigência inicial do Acordo foi prorrogada pelo prazo de 24 (vinte e quatro) meses, totalizando 40 (quarenta) meses, a partir do repasse da 1ª parcela, conforme planilha de desembolso. Em decorrência destas alterações, as partes resolveram acrescentar ao Acordo o montante de R\$ 219.517.122,54 (duzentos e dezenove milhões, quinhentos e dezessete mil, cento e vinte e dois reais e cinquenta e quatro centavos). Portanto, o apoio financeiro total prestado neste Acordo está estimado em R\$ 339.708.491,26 (trezentos e trinta e nove milhões, setecentos e oito mil, quatrocentos e noventa e um reais e vinte e seis centavos), cujos aportes estão representados na Figura 10. Nesta figura estão expressos os valores dos aportes, o que já foi realizado pelo PMBA/FEST-RRDM, bem como as parcelas previstas e que ainda deverão ser desembolsadas, conforme valor e prazo para desembolso.

Figura 10: Aportes financeiros mensais acumulados do PMBA/FEST-RRDM. A figura apresenta os valores planejados (incluindo os valores do Termo Aditivo ao Acordo de Cooperação), os aportes realizados pela Fundação Renova, bem como os valores executados e valores empenhados no âmbito do PMBA/FEST-RRDM até março/2020.



7.4 Desenvolvimento de Indicadores

Nesta seção são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos pelo acompanhamento gerencial das atividades de campo e laboratório dos Anexos, que são executados pela Rede Rio Doce Mar (RRDM).

O processo de gestão de um Projeto em Rede de Integração configura-se como um grande desafio para qualquer equipe gerencial, requerendo novas dinâmicas e ferramentas. Nesse sentido, o

acompanhamento das atividades e consolidação dos resultados precisam ser executadas de forma colaborativa e multidisciplinar, para representar com integralidade as variações entre os eventos planejados e executados, bem como o efeito dos desvios provenientes de causas inesperadas (PMI, 2013; SOUZA; SCHMITZ, 2016).

Os Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) são caracterizados pelo alto grau de inovação e surgimento de *insights*. Para contornar as dificuldades na etapa de acompanhamento deste PROJETO, foram elaboradas algumas métricas utilizando as informações dos resultados de campo e laboratório em cada Anexo. As relações estabelecidas entre os dados do processo, sejam elas dependentes ou independentes, são conhecidas na literatura científica como indicadores (SOUZA; SCHMITZ, 2016). As relações estabelecidas com base nos resultados previstos *versus* realizados possibilitam o acompanhamento e subseqüentes avaliações com foco em escopo, para o tratamento dos dados técnicos. Dessa forma, os indicadores de desempenho e eficiência apresentam-se como ferramentas funcionais para a organização dos dados, sistematização dos resultados e melhoria contínua dos processos.

7.4.1 Indicador de Desempenho

O Indicador de Desempenho (ID) tem a função de evidenciar os resultados alcançados com utilização de probabilidade, cálculos, gráficos e figuras. Neste formato de apresentação dos resultados, os sucessos ou desvios são compreendidos mais rapidamente, pois permitem a visualização em uma perspectiva macroscópica e a verificação individualizada de modo significativo (SOUZA; SCHMITZ, 2016).

Neste contexto, são chamados de dados brutos todos os resultados provenientes do monitoramento ambiental da porção capixaba do rio Doce e região marinha e costeira adjacente, que foram categorizados e tabulados na Planilha de Dados Brutos (PDB) pelos pesquisadores e colaboradores com resultados numéricos e alfanuméricos. O conjunto de cálculos que estruturam o ID foram elaborados por uma equipe multidisciplinar a partir do entendimento consensual quanto a importância de cada conjunto de variáveis e da literatura de referência (PMI, 2013). Assim, foi necessário o desenvolvimento de uma metodologia do tipo *in house* para realizar o acompanhamento gerencial de cada Anexo, devido às especificidades deste Projeto em Rede de Integração.

A quantificação do Indicador de Desempenho (ID) sob a coleta de dados brutos tem por base planilhas eletrônicas padronizadas pelo projeto PMBA/FEST-RRDM, utilizando o *software* Microsoft Excel.

As planilhas dos dados brutos foram estrategicamente construídas, incluindo as variáveis discretas (observação ou ocorrência) e contínuas (análise aferida ou estimada), através do estabelecimento dos critérios de avaliação conforme a seguir: (i) Resultados quantitativos (QT) e qualitativos (QL); (ii) Dados previstos (DP); (iii) Coletas não executadas (NC); (iv) Amostras em processo de análise (EA); (v)

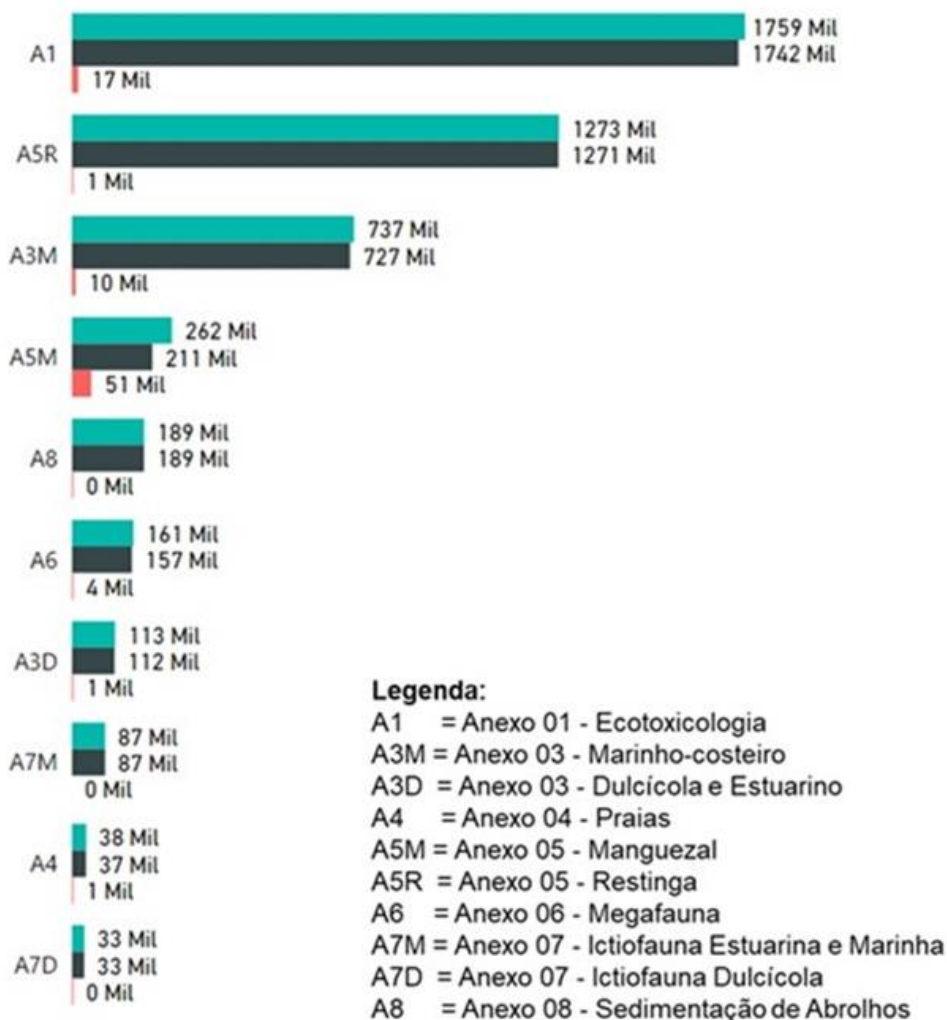
Observações não aplicáveis (NA); (vi) Resultados não determinados (ND); (vii) Dados fora do limite de detecção (LD) ou de quantificação (LQ); (viii) Espécie não coletada ou não observada em campanha específica (ENC); e (ix) Indisponibilidade de amostra (IA).

As métricas que compõem o ID foram construídas instituindo as relações entre os critérios de avaliação supracitados, desconsiderando a natureza do dado: (i) Peso unitário positivo, quando uma atividade for efetivamente realizada, ou seja, obtém-se resultado com algum valor absoluto das observações ou amostras coletadas; (ii) Peso unitário negativo, no caso de ausência de resultados, ou seja, dados onde não foi possível obter alguma conclusão real ou eventual erros laboratoriais. O desenvolvimento das funções, cálculos, análises estatísticas e revisões gráficas foram realizadas com os softwares Power Query, Power Pivot e Power B.I.

Sob essa ótica, ratifica-se que os dados onde não houve contribuições informacionais representativas, não foram considerados. Cita-se, por exemplo, no caso de uma determinada espécie não ter sido encontrada durante o processo amostral ou, ainda, a hipótese de que a mesma não ter sido coletada adequadamente.

Para estimar o indicador de desempenho de cada Anexo durante o período de setembro de 2018 até setembro de 2019, determinou-se a porcentagem cumulativa para cada critério de avaliação. Ressalta-se que na seção 3, os valores demonstrados na Figura 11 serão detalhados e analisados.

Figura 11: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas em cada Anexo até setembro de 2019, correspondendo ao total previsto (verde) versus realizado (preto) e aos valores residuais (vermelho).

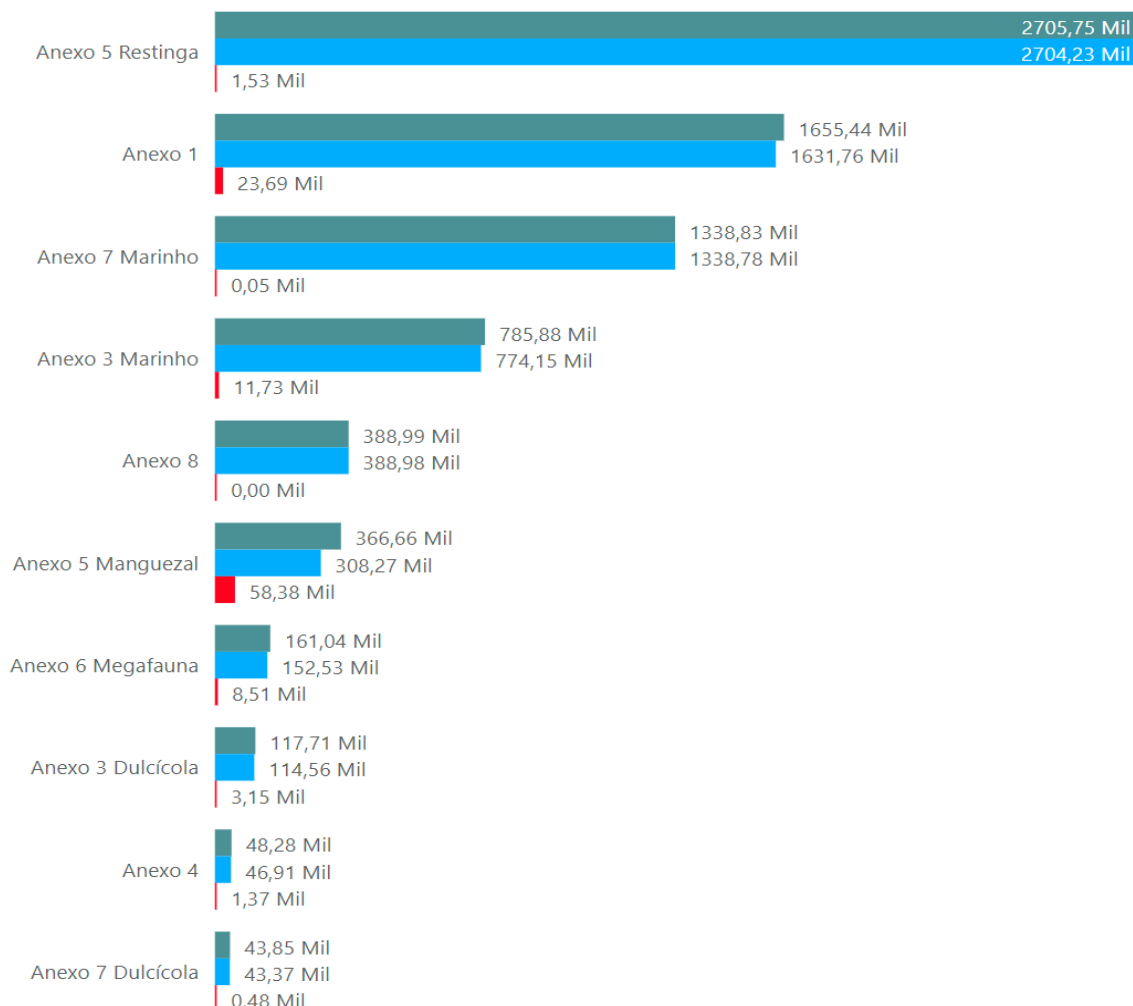


A Figura 12 ilustra quantitativamente a soma das atividades de campo e análises laboratoriais, considerando o período de setembro de 2018 até março de 2020. Este gráfico expressa o resultado global do PMBA/FEST-RRDM e estratificado por Anexos em três classes, como segue: (i) A barra de cor verde expressa a totalidade de observações, amostragens ou análises; (ii) A barra de cor azul significa as atividades efetivamente concluídas e revisadas; e (iii) A barra de cor vermelha representados os resultados residuais, ou seja, aferições pendentes.

O método elaborado permitiu a realização do tratamento dos dados, a verificação da totalidade de variáveis, análise de informações e identificação das atividades que são condicionantes para os resultados de execução, destacando a relação de causa-efeito dos impactos diretos e negativos.

Figura 12: Estratificação do quantitativo de variáveis obtidas em cada Anexo até março de 2020, correspondendo ao total previsto (verde) versus o realizado (azul) e aos residuais pendentes (vermelho).

● Total plan ● Total real ● Total desvio



7.4.2 Indicador de Eficiência

O acompanhamento das atividades de campo e, posteriormente, as respectivas análises laboratoriais, fornecem elementos para embasar as interpretações gerenciais de um projeto, ao estabelecer algumas representações gráficas referentes ao registro das ações planejadas *versus* executadas, por meio da Curva S e estimativa de outros parâmetros. O acompanhamento gerencial contribui efetivamente para o aumento da eficiência e eficácia de um projeto (DINSMORE; SILVEIRA NETO, 2004).

De acordo com o referencial teórico realizado para subsidiar esta análise gerencial, fundamentada no Guia PMBOK® (*Guide to the Project Management of Body of Knowledge*; PMI, 2013), foi utilizado para a estimar o Indicador de Eficiência (IE). Os parâmetros que compõem a resposta definida como IE estão vinculados ao escopo inicial do projeto e, em geral, eles conseguem identificar os fatores externos

e internos que impactam os resultados finais de cada um. As informações fornecidas, de cunho gerencial, permitem a consecução de uma avaliação mais aprofundada sobre o planejado em função ao executado.

No processo de avaliação de um projeto deve-se medir não apenas a qualidade da execução do escopo, mas também a integralidade dos dados ao longo de todas as etapas de campo e laboratório. Para obter representação gráfica da Curva S e determinar as variáveis citadas abaixo na Fórmula 1, foi utilizado o *software* Primavera P6 em associação com a ferramenta *DPS Extractor* (PMI, 2013).

$$\frac{SPI}{IDP} = \frac{VA}{VP} \quad (1)$$

Onde:

SPI: Índice de Performance de Programação (do inglês, *Schedule Performance Index*);

IDP: Índice de Desempenho de Prazos;

VA: Valor Agregado;

VP: Valor Planejado.

Conceitualmente, em uma situação ideal de um determinado projeto, seria desejável que as ações programadas versus as ações realizadas deveriam ser perfeitamente correlacionadas entre si. Neste caso, os valores obtidos deveriam ser iguais a 100% (ou 1). O Índice de Performance de Programação considera as relações entre o Valor Agregado (VA) e Valor Planejado (VP), conforme as descrições do Guia PMBOK® (PMI, 2013), sumarizadas a seguir:

- (i) $SPI/IDP = VA/VP$ de um determinado período;
- (ii) Se SPI/IDP for igual a 1,0, indica que o projeto avançou na velocidade planejada para aquele período;
- (iii) Se for inferior a 1,0 significa que o projeto avançou apresentando um certo atraso;
- (iv) Se for superior a 1,0 caracteriza que o projeto avançou com velocidade acima da planejada, ou seja, o projeto progride de forma rápida.

Os índices estimados a partir da Fórmula 1 expressaram graficamente a evolução gerencial em cada Anexo integrante do PMBA/FEST-RRDM e, ao mesmo tempo, conduziram os estudos de eficiência. Os gráficos demonstraram os resultados lineares da relação entre o Valor Agregado (VA) e Valor Planejado (VP), na Curva S, representam a relação entre o Índice de Performance de Programação (SPI) e o Índice de Desempenho de Prazos (IDP), sob a forma “relógio marcador”. A variação da posição do “ponteiro do relógio”, refletem a situação específica de cada período, conforme explicitado a seguir:

- **Resultado superior ao planejado:** Quando a relação SPI/IDP apresentar valores entre 1 e 2 (ou 100% e 200%, respectivamente), indica que o projeto avançou além da velocidade

planejada para o período do presente relatório. Desta forma, conforme convenção adotada, o “ponteiro do relógio” estará na região representada pela cor **azul**;

- **Resultado igual ao planejado:** Quando a relação SPI/IDP apresentar o valor igual a 1 (ou 100%), considerando a incerteza de 0,9 até 1,0, representa que o projeto avançou de acordo com o previsto para o período do presente relatório. Consoante com a convenção adotada, o “ponteiro do relógio” estará na região representada pela cor **verde**;
- **Resultado inferior ao planejado:** Quando a relação SPI/IDP apresentar o valor inferior a 0,9 (abaixo de 90%), mostra que o projeto ficou abaixo do planejado. Logo, conforme convenção adotada, o “ponteiro do relógio” estará na região representada pela cor **vermelha**.

Nas seções subsequentes são apresentados os avanços físicos para cada Anexo integrante do PMBA/FEST-RRDM, utilizando a curva S e o índice SPI para avaliar o indicador de eficiência (IE), que denota o progresso organizacional das atividades, de interesse para a Gestão de Projetos (PMO, do inglês *Project Management Office*), bem como os resultados percentuais do indicador de desempenho (ID) que fornecem informações para as áreas técnica-científica e gerencial. A seção 3 refere-se ao período compreendido entre setembro de 2018 a setembro de 2019. Na seção 4 foram demonstrados os resultados obtidos durante as atividades executadas entre outubro de 2019 a abril de 2020 (Figura 13 a Figura 26). Adicionalmente, vale destacar que a complementaridade dos indicadores auxilia na integração em rede dos dados referentes a esses Anexos, devidamente acompanhados gerencialmente, por parte da RRDM.

7.5 Principais Resultados de Campo e Laboratório da Fase 2

CONTEXTUALIZAÇÃO

As partes interessadas resolveram, de comum acordo, atualizar o escopo contratual, nos termos do Plano de Trabalho intitulado como 2º TERMO ADITIVO, aqui denominado informalmente como Fase 2.

Ficou estabelecido que as atividades do PROJETO serão executadas em conformidade com o Termo de Referência 4 (e modificações já aprovadas pela CTBio no Plano de Trabalho original da FEST/UFES-RRDM). Nesse sentido, aguarda-se o posicionamento da CTBio que está analisando o primeiro relatório anual previsto no ACORDO, bem como emissão da decisão sobre as propostas de alterações de escopo do Plano de Trabalho referente à Fase 2. Após a decisão pela CTBio, será realizada uma avaliação dos impactos financeiros dessas alterações de escopo aprovadas, podendo haver, por meio de termo de aditivo ao ACORDO, modificações dos valores constantes no 2º TERMO ADITIVO. De forma a reequilibrar as questões técnicas e financeiras do novo escopo, conforme os ditames dos órgãos competentes, ou modificação do prazo de vigência do instrumento contratual em epígrafe.

Vale ressaltar que, em caso de reduções no escopo poderão acarretar na alteração do quantitativo de membros em cada equipe de pesquisa/técnicas. Este fato poderá resultar na desmobilização de parte dessas equipes, porém, em função do escopo técnico a ser aprovado pela CTBio, alguns novos pesquisadores poderão ser integrados às equipes de pesquisa/técnicas.

Desta forma, as Partes interessadas decidiram prorrogar a vigência inicial do ACORDO, pelo período de 24 (vinte e quatro) meses. O PROJETO passou a ter a duração de 40 (quarenta) meses, ao contar do repasse da 1ª parcela, ocorrida no dia 23/07/2018. Em decorrência das alterações mencionadas acima, vale ratificar que as PARTES resolveram acrescentar ao ACORDO o montante de R\$ 219.517.122,54 (duzentos e dezenove milhões, quinhentos e dezessete mil, cento e vinte e dois reais e cinquenta e quatro centavos). Logo, o apoio financeiro total que será prestado pela Renova foi estimado em R\$ 339.708.491,26 (trezentos e trinta e nove milhões, setecentos e oito mil, quatrocentos e noventa e um reais e vinte e seis centavos), cujos aportes foram estabelecidos em cláusula específica.

ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES DO ADITIVO DE ESCOPO: FASE 2

O ADITIVO, que teve início oficialmente no dia 09/09/2019, contribuiu para a evolução do cronograma da Fase 2, correspondente ao período de outubro de 2019 a março de 2020, conforme o previsto no ACORDO. Importante ressaltar que nos dias 20 e 21 de novembro de 2019, foi realizado o Segundo Seminário Técnico-Científico do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática na UFES, de acordo com os termos contratuais.

Para alcançar os objetivos propostos para o período vigente da Fase 2, os coordenadores e colaboradores de cada Anexo desenvolveram as atividades planejadas. As informações recentemente adquiridas sobre os esforços em campo e laboratório foram sintetizadas, obedecendo a mesma lógica utilizada na seção 3 deste relatório (Resultados Alcançados), seguindo a sequência abaixo:

- Anexo 1: Ecotoxicologia;
- Anexo 3: Costeiro-Marinho (Bentos; Fitoplâncton; Fundos Recifais; Hidrogeoquímica; Ictioplâncton; Mapeamento de Habitats; Modelagem; Sedimentologia e Zooplâncton);
- Anexo 2/3: Dulcícola e Estuarino (Bacia Integração; Análises Químicas; Bacia Integração-Sedimentos; Bacia Integração-Gestão Integrada; Bacia de Integração-Modelagem; Dulcícola-Elementar Isótopos; Dulcícola-Fitoplâncton; Dulcícola-Macrófita; Dulcícola-Perifiton; Dulcícola-Zooplâncton);
- Anexo 4: Praias (Bentos; Geoquímica; Morfodinâmica);
- Anexo 5: Manguezal e Restinga;
- Anexo 6: Megafauna (Sobrevoo e Acústica; Cetáceos; Aves Marinhas e Tartarugas Marinhas);
- Anexo 7: Ictiofauna Estuarina e Marinha (Ictiofauna Estuarina Norte; Peixes Recifais) e Ictiofauna Dulcícola (Dulcícola Genética e Ecologia);
- Anexo 8: Sedimentação de Abrolhos.

Anexo 1 - Monitoramento da Ecotoxicologia: Fase 2

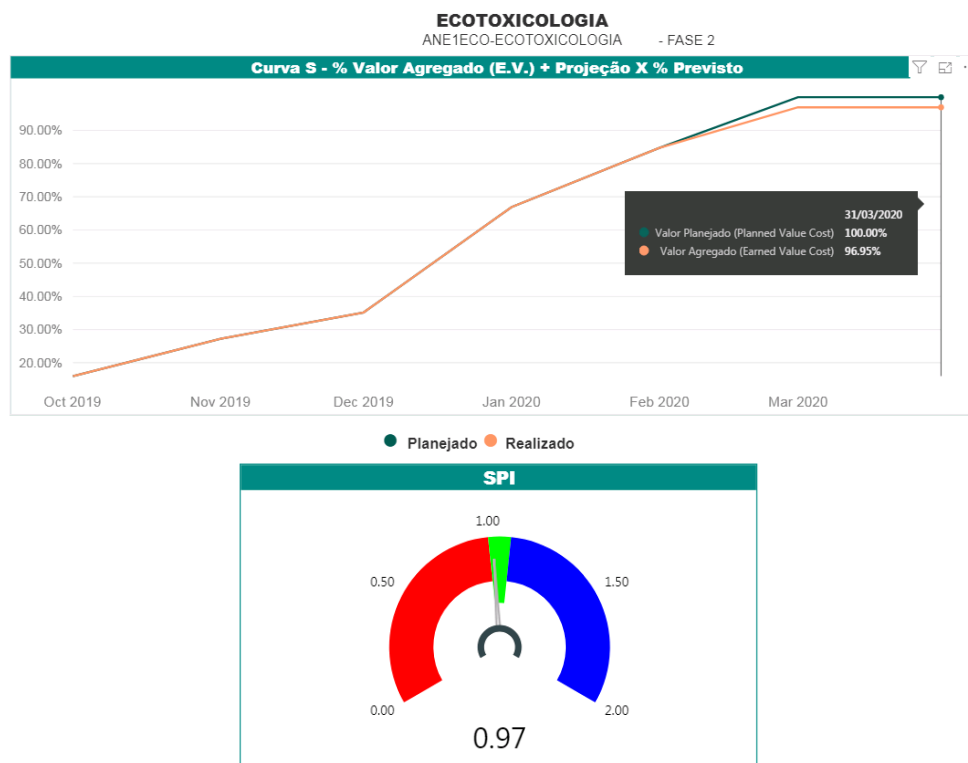
Os indicadores de desempenho mostraram que neste estudo foi possível execução de 98,57% do plano de trabalho durante a Fase 2 (Tabela 8), demonstrando alto nível de desempenho e competência dos pesquisadores vinculados. Foram analisadas, aproximadamente, 1632 mil unidades, resultando em uma pendência com valor total de 24 mil atividades, que se encontram em processo de análise Figura 12.

A avaliação com foco gerencial, utilizando a curva S (Figura 13), apresentou o cumulativo do avanço físico de 96,95% e a relação SPI/IDP igual a 0,97 (97,0%) com “ponteiro do relógio” na área de cor **verde**, a evolução do projeto seguiu conforme o previsto no período compreendido entre outubro de 2019 a março de 2020.

A partir dos resultados alcançados pelos indicadores de desempenho e de eficiência, é possível concluir que o Anexo 1, monitoramento da Ecotoxicologia, cumpriu de modo satisfatório as atividades planejadas para a Fase 2.

Importante destacar que o não atingimento integral previsto das mesmas, foi impactado pela suspensão das atividades do PMBA/FEST-RRDM, a partir do dia 17 de março de 2020, conforme decisão da Fundação Renova, em sintonia com as deliberações governamentais, em função da pandemia do Coronavírus (COVID-19). No entanto, independentemente desse fato, outras atividades tiveram suas ações de segmento sequenciadas, através da modalidade *home office*.

Figura 13: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 1 (Monitoramento da Ecotoxicologia) durante a Fase 2.

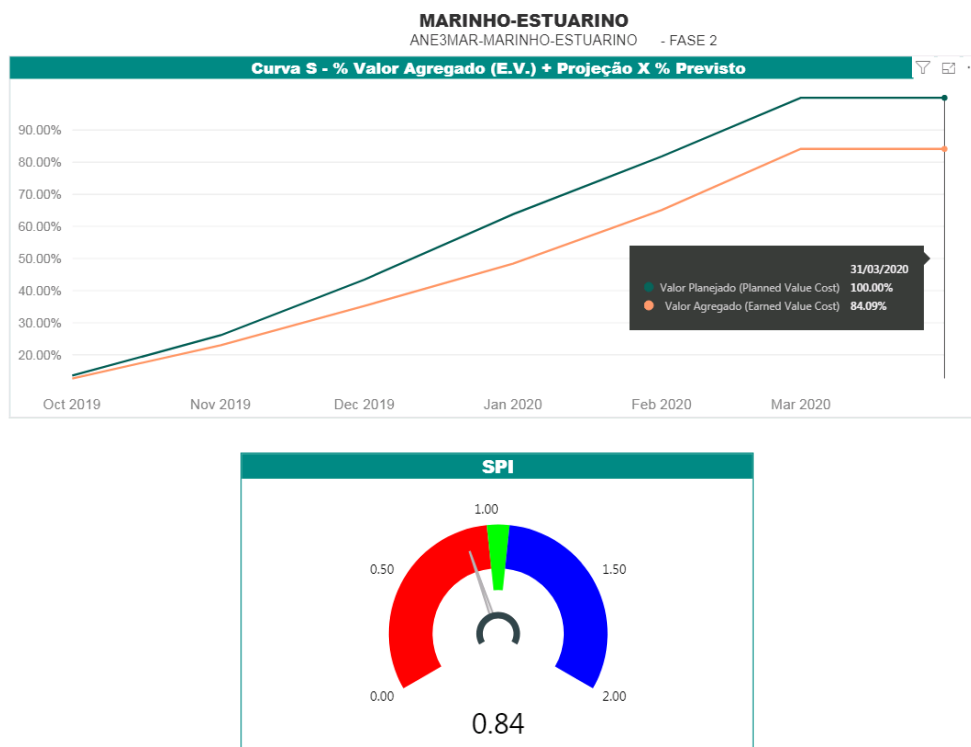


Anexo 3 - Monitoramento Costeiro-Marinho: Fase 2

As atividades foram executadas em parcialidade, apresentando avaliação de desempenho ao nível de 98,51%, obtendo a marca de 774,15 mil análises concluídas e 11,73 mil unidades em andamento (Tabela 8), justificado pelos atrasos nas adequações estruturais dos laboratórios (Figura 12). Nesse sentido, verifica-se que a Curva S (Figura 14) atingiu a marca de 84,09% para valor agregado planejado versus realizado no período. O resultado evidencia a realização satisfatória das atividades sem interdependência com o espaço físico dos laboratórios de análise. A relação entre SPI/IDP foi de 0,84 (84,0%), como o “ponteiro do relógio” apontando para a área de cor **vermelha**.

Os resultados observados durante a Fase 2 para este Anexo 3, evidenciaram a grande contribuição das atividades de campo, tais como: coleta de amostras, observações de espécimes, aferições com uso de equipamentos portáteis e obtenção de dados remotos. Nesse sentido, o indicador de desempenho demonstrou como ausência de algumas adequações laboratoriais causaram impacto neste Anexo, enquanto eficiência satisfatória demonstrou a evolução do projeto conforme o planejado. Outras dificuldades relatadas foram as embarcações, condições climáticas desfavoráveis e equipamentos que apresentaram problemas (CTD e LISST). Desse modo, algumas campanhas foram realizadas a partir do mês de janeiro 2020 e as manutenções necessárias ocorreram dentro do cronograma.

Figura 14: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 3 (Monitoramento do Ambiente Costeiro-marinho) durante a Fase 2.



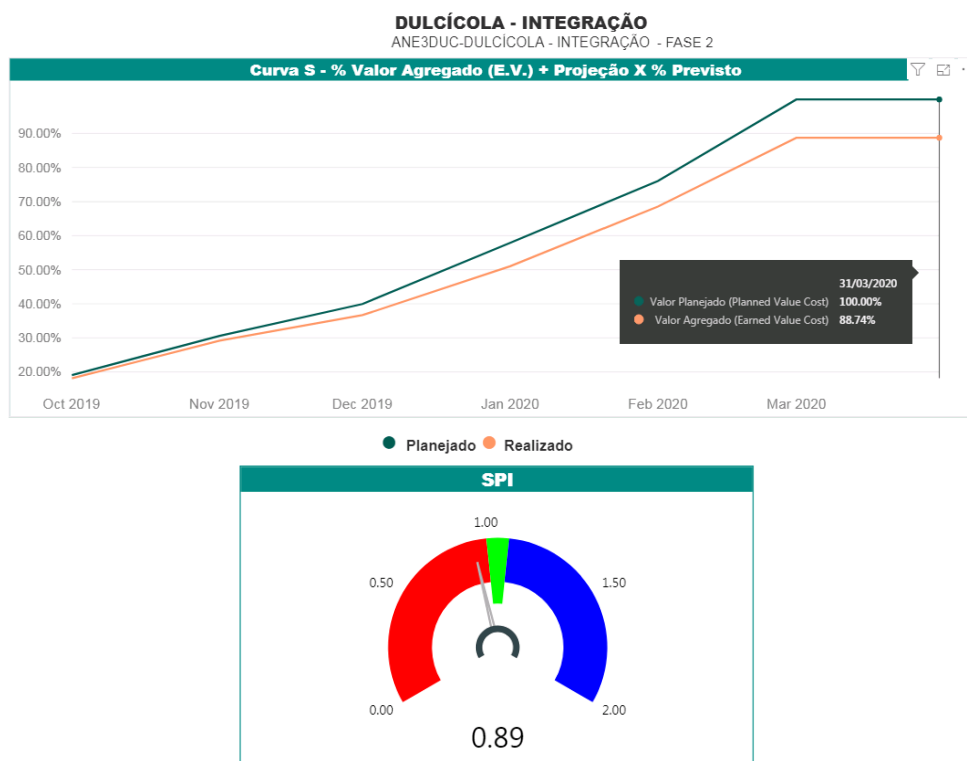
Anexo 2/3 - Monitoramento dos Ambientes Dulcícola e Estuarino: Fase 2

O desempenho resultante apresenta relação direta com o atraso na adequação física dos laboratórios, assim como descrito anteriormente. A principal dificuldade foi superada, indicando uma tendência de melhorias serem verificadas após as disponibilizações das ambientações. A dimensão deste tipo de impacto equivale ao total de análises laboratoriais contempladas no escopo de ambas partes do Anexo 2/3, monitoramento de águas dulcícolas e estuarinas.

O indicador de desempenho demonstrou um nível de 97,32%, ou seja, foram concluídas 114,56 mil unidades amostrais e permanecem em andamento um total de 3,15 mil amostras (Figura 12, Tabela 8). A Figura 15 exibe a Curva S, representando as atividades inerentes ao Anexo referente as análises das águas dulcícolas e estuarinas, apresentando um resultado de 88,74% de evolução das atividades de campo e laboratório. A relação SPI/IDP 0,89 (89,0%) indicou o avançou como o previsto para o período, “ponteiro do relógio” na região de cor **vermelha**.

A justificativa de algumas atividades vem da campanha amostral de março, prevista para o período de 16 a 20 de março de 2020, foi interrompida no dia 17 de março devido a paralisação das atividades acadêmicas na UFES em decorrência da pandemia de COVID-19. Foram elaborados os perfis físicos (radiação fotossintética ativa, temperatura e densidade) para algumas das 12 estações amostrais coletadas.

Figura 15: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 2/3 (Monitoramento dos Ambientes Dulcícola e Estuarino) durante a Fase 2.



Anexo 4 - Monitoramento de Praias: Fase 2

O Anexo 4 é composto por três subprojetos, que avaliam o sistema praial a partir dos parâmetros de qualidade das águas, sedimentos e comunidades bentônicas. A avaliação do desempenho ocorre pelo conjunto de realizações dos subprojetos, seguindo procedimentos analíticos próprios de cada estudo. Nesse sentido, o indicador de desempenho relaciona-se com a integração dos dados e o indicador de eficiência caracteriza-se pela especificidade de cada subprojeto, devido aos distintos métodos utilizados em campo.

O indicador de desempenho obtido para o Anexo 4 foi 97,16% (Tabela 8), em torno de 47 mil análises foram executadas e 1,37 mil unidades estão pendentes, justificando pelo atraso das adequações físicas dos laboratórios, impossibilitado a realização de algumas análises e prorrogando a instalação do equipamento para a determinação do teor de mercúrio (Hg), conforme dados apresentados na Figura 12.

A evolução das atividades realizadas Curva S (Figura 16, Figura 17 e Figura 18), alcançando-se: 61,59% para Bentos, 85,34% para a Geoquímica e 93,73% para Morfodinâmica. O índice de realização em função ao planejado para a Fase 2, seguiram as representações do “relógio marcador”: Bentos (0,62; área de cor **vermelha**); Geoquímica (0,86; área de cor **vermelha**); Morfodinâmica (0,94; área de cor **vermelha**).

O monitoramento de Bentos alcançou o índice SPI ao nível de 62,0%, o menor indicador de eficiência dentre os projetos integrantes do Anexo 4. Foi estabelecido, por determinações superiores, a paralização das atividades de campo e laboratório e, consequente, manutenção do distanciamento social devido ao atual cenário de pandemia do COVID-19. Os resultados referentes aos indicadores de desempenho e eficiência foram impactados, embora a pesquisa tenha prosseguido via sistema *home office*.

O subprojeto Geoquímica alcançou intermediário resultado de eficiência ao nível de 86,0% (índice SPI). Portanto, algumas atividades de laboratório foram afetadas pelo atraso na entrega de um equipamento e, adicionalmente, foi impactada pela paralização das análises laboratoriais e adequação do sistema *home office*, devido ao cenário de COVID-19, conforme orientações superiores.

A justificativa da Morfodinâmica apresentou o maior resultado para o índice SPI deste anexo, denotando a eficiência de 94,0%. Destaca-se como um dos pontos relevantes, que uma obra de ampliação do laboratório ainda se encontra em curso, embora as atividades de pesquisa neste ambiente tenham sido suspensas por conta da paralização em virtude da pandemia do Coronavírus, passando para o regime de *home office*.

Figura 16: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento de Bentos) durante a Fase 2.

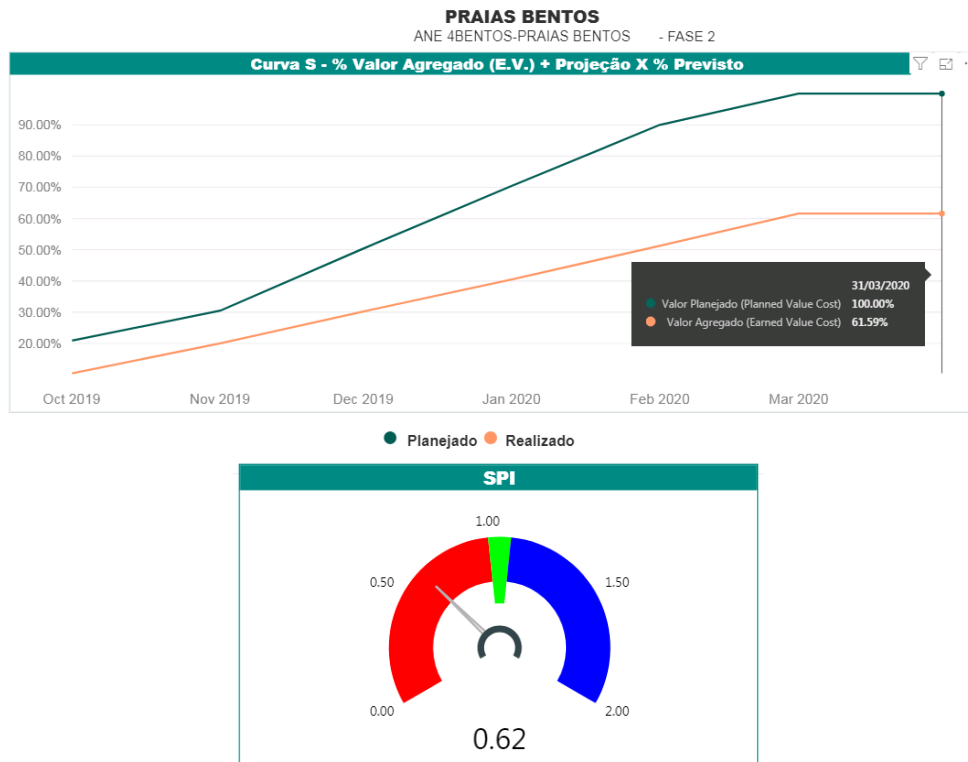


Figura 17: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento da Geoquímica) durante a Fase 2.

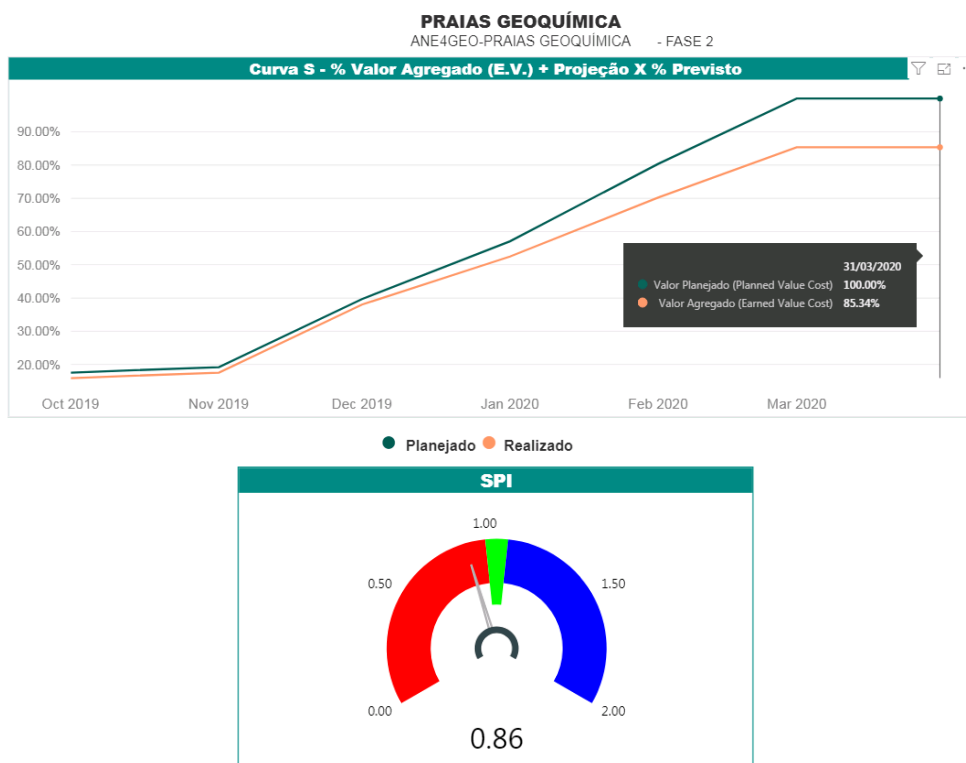
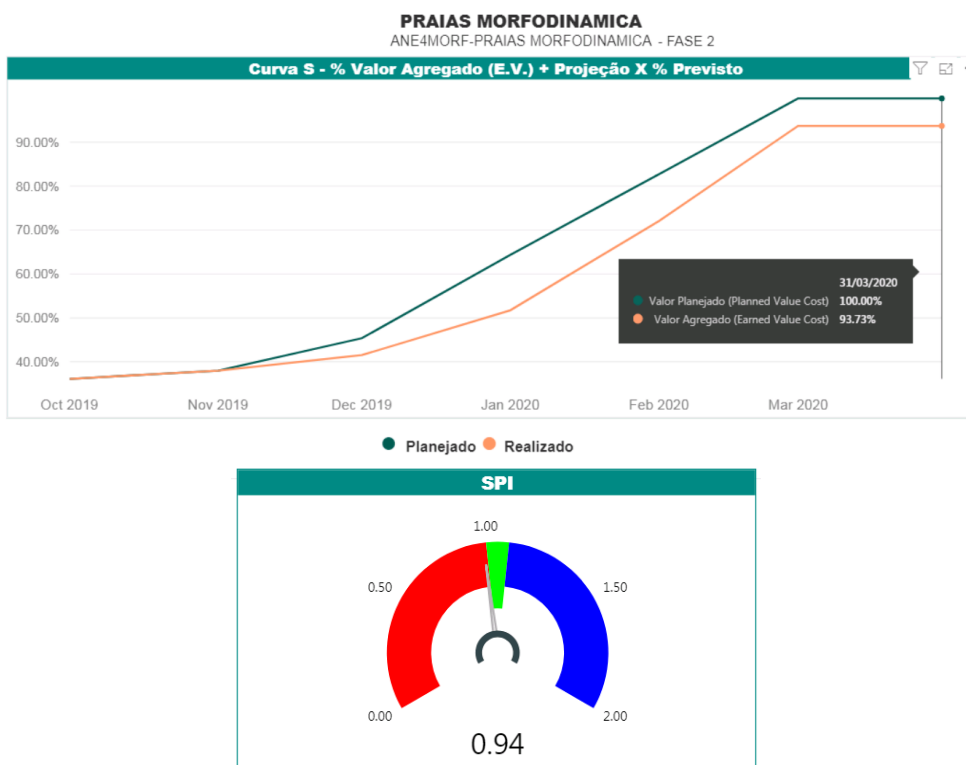


Figura 18: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 4 (Monitoramento da Morfodinâmica) durante a Fase 2.



Anexo 5 - Monitoramento das Alterações Ecológicas nos Ecosystemas Manguezal e Restinga: Fase 2

Os pesos atribuídos aos dados para os cálculos demonstraram que o nível de desempenho atingiu a marca de 84,27% para o monitoramento do Manguezal, aproximadamente 308 mil unidades entregues e 58 mil amostras em andamento. O projeto Restinga alcançou 99,94% das metas, registrando que, aproximadamente, 2704 mil dados amostrais foram avaliados e 1,53 mil unidades permanecem em processo analítico (Figura 12, Tabela 8). Para os projetos integrantes do Anexo 5, houve atraso em algumas atividades devido a manutenção dos equipamentos e entrega dos reagentes para extração das amostras, mas as dificuldades foram contornadas pela gerência da RRDM.

No caso do Manguezal, as atividades realizadas pela Curva S perfazem o índice de 79,86% em relação às atividades previstas (Figura 19). O valor de 0,80 (80,0%) para a relação SPI/IDP, mostrando que o projeto evoluiu abaixo do planejado, com “ponteiro do relógio” na área de cor **vermelha**. As atividades pendentes são ocasionadas pela espera no processo de estruturação do laboratório, impactando todo o projeto.

A Figura 20 refere-se às atividades de campo da Restinga, mostrando a realização de 91,38% conforme o planejado. O “ponteiro do relógio” na região representada pela cor **vermelha** e a obtenção do valor 0,91 (91,0%) para a relação SPI/IDP, demonstra que a evolução deste projeto seguiu o planejamento.

Figura 19: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 5 (Monitoramento do Manguezal) durante a Fase 2.

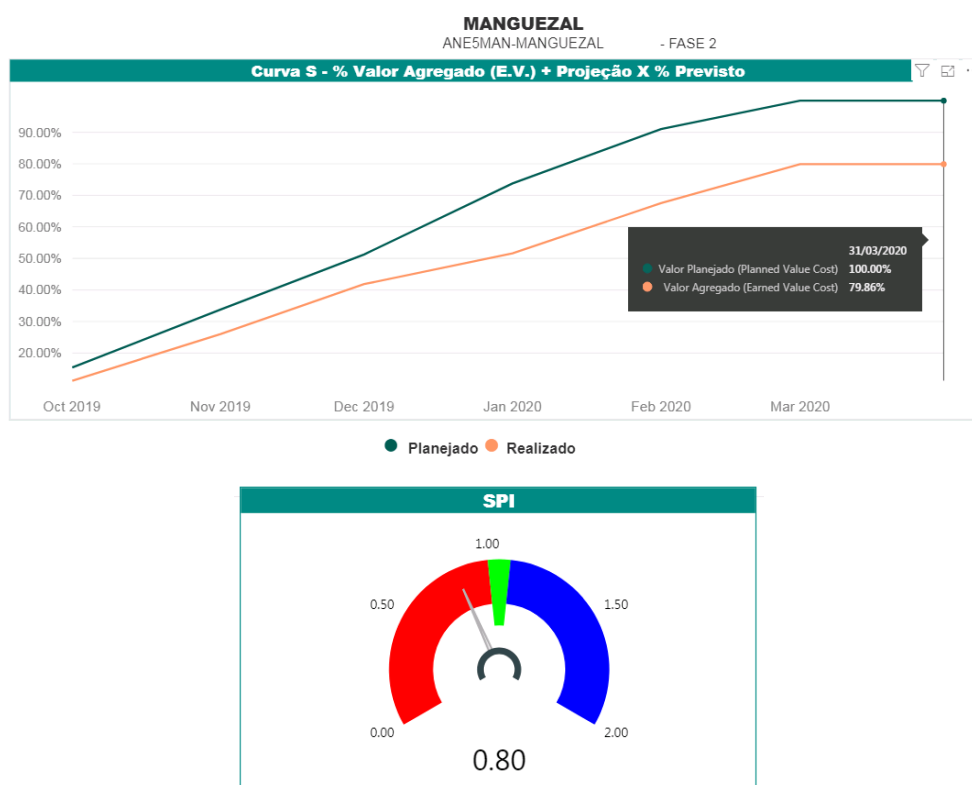
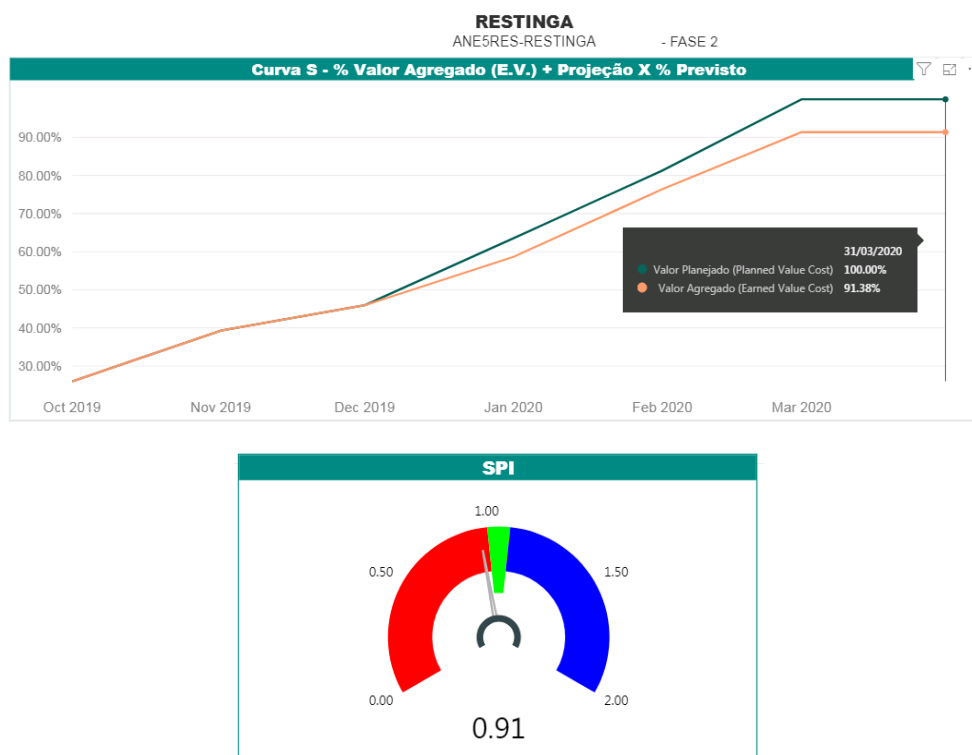


Figura 20: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 5 (Monitoramento da Restinga) durante a Fase 2.



Anexo 6 - Monitoramento de Megafauna: Fase 2

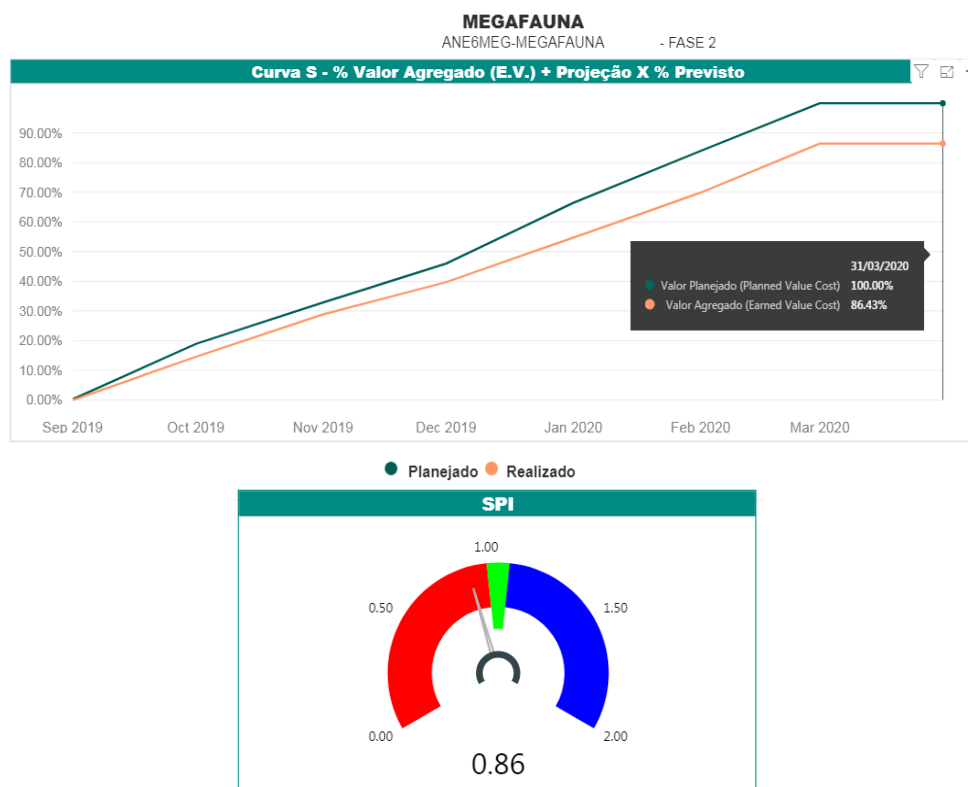
Para o Anexo 6, as avaliações de desempenho pelos indicadores e pela curva S foram realizadas, em conjunto para os quatro subprojetos. As planilhas eram compostas por dados relacionados aos monitoramentos de acústica dos vertebrados marinhos com sobrevoo, análise comportamental e de contaminantes em cetáceos, tartarugas marinhas e aves marinhas. Dessa forma, considera-se o desenvolvimento do PROJETO como único em virtude da sua razão de ser. O indicador de desempenho verificou-se que a execução deste Anexo atingiu o nível de 94,72% (Tabela 8), equivalendo a um total de 152 mil variáveis entregues e 8,5 mil em processo analítico (Figura 12).

A Figura 21 representa a realização de 86,43% das atividades descritas e acompanhadas pela na evolução física. A relação SPI/IDP de 0,86 (86,0%), mostra que o projeto ficou abaixo do planejado com “ponteiro do relógio” apontando para a área de cor **vermelha**.

As duas métricas de avaliação de desempenho e eficiência (indicadores e Curvas S) apresentaram desvios para o Anexo 6, mas são justificáveis devido aos diversos fatores impeditivos climáticos, técnicos e operacionais. Justifica-se o atraso devido ao processo de maceração dos ossos que denota certo tempo. A alteração do cronograma não impactará no resultado para esse Anexo, mas sistematicamente continuará atribuindo peso negativo, causando um decréscimo aos indicadores de desempenho, até a sua completa execução, assim como houve a necessidade de interromper devido às determinações superiores relacionadas à paralisação das atividades relacionadas ao PMBA/FEST-

RRDM, durante o atual cenário da pandemia do COVID-19, afetando assim, algumas atividades de campo e laboratório.

Figura 21: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 6 (Monitoramento da Megafauna) durante a Fase 2.

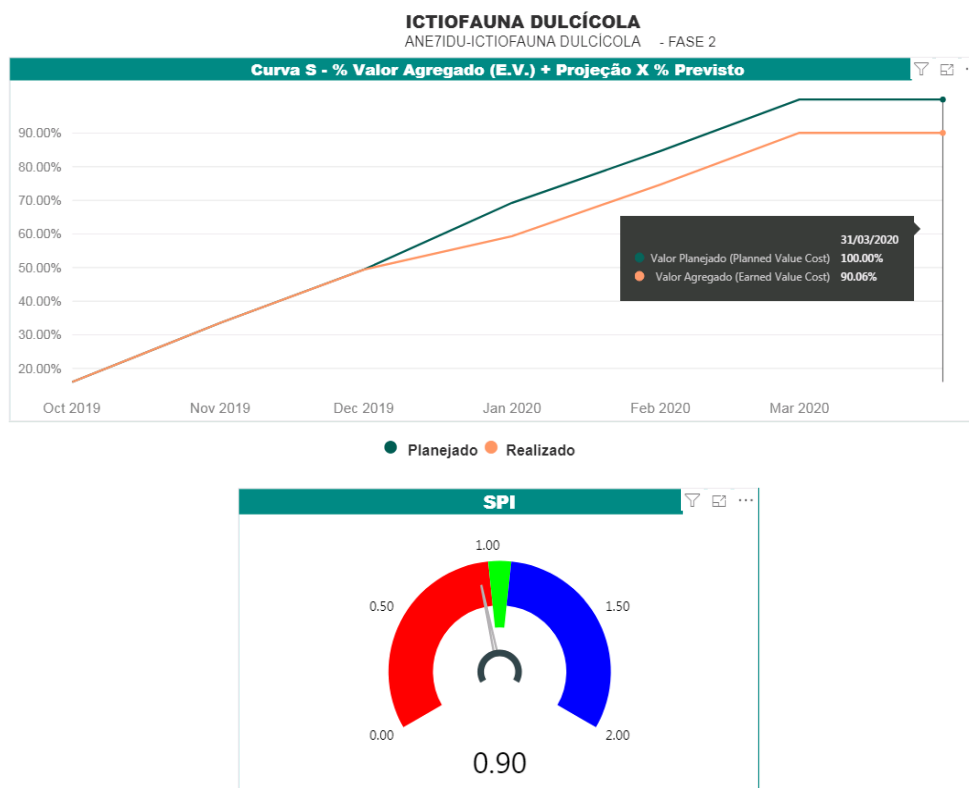


Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola, Estuarina e Marinha: Fase 2

O Anexo 7 na parte referente ao Monitoramento da Ictiofauna nas águas dulcícolas alcançou um desempenho de 98,90%, em torno de 43 mil unidades executadas e remanescendo 480 amostras em andamento. O Monitoramento da Ictiofauna nas águas estuarina e marinha obtiveram 99,99% de desempenho, denotando que, aproximadamente, 1338 mil unidades foram concluídas e apenas 5 amostras permanecem em processo analítico (Figura 12, Tabela 8).

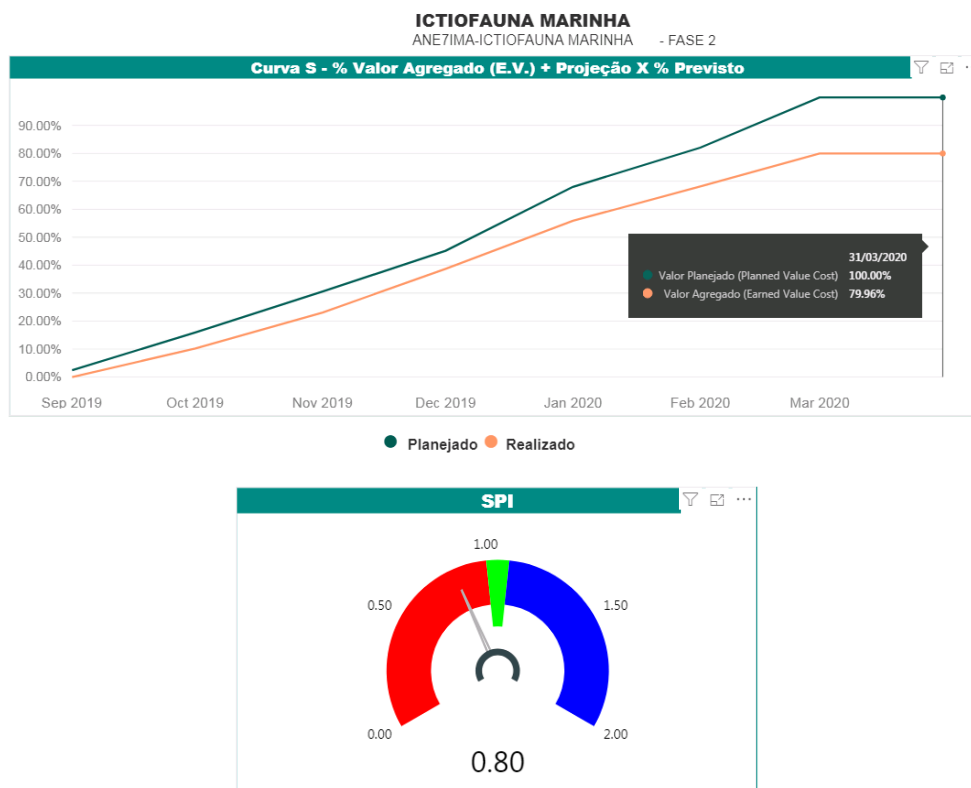
A Figura 22 indica que no caso da Ictiofauna Dulcícola as atividades de campo foram concluídas em 90,06% e a relação SPI/IDP de 0,90 (90,0%) com “ponteiro do relógio” apontando a área de cor **vermelha**, justificando o atraso quanto a ausência de coletas em decorrência da indisponibilidade de recursos em tempo hábil.

Figura 22: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 7 (Monitoramento da Ictiofauna Estuarina e Marinha) durante a Fase 2.



Enquanto na Figura 23, as atividades da Ictiofauna Estuarina e Marinha foram realizadas ao nível de 79,96% indicando o cumprimento do planejado. O “ponteiro do relógio” na região representada pela cor **vermelha** com a obtenção do valor 0,80 (80,0%), evidenciam que as atividades foram realizadas conforme o previsto.

Figura 23: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 7 (Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola) durante a Fase 2.

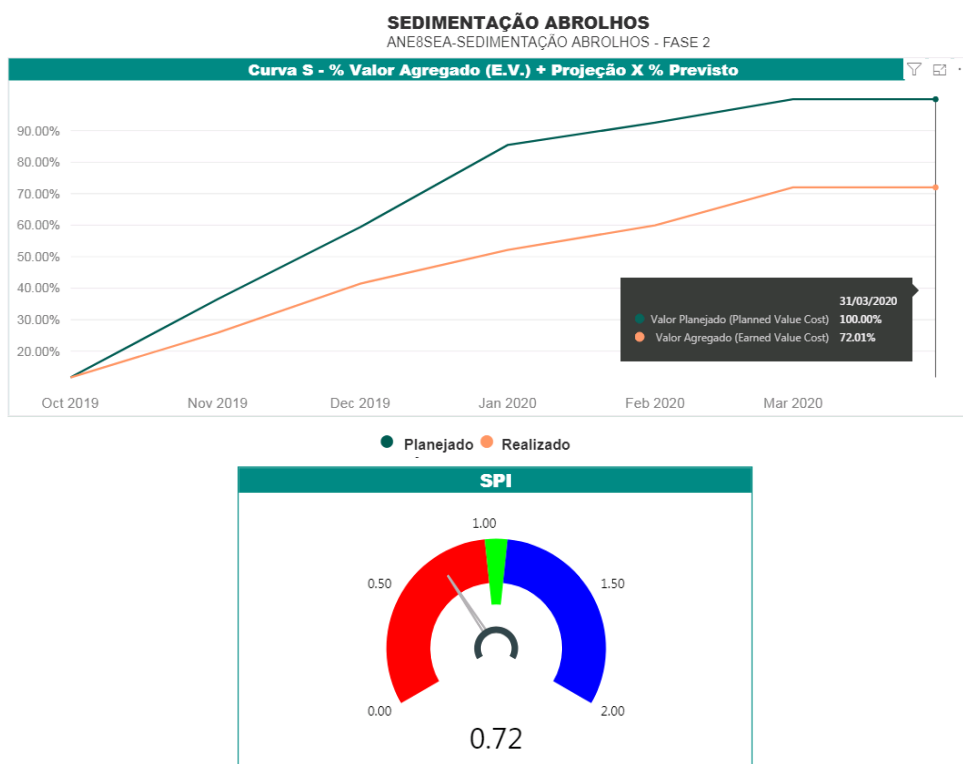


Anexo 8 - Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos: Fase 2

Neste estudo as 188.948 amostras da relação entre o planejado-executado foram analisadas em sua totalidade (100%), conforme representado na Figura 12 e Tabela 8. A Figura 24 exibe as atividades de campo e laboratório, realizadas neste período que perfazem o valor agregado de 72,01%, apresentando o índice SPI de 0,72 (72,0%), inferior ao desejável para o período e “ponteiro do relógio” indicando na região de cor **vermelha**

Novamente, o desvio é relativo ao cronograma onde algumas amostras levam tempo para serem totalmente analisadas e estão atendendo às determinações superiores relacionadas à paralização das atividades relacionadas ao Projeto, durante o atual cenário da pandemia do COVID-19, afetando assim, algumas atividades de laboratório, e por oportuno dando sequência a atividades de estudo e pesquisa em regime de *home office*.

Figura 24: Representações gráficas (Curva S e índice SPI) das atividades do Anexo 8 (Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos) durante a Fase 2.



Execução dos Anexos Integrantes do PMBA/FEST-RRDM: Integração dos resultados gerenciais para Fase 2

O indicador de desempenho em referência, foram construídos utilizando as planilhas dos dados brutos, cujos resultados estão sumarizados na Tabela 8, que destaca a cor em forma de semáforo, seguindo as considerações: acima de 90% sinal **verde**, entre 50-89% sinal **amarelo** e abaixo de 50% sinal **vermelho** (não observado neste estudo). Este método permite evidenciar os dados e melhorar a visualização dos indicadores. Destaca-se que os resultados são referentes aos objetivos temporais, assim são as variáveis percentuais estão correlacionadas ao esperado para outubro de 2019 a março de 2020.

Tabela 8: Variáveis indicadores em forma de semáforo para a Fase 2.

Anexo	Indicador (Variável Percentual)
Anexo 1 - Monitoramento da Ecotoxicologia	98,57%
Anexo 3 - Monitoramento do Ambiente Costeiro-Marinho	98,51%
Anexo 2/3 - Monitoramento do Ambientes Estuarino e Dulcícola	97,32%
Anexo 4 - Monitoramento de Praias	97,16%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Manguezal	84,27%
Anexo 5 - Alterações Ecológicas no Ecossistema Restinga	99,94%
Anexo 6 - Monitoramento de Megafauna	94,72%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Dulcícola	98,90%
Anexo 7 - Monitoramento da Ictiofauna Estuarina e Marinha	99,99%
Anexo 8 - Monitoramento da Sedimentação de Abrolhos	100,0%

As avaliações dos indicadores com as informações de coleta na região monitorada e as análises de campo e laboratoriais que foram planejadas, estão representadas para todos os Anexos no total de 98,58%, semáforo com sinal de cor **verde** para a Fase 2 (Figura 25). Os resultados são considerados satisfatórios, de acordo com os desdobramentos descritos acima. As avaliações referentes aos dados da Curva S de todo o projeto gerenciado pela RRDM, apresentou valor agregado de 87,38% (Figura 26) com índice SPI de 0,87 (87,0%), logo, o “ponteiro do relógio” na região de cor **vermelha** para Fase 2. Ao considerar o conjunto da Fase 1 e Fase 2 a execução física foi ao nível de 85,25%, “ponteiro do relógio” indicando na região de cor **vermelha**, com índice SPI ao nível de 0,85 (85,0%) (Figura 27).

Figura 25: Variáveis obtidas em todos os Anexos executados pelo PMBA/FEST-RRDM até março de 2020, correspondendo ao valor previsto (**verde**) versus realizado (**azul**) e ao total de amostras em processo de análise (**vermelho**).



Figura 26: Curva S representativa das atividades de campo e laboratório executadas na Fase 2, considerando a contribuição percentual de todos os projetos integrantes do PMBA/FEST-RRDM.

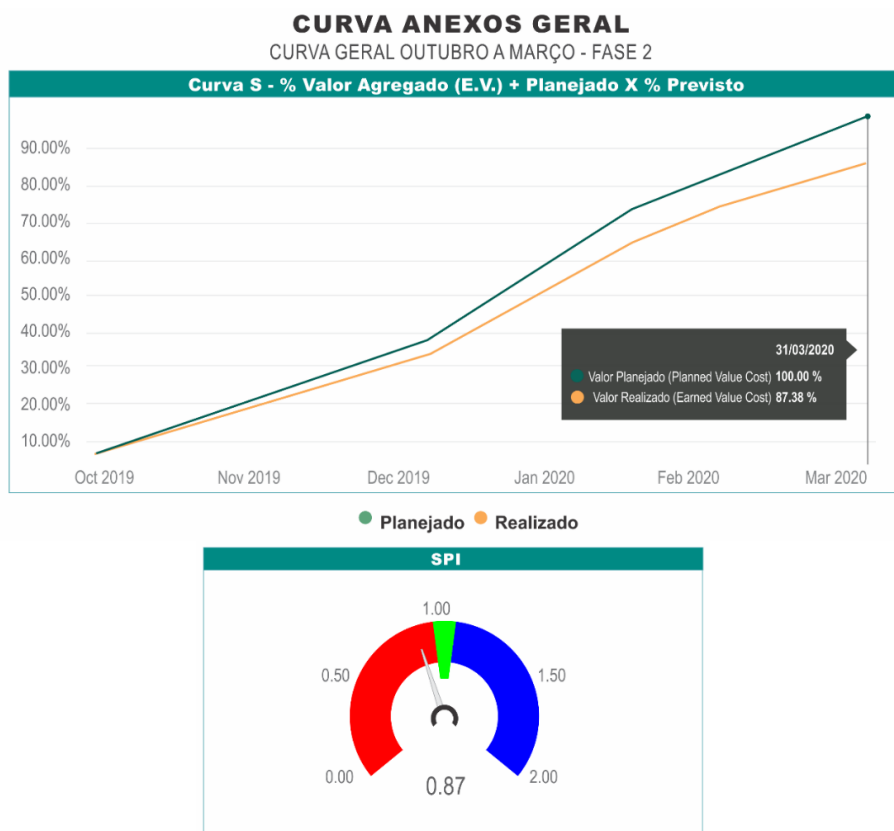
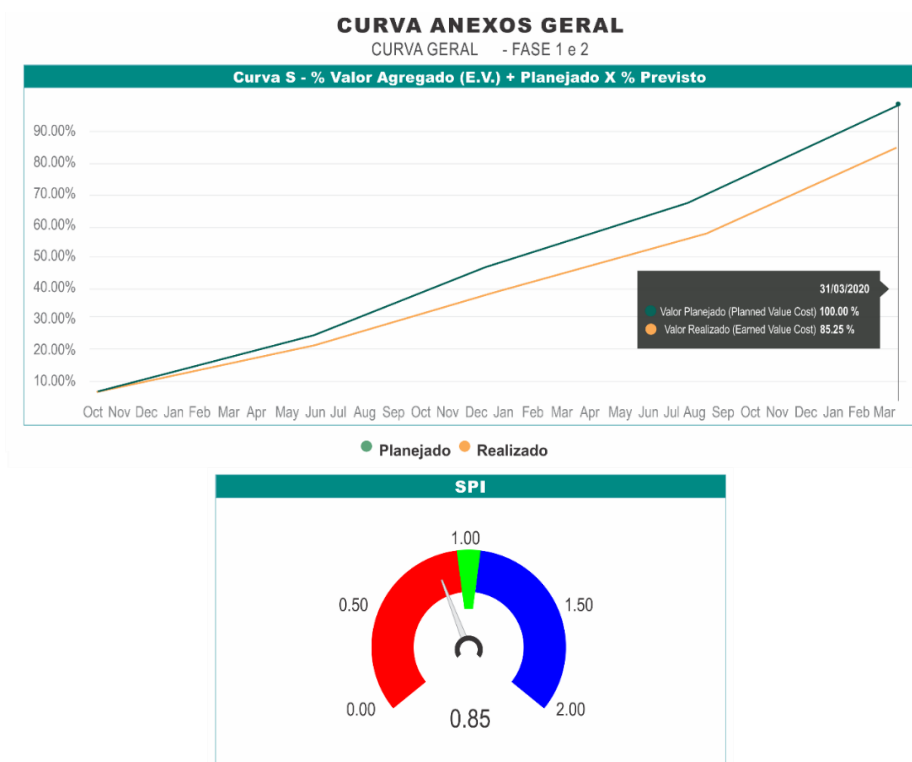


Figura 27: Curva S representativa do avanço físico do PMBA/FEST-RRDM durante a Fase 1 e Fase 2, considerando os resultados de todos os Anexos integrantes.



8 REFERÊNCIAS

- ABSALÃO, R.S. **Environmental discrimination among soft-bottom mollusc associations off Lagoa dos Patos, South Brazil**. Estuar. Coast. Mar. Sci. 71-85. 1991.
- ABUBAKR, A., GOJAR, A.A., BALKHI, M.H., MALIK, R., 2018. **Macro-invertebrates (Annelida; Oligochaeta) as bio-indicator of water quality under temperate climatic conditions**, International Journal of Pure and Applied Bioscience 6, 726-737.
- ACEVES-MEDINA, G.; JIMÉNEZ-ROSENBERG, S.P.A.; SALDIERNA-MARTÍNEZ, R.J.; DURAZO, R.; HINOJOSA-MEDINA, A.T.; HERNÁNDEZ-RIVAS, M.E.; GONZÁLEZ-RODRIGUEZ, E.; GAXIOLA-CASTRO, G. **Distribution and abundance of the ichthyoplankton assemblages and its relationships with the geostrophic flow along the southern region of the California Current**. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v.46, n.1 p. 104-119, 2018.
- ADGER, W. N.; KELLY, M.; NINH, N. H.; THANH, N. C. **Property rights and the social incidence of mangrove conversion in Vietnam**. CSERGE GEC WORKING PAPER, 1997.
- AFFONSO, J. C. M. **Estoque de captura comercial de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Ocypodidae)**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.
- AGUIAR, T.M.; SANTOS, C.S.G. **Reproductive biology of *Alitta succinea* (Annelida: Nereididae) in a Brazilian tropical lagoon**. *Invertebrate Biology* 137: 17–28. 2018.
- AGUSA, T.; NOMURA, K.; KUNITO, T.; ANAN, Y.; IWATA, H.; MIYAZAKI, N.; TANABE, S. **Interelement relationships and age-related variation of trace element concentrations in liver of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from Japanese coastal waters**. *Marine Pollution Bulletin*, v. 57, n. 6-12, p. 807-815, 2008.
- AHSANULLAH, M. **Acute toxicity of cadmium and zinc to seven invertebrate species from Western Port, Victoria**. *Australian Journal of Freshwater Research* 27:187-196.
- ALBINO, J.; CONTTI NETO, N.; OLIVEIRA, T. C. A. **The beaches of Espírito Santo**. In: SHORT, A. D., KLEIN, A. H. F. (Eds). *Brazilian beach systems*. Sydney: Springer, p. 333-361, 2016.
- ALBINO, J.; SUGUIO, K. **Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Brazil**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 82, n. 4, p. 1031-1044, 2010.
- ALBINO, J.; SUGUIO, K. **The influence of sediment grain size and composition on the morphodynamic state of mixed siliciclastic and bioclastic sand beaches in Espírito Santo State, Brazil**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, p.81-92, 2011.

- ALDRICH L.T., DOAK J.B., DAVIS G.L. 1953. **Use of ion-exchange columns in mineral analysis for age determinations.** American Journal of Science, 251: 377-387. 1976.
- ALLEGRE C.J. **Isotope Geology.** Cambridge University Press, New York. 2008.
- ALMEIDA, E. V.; KUTTER, V. T.; MARQUES, E. D.; SILVA-FILHO, E. V. **First assessment of trace metal concentration in mangrove crab eggs and other tissues, SE Brazil.** Environmental monitoring and assessment, v. 188, n. 7, p. 421, 2016.
- ALMEIDA, P.L.S., THOMÉ, J. C. A., BAPTISTOTTE, C., MARCOVALDI, M.A., SANTOS, A.S. dos & LOPEZ - MENDILAHARSU, M. *Dermochelys coriacea* (Vandeli, 1761). In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis.** Brasília: ICMBio. p. 20-25. 2018.
- ALONGI, D. M. **The energetics of mangrove forests.** Springer Science & Business Media, 2009.
- ALONGI, D. M.; CHONG, V. C.; DIXON, P.; SASEKUMAR, A.; TIRENDI, F. **The influence of fish cage aquaculture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of peninsular Malaysia.** Marine environmental research, v. 55, n. 4, p. 313-333, 2003.
- ALONGI, D. M.; MUKHOPADHYAY, S. K. **Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas.** Agricultural and Forest Meteorology, v. 213, p. 266-272, 2015.
- ALONSO DE PINA, G.M. **A catalogue of the Antarctic and sub-Antarctic Phoxocephalidae (Crustacea: Amphipoda: Grammaridea) with taxonomic, distribution and ecological data.** Zootaxa, 1752: 1-40. 2008.
- ALONSO, M. B. et al. **Occurrence of chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in Guiana dolphins (Sotalia guianensis) from Ubatuba and Baixada Santista, São Paulo, Brazil.** Latin America Journal of Aquatic Mammals, v. 8, p. 123-130, 2010.
- AMARAL, A.C., RIZZO, A.E., ARRUDA, E.P. **Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil.** Volume 1, Ed. Universidade de São Paulo, 287 p. 2005.
- AMARAL, C.Z., NALLIN, S.A.H., STENEIR, T.M. **Catálogo das Espécies de Annelida Polychaeta do Brasil.** UNICAMP, 183. <http://www.ib.unicamp.br/museu_zoologia/files/lab_museu_zoologia/Catalogo_Polychaeta_Amaral_et_al_2012.pdf>. 2013>.
- AMÉ, M. V.; WUNDERLIN, D. A. **Effects os iron, ammonium and temperature on microcystin content by a natural concentrated Microcystis aeruginosa population.** Water, Air and Soil pollution, v. 168, p. 235-248, 2005.
- AMORIM, F.N., CIRANO, M., MARTA-ALMEIDA, M., MIDDLETON, J.F., CAMPOS, E.J.D. **The seasonal circulation of the eastern Brazilian shelf between 10°S and 16°S: a modelling approach.** Cont. Shelf Res. 65, 121–140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2013.06.008>. 2013.

- AMORIM, F.N., CIRANO, M., SOARES, I.D., CAMPOS, E.J.D., MIDDLETON, J.F. **The influence of large-scale circulation, transient and local processes on the seasonal circulation of the eastern Brazilian shelf, 13° S.** Cont. Shelf Res. 32, 47–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2011.10.011>. 2012.
- ANAGNOSTIDIS, K.; ECONOMOU-AMILLI, A. **Limnological Studies on Lake Pamvotis (Ioannina), Greece, I. Hydroclimatology, Phytoplankton-Periphyton with special reference to the Valency of some microorganisms from sulphureta as bioindicators.** Archiv fur Hydrobiologie, v. 89, n. 3, p. 313-342, 1980.
- ANDRADES, R., GUABIROBA, H. C., HORA, M. S. C., MARTINS, R. F., RODRIGUES, V. L. A., VILAR, C. C., GIARRIZZO, T., JOUYEUX, J. J. **Early evidences of niche shifts in estuarine fishes following one of the world's largest mining dam disasters.** Marine Pollution Bulletin, v. 154, 111073, 2020.
- ANDRONIS, C, EVANS, N. J., MCDONALD, B. J., NICE, H. E., GAGNON, M. M. **Otolith microchemistry: Insights into bioavailable pollutants in a man-made, urban inlet.** Marine Pollution Bulletin, v.118, p. 382–387, 2013.
- ANFUSO, G., MARTÍNEZ DEL POZO, J.A., GRACIA, F.J., LÓPEZ-AQUAVO, F. **Long-shore distribution of morphodynamic beach states along an apparently homogeneous coast in SW Spain.** J. Coast. Conserv. v.9, n.1, p.49-56, 2003.
- ANGER, K. **The biology of decapod crustacean larvae.** Lisse: AA Balkema Publishers, 2001.
- ANGERMEIER, P. L.; KARR, J R. **Biological integrity versus biological diversity as policy directives: protecting biotic resources.** In: Ecosystem Management. Springer, New York, NY, 1994. p. 264-275.
- ANGONESI, L.G., BEMVENUTI, C.E. & GANDRA, M.S. **Effects of dredged sediment disposal on the coastal marine macrobenthic assemblage in southern Brazil.** Brazilian Journal of Biology. 66: 413–420. 2006.
- ANTHONY, E.J. Environmental Control: Geology and Sediments. In: MASSELINK, G., GEHRELS, R. (Eds). **Coastal Environments and Global Change.** Chichester: Wiley, p. 52-78, 2015.
- ANTONY, E.J.; DUSSOULLEZ, P.; DOLIQUE, F.; BESSET, M.; BRUNIER, G.; NGUYEN, V.L.; GOICHOT, M. **Morphodynamics of an eroding beach and foredune in the Mekong River delta: Implications for deltaic shoreline change.** Continental Shelf Research, v.147, p.155-164, 2017.
- APEL, K., HIRT, H. **Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction.** Annu Rev Plant Biol, v.55, p.373–399, 2004. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141701>. Acesso em 03 jun. 2020.
- ARA, K. **Temporal variability and production of *Temora turbinata* (Copepoda: Calanoida) in the Cananéia Lagoon estuarine system, São Paulo, Brazil.** Scientia Marina, 66(4), 399-406. 2002.

Archie Carr National Wildlife Refuge - ACNWR database. Disponível em: <https://accstr.ufl.edu/>

ASSALA, L. C. B. **Education, communication and sustainable development in coastal regions**. In: Conference on Sustainable Integrated Coastal Management. Maputo, Mozambique, 1999.

ATIENZA, D.; CALBET, A.; SAIZ, E.; LOPES, R.M. **Ecological success of the cladoceran *Penilia avirostris* in the marine environment: feeding performance, gross growth efficiencies and life history**. Marine Biology, 151(4), 1385-1396. 2007.

ATIENZA, D.; SAIZ, E.; SKOVGAARD, A.; TREPAT, I.; CALBET, A. **Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penilia avirostris* (Branchiopoda: Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean)**. Journal of Plankton Research, 30(4), 345-357. 2008.

AU, W. W. L., POPPER, A. N., FAY, R. R. **Hearing by Whales and Dolphins**. New York: Springer, 2000. 485 p.

AU, W. W. L.; HASTINGS, M. C. **Principles of marine bioacoustics**. New York: Springer, 2008. 679 p.

AUTHMAN, M.M.N.; ZAKI, M.S.; KHALLAF, E.A.; ABBAS, H.H. **Use of Fish as Bio-indicator of the Effects of Heavy Metals Pollution**. *Aquaculture Research & Development*, v.6, n. 4, 2015.

AZEVEDO, C. T.; LIMA, J. Y.; AZEVEDO, R. M.; NETO, E. B. S.; TAMY, W. P. T.; BARBOSA, L. A.; LAILSON-BRITO, J.; BOERE, V.; SILVEIRA, L. S. **Thoracic limb bone development in *Sotalia guianensis* (Van Beneden 1864) along the coastline of Espírito Santo, Brazil**. Journal of Mammalogy, v. 96(3), p. 541-551, 2015.

BACHELET, G.; DAUVIN, J.C.; SOBRE, J.C. **Na update checklist of marine and brackish water Amphipoda (Crustacea: Peracarida) of the Southern Bay of Biscay (NE Atlantic)**. Cah. Bop. Mar., 44: 121-151. 2003.

BAKER, J.M. **Growth stimulation following oil pollution, in, The Ecological Effects of Oil on Pollution and Littoral Communities**. E.B. Cowell, (ed.). Institute of Petroleum, London, pp-72-77. 1971.

BALL, M. C. **Ecophysiology of mangroves**. Trees, v. 2, n. 3, p. 129-142, 1988.

BARBIER, E. B.; HACKER, S. D.; KENNEDY, C.; KOCH, E. W.; STIER, A. C.; SILLIMAN, B. R. **The value of estuarine and coastal ecosystem services**. Ecological Monographs, v. 81, n. 2, p. 169-193, 2011.

BARBIER, E. B.; STRAND, I. **Valuing mangrove-fishery linkages - A case study of Campeche, Mexico**. Environmental and Resource Economics, v. 12, p. 151-166, 1998.

BARBOSA, P.M.M.; MENENDEZ, R.M.; PUJONI, D.G.F.; AOKI, A.; BARBOSA, A.R. **Zooplankton (Copepoda, Rotifera, Cladocera and Protozoa: Amoeba Testacea) from natural lakes of the middle Rio Doce basin, Minas Gerais, Brazil.** *Biota Neotropica*, 14(1), 1-20. 2014.

BARREIRO, M.; CHANG, P.; SARAVANAN, R. **Variability of the South Atlantic convergence zone simulated by an atmospheric general circulation model.** *Journal of Climate*, v. 15, n. 7, p. 745-763, 2002.

BARROS, I. P. **Caracterização da contaminação do boto-cinza (*Sotalia guianensis*) da baía de Guanabara por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.** 68 f. (Graduação em Oceanografia). Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BARROSO, G.F., GONCALVES, M.A. & GARCIA, F.C. (2014). **The morphometry of Lake Palmas, a deep natural lake in Brazil.** *PLoS ONE*. 9 (11): e111469.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and the nestedness components of beta diversity. *Gloval Ecology and Biogeography* vol. 19, nº 1, p. 134-143. 2010.

BASTOS, A. C.; OLIVERIA, K. S. S.; FERNANDES, L. F.; PEREIRA, J. B.; DEMONER, L. E.; NETO, R. R., et al. **Monitoramento da Influência da Pluma do Rio Doce após o rompimento da Barragem de Rejeitos em Mariana/MG – Novembro de 2015: Processamento, Interpretação e Consolidação de Dados [online].** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil. 254p. 2017.

BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; MARANGONI, M. B.; D'AGOSTINI, D. P. *et al.* **Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclasticcarbonate shelf on the eastern Brazilian margin.** *Journal of South American Earth Sciences*, n. 63, p. 12, 2015.

BAYEN, S. **Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: a review.** *Environment International*, v. 48, p. 84-101, 2012.

BECKLEY, L.E.; HOLLIDAY, D.; SUTTON, A.L.; WELLER, E.; OLIVAR, M.P. & THOMPSON, P.A. **Structuring of larval fish assemblages along a coastal oceanic gradient in the macro-tidal, tropical eastern Indian Ocean.** *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 161, p. 105-119, 2019.

BEESELY P.L., ROSS, G.J.B., GLASBY, C.J. **Polychaetes & Aliens: The Southern Sysntehsis. Fauna of Australia.** Vol. 4A Polychaeta, Myzostomida, Pogonophora, Euchiura, Sipuncula. CSIRO Publishing: Melbourne. 2000.

BÉJAOU, B.; BEN ISMAIL, S.; OTHMANI, A.; BEN HADJ HAMIDA, O.; CHEVALIER, C.; FEKI, W.; HARZALLAH, A.; BEN HADJ HAMIDA, N.; BOUAZIZ, R.; DAHECH, S.; DIAZ, F.; TOUNSI, K.; SAMMARI, C.; PAGANO, M.; HASSEN, M. **Synthesis review of the Gulf of Gabes (eastern Mediterranean Sea, Tunisia): Morphological, climatic, physical oceanographic, biogeochemical and fisheries features.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219,395-408. 2019.

- BELIAEFF, B.; BURGEOT, T. **Integrated biomarker response: a useful tool for ecological risk assessment.** *Environmental Toxicology and Chemistry* 21: 1316, 2002.
- BELLWOOD, D. R., FULTON C. J. **Sediment-mediated suppression of herbivory on coral reefs: Decreasing resilience to rising sea-levels and climate change?** *Limnology Oceanography*, v. 53, p. 2695–2701, 2008.
- BELTRAME, M. O.; DE MARCO, S. G.; MARCOVECCHIO, J. E. **The burrowing crab *Neohelice granulata* as potential bioindicator of heavy metals in estuarine systems of the Atlantic coast of Argentina.** *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 172, p. 379–389, 2011.
- BEMBE, S.; LIANG, D.; CHUNG, J. S. **Optimal temperature and photoperiod for the spawning of blue crab, *Callinectes sapidus*, in captivity.** *Aquaculture Research*, v. 48, n. 11, p. 5498-5505, 2017.
- BENEDETTI, F.; GASPARINI, S.; AYATA, D., **Identifying copepod functional groups from species functional traits.** *Journal of Plankton Research* 38: 159-166. 2016.
- BERGEY, L. L.; WEIS, J. S. **Aspects of population ecology in two populations of fiddler crabs, *Uca pugnax*.** *Marine Biology*, v. 154, p. 435-442, 2008.
- BERLANDI, R. M., FIGUEIREDO, M.A.O., PAIVA, P.C. **Rhodolith morphology and the diversity of *Polychaetes* off the Southeastern Brazilian Coast.** *J. Coast. Res.* (28) 1: 280-287. 2012.
- BERNINI, E.; SILVA, M. A. B. D.; CARMO, T. M. S. D.; CUZZUOL, G. R. F. **Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil.** *Brazilian Journal of Botany*, v. 29, p. 689-699, 2006.
- BEZERRA Jr., J.L. **Ictioplâncton e ictionêuston como indicadores da qualidade de água do Porto de Suape – PE (Brasil).** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduação em Oceanografia. 107p. 1999.
- BEZERRA, L. E. A.; DIAS, C. B.; SANTANA, G. X.; MATTHEWS-CASCON, H. **Spatial distribution of fiddler crabs (genus *Uca*) in a tropical mangrove of northeast Brazil.** *Scientia marina*, v. 70, n. 4, p. 759-766, 2006.
- BEZERRA, T. N. C.; GENEVOIS, B.; FONSECA-GENEVOIS, V. G. D. **Influência da granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do Istmo de Olinda-PE.** *Oecologia Brasiliensis*, v. 3, n. 1, 1997.
- BHAKUNI, G.; DUBE, B.K.; SINHA, P.; CHATTERJEE, C. **Copper stress affects metabolism and reproductive yield of chickpea.** *J Plant Nutr.*, v.32, p.703–711, 2009. <https://doi.org/10.1080/01904160902743258>. Acesso em 01 jun. 2020.
- BIANCHINI, A.; BASTOS, A. C.; TEIXEIRA, E. C.; CASTRO, E. V.; SANTOS, J. A. D. **RELATÓRIO ANUAL: Anexo 7 – Ictiofauna Dulcícola.** Vitória: Rede Rio Doce Mar, 232 p. 2019.

BIGARELLA, J. J. & G. O. ANDRADE. **Consideração sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)**. UR – ICT. Arquivos, 2. Recife, 1964.

BISI, T.; LEPOINT, G.; AZEVEDO, A.; DORNELES, P.; FLACH, L.; DAS, K.; MALM, O.; LAILSON-BRITO, J. **Trophic relationships and mercury biomagnification in Brazilian tropical coastal food webs**. Ecological Indicators, v.18, p 291–302, 2012.

BLABER, S. J. M. **‘Fish in hot water’: the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries**. Journal of Fish Biology, v. 61, p. 1-20, 2002.

BLACKMORE, G. **Field evidence of metal transfer from invertebrate prey to an intertidal predator, *Thais clavigera* (Gastropoda: Muricidae)**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 51, n. 2, p. 127-139, 2000.

BLACKMORE, G. **Interspecific variation in heavy metal body concentrations in Hong Kong marine invertebrates**. Environmental Pollution, v. 114, n. 3, p. 303-311, 2001.

BLANCHET, H., LAVESQUE, N., RUELLET, T., DAUVIN, J.C., SAURIAU, P.G., DESROY, N., DESCLAUX, C., LECONTE, M., BACHELET, G., JANSON, A.-L., BESSINETON, C., DUHAMEI, S., JOURDE, J., MAYOT, S., SIMON, S., DE MONTAUDOUIN, X., **Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats e implications for the implementation of the European Water Framework Directive**. Ecological Indicators 8: 360-372. 2008

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 286 p.

BOESCH, D.F., ROSENBERG, R. **Response to stress in marine benthic communities**. In: Barret, G.W., Rosenberg, R. (Eds.), Stress Effects on Natural Ecosystems. John Wiley & Sons, New York, pp. 29-41. 1981

BOLLENS, G.R.; LANDRY, M.R. **Biological response to iron fertilization in the eastern equatorial Pacific (IronEx II). II. Mesozooplankton abundance, biomass, depth distribution and grazing**. Marine Ecology Progress Series, 201, 43-56. 2000.

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; COSTA, P.G.; BIANCHINI, A.; BONECKER, S.L.C. **Larval fish assemblages of the coastal area affected by the tailings of the collapsed dam in southeast Brazil**. *Regional Studies in Marine Science*, v. 32. 100848. 2019.

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G. & MONTEIRO-RIBAS, W.M. Ictioplâncton. In: VALENTIN, J.L. (Ed.) **Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Ideal Gráfica e Editora, Brasília, Série Documentos REVIZEE – Score Central: p. 141-159, 2007.

- BORGES, A. C.; DIAS, J. C.; MACHADO, W.; PATCHINEELAM, S. R. **Distribuição espacial de ferro, cobre e chumbo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação na Baía da Guanabara (Estado do Rio de Janeiro).** Química Nova, v. 30, n. 1, p. 66-69, 2007.
- BOURGUIGNON, S.; BASTOS, A.; QUARESMA, V.; VIEIRA, F. *et al.* **Seabed Morphology and Sedimentary Regimes defining Fishing Grounds along the Eastern Brazilian Shelf.** Geosciences, 8, n. 3, p. 91, 2018.
- BRADFORD, J.M., **Distribution of the pelagic copepod *Temora turbinata* in New Zealand coastal waters, and possible trans-tasman population continuity.** New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 11(1), 131-144. 1977.
- BRADLEY, D. L.; STERN, R. Underwater sound and the marine mammal acoustic environment: A guide to fundamental principles. **Report U.S. Marine Mammal Commission.** 2008. 79 p.
- BROCKMANN, C.; DOERFFER, R.; PETERS, M.; STELZER, K.; EMBACHER, S.; RUESCAS, A. **Evolution of the C2RCC neural network for Sentinel 2 and 3 for the retrieval of ocean colour products in normal and extreme optically complex waters.** In Proceedings of the Living Planet Symposium, Prague, Czech Republic, 9–13 May 2016.
- BROWN, A.C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of Sandy Shores.** Amsterdam: Elsevier, 327 p. 1990.
- BRUFORD, M.W.; HANOTTE, O.; BROOKFIELD, J.F.Y.; BURKE, T. Single-locus and DNA fingerprinting. In: HOELZEL, A. R, (ed) Molecular genetic analyses of populations. A Pratical Approach. IRL Press, 225-269p., 1992.
- BUCHMAN, M. F. **NOAA screening quick reference tables,** NOAA Hazmat Report 99-1. Coastal Protection and Restoration Division, Seattle. 1999.
- CABRAL, C.R., GUARIENTO, R.D., FERREIRA, F.C., AMADO, A.M., NOBRE, R.L.G., CARNEIRO, L.S., CALIMAN, A. **Are the patterns of zooplankton community structure different between lakes and reservoirs? A local and regional assessment across tropical ecosystems.** Aquatic Ecology 53, 335-346. 2019
- CAGNIN, R. C. **Geoquímica do arsênio, dos elementos terras raras e dos metais pesados Cr, Zn, Ni e Pb nas plataformas continentais do rio Doce (ES) e de abrolhos (BA).** Tese de Doutorado (Oceanografia Ambiental) — Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 175, 2018.
- CALLISTO, M., FERREIRA, W.R.; MORENO, P., GOULART, M., PETRUCIO, M. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ).** Acta Limnologica Brasiliensia 14, 91-98. 2002
- CAMPANA, S. E. **Chemistry and composition of fish otoliths: pathways: mechanisms and applications.** Marine Ecology Progress Series, v. 188, p. 263–297, 1999.

- CAMPANA, S. E., CHOUINARD, G. A., HANSON, J. M., FRÉCHET, A., BRATTEY, J. **Otolith elemental fingerprints as biological tracers of the fish stocks.** Fisheries Research, v. 46, p. 343–357, 2000.
- CAMPANA, S. E., NEILSON, J. D. **Microstructure of fish otolith.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 42, p. 1014–1032, 1985.
- CAMPOS, C.C.; GARCIA, T.M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; SOARES, M.O., **Ecological indicators and functional groups of copepod assemblages.** Ecological Indicators, 83, 416-426. 2017.
- CAMPOS, E.; LENTINI, C. A.; MILLER, J. L.; PIOLA, A. R. **Interannual variability of the sea surface temperature in the south Brazil bight.** Geophysical Research Letters, Washington, DC, EUA, v. 26, n. 14, p. 2061-2064, 1999.
- CARDOSO, R. S., BARBOZA, C. A., SKINNER, V. B., & CABRINI, T. M. **Crustaceans as ecological indicators of metropolitan sandy beaches health.** Ecological Indicators, v. 62, p. 154-162, 2016.
- CARIGNAN, V.; VILLARD, M. A. **Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 78, p. 45-61, 2002.
- CARMICHAEL, W.W. **Algal toxins.** Advances in Botanical Research, v. 12, p. 47–101, 1986.
- CARMICHAEL, W.W. **The cyanotoxins.** Advances in Botanical Research, v. 27, p. 211–256, 1997.
- CARMONA, C.P., GUERRERO, I., MORALES, M.B., OÑATE, J.J., PECO, B. **Assessing vulnerability of functional diversity to species loss: a case study in Mediterranean agricultural systems.** Funct. Ecol. 31, 427-435. 2017
- CARO, T. **Conservation by proxy: indicator, umbrella, keystone, flagship, and other surrogate species.** Washington: Island Press, 2010.
- CARRERAS, C., GODLEY, B.J., LEO, N.Y.M, HAWKES, L.A., REVUELTA, O., et al. **Contextualising the Last Survivors: Population Structure of Marine Turtles in the Dominican Republic.** PLoS ONE 8(6): e66037. doi:10.1371/ journal. pone. 0066037, 2013.
- CARVALHO, A. P. M.; LIMA, J. Y.; AZEVEDO, C. T.; BOTTA, S.; QUEIROZ, F. F.; CAMPOS, A. S.; BARBOSA, L. A.; SILVEIRA, L. O. **Ossification pattern of Estuarine Dolphin (*Sotalia guianensis*) forelimbs, from the coast of the State of Espírito Santo, Brazil.** Plos one, p. 1-10, 2015.
- CARVALHO, C.E. V.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SOUZA, C.M.M.; RAMOS, R.M.A.; REZENDE, C. E. **Heavy metal distribution in two cetaceans species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 88, n.6, p. 1117–1120, 2008.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. **The South Atlantic convergence zone: Persistence, intensity, form, extreme precipitation, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall.** *Journal of Climate*, v. 17, p. 88-108, 2004.

CASÉ, M. *et. al.* **Plankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 56, p. 1343-1352, 2008.

CASTIGLIONI, D. S.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L.; CARDOSO, R. C. F. **Breeding season and molt cycle of the fiddler crab *Uca rapax* (Brachyura, Ocypodidae) in a subtropical estuary, Brazil, South America.** *Gulf and Caribbean Research*, v. 19, n. 1, p. 11-20, 2007.

CASTILLA, J. C. **Environmental impact in sandy beaches of copper mine tailings at Chañaral, Chile.** *Marine pollution bulletin*, v. 14, n. 12, p. 459-464, 1983.

CASTRO, M. P. **Evolução do Grupo Macaúbas e Formação Salinas no Orógeno Araçuaí Central, MG.** 180 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

CAVERZAN, A., PASSAIA, G., ROSA, S.B., RIBEIRO, C.W., LAZZAROTTO, F., MARGIS-PINHEIRO, M. **Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection.** *Genet. Mol. Biol.*, v. 35, n. 4, p. 1011-1019, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572012000600016>. Acesso em 03 jun. 2020.

CCME - CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. **Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.** Report CCME EPC98E. Prepared by the Technical Secretariat of the Water Quality Guidelines Task Group, Winnipeg, Manitoba. 35 p., 1999.

CEE. **Ichthyoplankton Sampling Program: December 2018 to December 2019.** Technical Report A – Annexure G. 2020.p. 62.

CERQUEIRA, R. **Biogeografia das Restingas.** In: Esteves, F.A. e Lacerda, L.D. (org.). *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. NUPEM (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, p. 65-72, 2000.

CHAO, A., CHIU, C.-H., JOST, L. **Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers.** *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 45, 297-324. 2014

CHEAL, A. J., EMSLIE, M. J., MACNEIL, M. A., MILLER, I., SWEATMAN, H. P. A. **Spatial variation in the functional characteristics of herbivorous fish communities and the resilience of coral reefs.** *Ecological Applications*, v. 23, p. 174–188, 2013.

CHEN, F., WANG, S., MOU, S., AZIMUDDIN, I., ZHANG, D., PAN, X., AL-MISNED, F.A., MORTUZA, M.G. **Physiological responses and accumulation of heavy metals and arsenic of *Medicago sativa***

L. growing on acidic copper mine tailings in arid lands. J. Geochemical Explor. v.157, p.27–35, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2015.05.011>. Acesso em 31 mai. 2020.

CHEW, L. L.; CHONG, V. C., **Response of marine copepods to a changing tropical environment: winners, losers and implications.** PeerJ, 4, e2052. 2016.

CHRISTOFOLETTI, R. A.; HATTORI, G. Y.; PINHEIRO, M. A. A. **Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals.** Hydrobiologia, v. 702, p. 63–72, 2013.

CINTRON, G.; LUGO, A. E.; POOL, D. J.; MORRIS, G. **Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands.** Biotropica, v.10, n. 2, p. 110-121, 1978.

CINTRON, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la Ecología del Mangar.** Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y Caribe, Montevideo, 109 p.1983.

CLAAR, D.C.; MCDEVITT-IRWIN, J.M.; GARREN, M.; THURBER, R.V.; GATES, R.D.; BAUM, J.K. **Increased diversity and concordant shifts in community structure of coral-associated Symbiodiniaceae and bacteria subjected to chronic human disturbance.** Molecular Ecology. DOI: 10.1111/mec.15494. 2020

CLOUGH, B. F. **Primary Productivity and Growth of Mangrove Forests.** Tropical Mangrove Ecosystems, v. 41, p. 225-249, 1992.

COELHO, A. L. N.; GOULART, A. C. O.; BERGAMASCHI, R. B.; TEUBNER JR, F. J. – **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo.** In: Nota Técnica 28. Vitória. Instituto Jones dos Santos Neves. 2012. Disponível em <<http://www.ijsn.es.gov.br/>>. Acesso em: jun. 2020.

COIMBRA, K. T. O.; ALCÂNTARA, E.; DE SOUZA FILHO, C. R. **Possible contamination of the Abrolhos reefs by Fundao dam tailings, Brazil–New constraints based on satellite data.** Science of The Total Environment, p. 138101, 2020.

COLMAN, L. P.; THOMÉ, J. C. A.; ALMEIDA, A. P.; BAPTISTOTTE, C.; BARATA, P. C. R.; BRODERICK, A. C.; RIBEIRO, F. A.; VILA-VERDE, L.; GODLEY, B. J. **Thirty years of leatherback turtle Dermochelys coriacea nesting in Espírito Santo, Brazil, 1988-2017: reproductive biology and conservation.** Endangered Species Research, 39: 147-158, 2019

COLWELL, R.K. & CODDINGTON J.A. **Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation.** Philos Transactions of the Royal Society of London series B-Biological Sciences, v. 345: 101-118 1994.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº 357 de 18 de março de 2005. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. Imprensa Oficial.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº 454 de 8 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. Imprensa Oficial.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA, nº 7 de 23 de julho de 1996. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Imprensa Oficial.

CONLAN, K.E. **Amphipod crustaceans and environmental disturbance. A review**. J. Nat. Hist. 28: 519- 554. 1994.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 7**, de 23 de julho de 1996. Aprova os parâmetros básicos para análise da vegetação de restinga no Estado de São Paulo. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1996. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Imprensa Oficial.

CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R. S.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature, v. 387, p. 253-260, 1997.

CORREIA, A. T, MANSO, S., COIMBRA, J. **Age, growth and reproductive biology of the European conger eel (Conger conger Linnaeus, 1758) from the Atlantic Iberian waters**. Fisheries Research, v.99, p. 196–202, 2009.

CORREIA, A.T., HAMER, P., CAROCINHO, B., SILVA, A. **Evidence for meta-population structure of *Sardina pilchardus* in the Atlantic Iberian waters from otolith elemental signatures of a strong cohort**. Fisheries Research, v. 149, p. 76–85, 2014.

COSTA, E. S.; GRILO, C. F.; WOLFF, G. A.; THOMPSON, A.; FIGUEIRA, R. C. L.; SÁ, F.; R. NETO, R. **Geochemical records in sediments of a tropical estuary (Southeastern coast of Brazil)**. Regional Studies in Marine Science, v. 6, p. 49-61, 2016.

COULL, B. C. **The ecology of the marine meiofauna**. In: HIGGINS, R. P.; THIEL, H. (Eds). Introduction to the Study of Meiofauna. Washington, Smithsonian Institute, p.18-38. 1988.

COUTINHO, M. S. **Diversidade da Macrofauna Bentônica de Praias Arenosas na APA Costa das Algas-ES, Brasil**. Trabalho de conclusão de curso. UFES. Oceanografia. 2013

CRUZ, P.R.; AFFONSO, I.P. & GOMES, L.C. **Ecologia do ictioplâncton: uma abordagem cienciométrica**. Oecologia Australis, v 20, n. 4, p. 436-450, 2016.

CUNHA, H. A.; WATTS, P. C. **Twelve microsatellite loci for marine and riverine tucuxi dolphins (*Sotalia guianensis* and *Sotalia fluviatilis*)**. Molecular Ecology Notes, v. 7, p. 1229–1231, 2007.

CUZZUOL, G. R. F.; CAMPOS, A. **Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil**. Revista Brasileira de Botânica, v. 24, p. 227-234, 2001.

CUZZUOL, G. R. F.; CLIPPEL, J. K. **Ecophysiological aspects of *Sinningia aghensis* Chautens under field conditions**. Hoehnea, v.36, p.73-81, 2009.

- DALE, V.H., BEYELER, S.C. **Challenges in the development and use of ecological indicators**. Ecol. Indicators, v.1, p.3-10, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6). Acesso em 04 jun. 2020.
- DAROS, F. A.; SPACH, H. L.; CORREIA, A. T. **Habitat residency and movement patterns of *Centropomus parallelus* juveniles in a subtropical estuarine complex**. Journal of Fish Biology, p. 1–15, 2016.
- DAUVIN JC, ALIZIER S, WEPPE A, GUDMUNDSSON G. **Diversity and zoogeography of Icelandic deep-sea Ampeliscidae (Crustacea: Amphipoda)**. Deep Sea Research 1(68): 12–23. 2012.
- DAUVIN, J. **The fine sand *Abra alba* community of the Bay of Morlaix twenty years after the Amoco Cadiz oil spill**. Mar. Pollut. Bull, 36: 669-676. 1998.
- DAUVIN, J.-C., ANDRADE, H. DE-LA-OSSA-CARRETERO, J., DEL-PILAR-RUSO, Y., RIERA, R. **Polychaete/amphipod ratios: An approach to validating simple benthic indicators**. Ecological Indicators. 63, 89-99. 2016
- DAUVIN, JEAN-CLAUDE & ANDRADE, HECTOR & DE-LA-OSSA-CARRETERO, JOSE & DEL-PILAR-RUSO, YOANA & RIERA, RODRIGO. **Polychaete/amphipod ratios: An approach to validating simple benthic indicators**. Ecological Indicators, v. 63, pp. 89-99, 10.1016/j.ecolind.2015.11.055. 2016.
- DAVARI, N.; JOURI, M.H.; ARIAPOUR, A. **Comparison of measurement indices of diversity, richness, dominance, and evenness in rangeland ecosystem (case study: Jvaherdeh-Ramesar)**. Journal of Rangeland Science, 2(1), 389-398. 2011.
- DAVID, V.; SAUTOUR, B.; CHARDY, P.; LECONTE, M. **Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: the Gironde estuary (France)**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 64(2-3), 171-184. 2005.
- DE BROYER, C.; CHAPELLE, G.; DUCHESNE, P. A.; MUNN, F.; NYSSSEN, Y.; SCAILTEUR, F.; VAN ROOZENDAEL; DAUBY, P. **Structure and acofunctional biodiversity of the amphipod crustacean benthic taxoxenoses in the Southern Ocean**. In: Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy SPSPD 1: Belgian Scientific Research Programme on the Antarctic, Phase 4 (1997-2001). Scientific Results, 1: Marine Biota Global Change, pp 1-58. 2003.
- DE CAMPOS C.P., MEDEIROS S.R., MENDES J.C., PEDROSA-SOARES A.C., DUSSIN I., LUDKA I.P., DANTAS E. **Cambro-Ordovician magmatism in the Araçuaí Belt (SE Brazil): snapshots from a post-collisional event**. Journal of South American Earth Sciences 68: 248-268. 2016.
- DE PAOLO, D.J.; WASSENBURG, G.J. **Nd Isotopic variations and petrogenetic models**. Geophysical research Letters, 3(5): 249-252. 1976.
- DEAN, H. K. **The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review**. Revista de Biología Tropical. 56: 11–38. 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. Nutrição mineral de plantas.** Viçosa: SBCS, 2006. p. 1-5.

DE-LA-OSSA-CARRETERO, J.A., DEL-PILAR-RUSO, Y., GIMÉNEZ-CASALDUERO, F., SÁNCHEZ-LIZASO, J.L., DAUVIN, J.C. **Sensitivity of amphipods to sewage pollution.** Estuarine, Coastal and Shelf Science 96, 129-138. 2012

DEMOTT, W.R. **Optimal foraging theory as a predictor of chemically mediated food selection by suspension-feeding copepods.** Limnology Oceanography, v. 34, n. 1, p. 140-154, 1989.

DEVIN, S.; BURGEOT, T.; GIAMBÉRINI, L.; MINGUEZ L.; PAIN-DEVIN S. **The integrated biomarker response revisited: optimization to avoid misuse.** Environmental Science and Pollution Research 21: 2448-2454, 2014.

DEXTER, D.M. **Natural history of the Pan-American sandbeach isopod Excirolanabraziliensis (Crustacea: Malacostraca).** J Zool Lond v.183, p. 103–109, 1977.

DHIR, B., NASIM, S.A., SAMANTARY, S., SRIVASTAVA, S. **Assessment of Osmolyte Accumulation in Heavy Metal Exposed Salvinia natans.** Int. J. Botany, v.8 p.153-158, 2012. <https://doi.org/10.3923/ijb.2012.153.158>. Acesso em 04 jun. 2020.

DI BENEDITTO, A.P.M.; RAMOS, R.M.A. **Biology of the marine tucuxi dolphin (Sotalia fluviatilis) in southeastern Brazil.** Journal of Marine Biological Association United Kingdom. 84, p. 1245–1250. 2004.

DI DOMENICO, M. **Poliquetas intersticiais de praias arenosas do Paraná e Santa Catarina, Brasil.** Dissertação de Mestrado. UFPR. 138p. 2007.

DI FRANCO, A., DE BENEDETTO, G., DE RINALDIS, G., RAVENTOS, N., SAHYOUN, R., GUIDETTI, P. **Large scale-variability in otolith microstructure and microchemistry: The case study of Diplodus sargus sargus (Pisces: Sparidae) in the Mediterranean Sea.** Italian Journal of Zoology, v. 78, n. 2, p.182–192, 2011.

DICKIN A.P. **Radiogenic Isotope Geology.** Cambridge University Press, New York. 2005.

DIELE, K.; KOCH, V. **Growth and mortality of the exploited mangrove crab Ucides cordatus (Ucididae) in N-Brazil.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 395, n. 1-2, p. 171-180, 2010.

DIETL, G.P.; DURHAM, S.R.; SMITH, J.A.; TWEITMANN, A. **Mollusk Assemblages As Records of Past and Present Ecological Status.** Front. Mar. Sc. 3, 169. 2016.

DINSMORE, P. C.; SILVEIRA NETO, F. **Gerenciamento de Projetos como gerenciar se projeto com qualidade, dentro do prazo e custos previstos.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

- DORAK, Z. **Zooplankton abundance in the lower Sakarya River Basin (Turkey): Impact of environmental variables.** Journal Black Sea/Mediterranean Environment, 19, 1-22. 2013.
- DORNELES, P. R.; LAILSON-BRITO, J.; SECCHI, E. R.; BASSOI, M.; LOZINSKY, C. P. C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. **Cadmium concentration in Franciscana dolphin (*Pontoporia blainvillei*) from South Brazilian coast.** Brazilian Journal of Oceanography, v. 55, n. 3, p. 179–186, 2007.
- DOYLE, J. J., DOYLE J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. – **Phytochemical Bulletin**, 19: 11–15, 1987.
- DRECHSEL, P.; ZECH, W. **Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: a tabular review.** Plant and soil, v. 131, n. 1, p. 29-46, 1991.
- DUARTE, L. F. A.; SOUZA, C. A.; PEREIRA, C. D. S.; PINHEIRO, M. A. A. **Metal toxicity assessment by sentinel species of mangroves: In situ case study integrating chemical and biomarkers analyses.** Ecotoxicology and environmental safety, v. 145, v. 367-376, 2017.
- DUKE, E.M. **Large inter-annual variability of spawning in San Diego's protected areas captured by molecular identification of fish eggs.** Thesis Master of Science. University of California. San Diego, p. 29, 2018. Acessado em 29/06/2020.
- DUQUE, G. & ACERO, P. **Food Habits of *Anchovia clupeioides* (Pisces: Engraulidae) in the Cienaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean.** Gulf of Mexico Science, v. 1: 1-9 2003.
- DUSSIN, I.A.; DUSSIN T.M. **Supergrupo Espinhaço modelo de evolução geodinâmica.** Geonomos 3, 19-26. 1995.
- DUTTON, P. H.; RODEN, S. E.; STEWART, K. R.; LACASELLA, E.; TIWARI, M.; FORMIA, A.; THOMÉ, J. C.; LIVINGSTONE, S. R.; ECKERT, S.; CHACON-CHAVERRI, D.; RIVALAN, P.; ALLMAN, P. **Population stock structure of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in the Atlantic revealed using mtDNA and microsatellite markers.** Conservation Genetics, 14: 625-636, 2013.
- EGLOFF, D.A.; FOFONOFF, P.W.; ONBÉ, T., **Reproductive biology of marine cladocerans.** Advanced Marine Biology, 31, 79-168. 1997.
- EKANAYAKE, E. M. L., KAPURUSFINGHE, T., SAMAN, M. M., RATTHNAKUMARA, D. S., SAMARAWEERA, P. & RAJAKARUNA, R. S. **Genetic diversity of the green turtle (Testudines: Cheloniidae: *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758)) population nesting at Kosgoda Rookery, Sri Lanka.** Journal of Threatened Taxa, 9: 10261-10268, 2017.
- EMÍLSON, I. **The shelf and coastal waters off Southern Brazil.** Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 17(2):101-112. 1961.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 3051A. **Microwave Asst Acid Digestion Sediments/Soil/Oil**. United States Environmental Protection Agency, SW-846 Ch 3.2, 01 de janeiro. 1998.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Near Coastal Program Plan for 1990: Estuaries**. EPA/600/4-90/033, November. 1990.

FABRIS, L.C. 1995. **Composição florística e fitossociológica de uma faixa de floresta arenosa litorânea do Parque Estadual de Setiba, Município de Guarapari, ES**. Dissertação de Mestrado. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Valuing Coastal: Ecosystems as Economic Assets**. UNEP 2016.

FARNSWORTH, E. J. **Issues of spatial, taxonomic and temporal scale in delineating links between mangrove diversity and ecosystem function**. Global Ecology and Biogeography Letters, v. 7, p. 15-25, 1998.

FARNSWORTH, E. **The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds**. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 31, p. 107-138, 2000.

FASANI, E. **Plants that hyperaccumulate heavy metals**. In: FURINI A. (eds) Plants and Heavy Metals. Springer Briefs in Molecular Science. Springer, Dordrecht. 2012. p. 55-74.

FAURE, G. **Principles Of Isotope Geology**. John Wiley& Sons, United States, P.588, 1986.

FENG, J.P., SHI, Q.H., WANG, X.F. **Effects of exogenous silicon on photosynthetic capacity and antioxidant enzyme activities in chloroplast of cucumber seedlings under excess manganese**. Agric. Sci. China, v.8, p.40–50, 2009. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60007-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60007-9). Acesso em 29 mai. 2020.

FERNANDES M.L.S.; MARCIANO, V.R., OLIVEIRA, R.C., NEVES, J.C.; DILÁSCIO, M.V. **Granitos borrachudos: um exemplo de granitogênese anorogênica na porção central do estado de Minas Gerais**. Geonomos 2(2). 1994.

FERNANDES, R.; SOARES-GOMES, A. **Community structure of macrobenthos in two tropical sandy beaches with different morphodynamic features**, Rio de Janeiro, Brazil. Marine Ecology, v. 27, p. 160 – 169, 2006.

FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, V., SANTOS, C.S.G. & PIRES, A.P.F. **Meta-analysis of the effects of organic matter on polychaetes of the east coast of South America**. Marine Environmental Research. 149: 148–156. 2019.

FERREIRA, W. R.; PAIVA, L. T.; CALLISTO, M. **Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed**. Brazilian Journal of Biology. 71(1): 15-25, 2011.

FIGUEIREDO, J. A.; COSTA, E. S.; MILÁN, E.; BARROSO, G. F.; NETO, R. R. **Nutrientes Limitantes e as Relações Orgânicas e Inorgânicas Entre o Fósforo, Nitrogênio e Silício no Sistema Pelágico da Bacia do Espírito Santo e Porção Norte da Bacia de Campos – ES, Brasil.** *Geochimica Brasiliensis*, vol. 30 (2), pag. 95 -111. 2016.

FINGERMAN, M.; JACKSON, N. C.; NAGABHUSHANAM, R. **Hormonally-regulated functions in crustaceans as biomarkers of environmental pollution.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, v. 120, n. 3, p. 343-350, 1998.

FIRMO, A. M. S. **Etnoecologia da Comunidade de Catadores de Caranguejo de Mucuri, Bahia.** Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

FODOR R.V.; MUKASA, S.B.; GOMES C.B.; CORDANI U.G. **Ti-rich Eocene basaltic rocks, Abrolhos Plataforma, Offshore Brazil, 18°S: petrology with respect to South Atlantic magmatism.** *Journal of Petrology* 30(3), 763-786. 1988.

FONSECA, E.; NETO, J.; SILVA, C. **Heavy metal accumulation in mangrove sediments surrounding a large waste reservoir of a local metallurgical plant, Sepetiba Bay, SE, Brazil.** *Environ. Earth Sci.*, v. 70, p.643–650, 2012. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-2148-3>. Acesso em 03 jun 2020.

FORD, A. T.; FERNANDES, T. F.; READ, P. A.; ROBINSON, C. D.; DAVIES, I. M. **The costs of intersexuality: a crustacean perspective.** *Marine Biology*, v. 145, p. 951-957, 2004a.

FORD, A. T.; FERNANDES, T. F.; RIDER, S. A.; READ, P. A.; ROBINSON, C. D.; DAVIES, I. M. **Endocrine disruption in a marine amphipod? Field observations of intersexuality and demasculinisation.** *Marine Environmental Research*, v. 58, p. 169-173, 2004b.

FRAGA, N.; FORMIGONI, M.H; CHAVES, F.G. **Fauna e flora ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo.** 1ed. Santa Tereza, ES: Instituto Nacional da Mata Atlântica, v. 1, 432 p., 2020.

FRANÇA, M. C.; ALVES, I. C. C; CASTRO, D. F.; COHEN, M. C. L.; ROSSETTI, D. F.; PESSENDA, L. C. R.; LORENTE, F. L.; FONTES, N. A.; BUSO JUNIOR, A. A.; GIANNINI, P. C. F.; FRANCISQUINI, M. I. **A multi-proxy evidence for the transition from estuarine mangroves to deltaic freshwater marshes, Southeastern Brazil, due to climatic and sea-level changes during the late Holocene.** *Catena*, Amsterdã, v. 128, p. 155-166, 2015.

FRANÇA, M. C.; COHEN, M. C.; PESSENDA, L. C.; ROSSETTI, D. F.; LORENTE, F. L.; BUSO JUNIOR, A. Á. B.; GUIMARÃES, J. T. F.; FRIAS, Y.; MACARIO, K. **Mangrove vegetation changes on Holocene terraces of the Doce River, southeastern Brazil.** *Catena*, v. 110, p. 59-69, 2013.

FRANCIS, R. I. C. C., CAMPANA, S.E. **Inferring age from otolith measurements: a review and a new approach.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. v.61, p. 1269–1284, 2004.

- FRANCO, A. C.; MATSUBARA, S.; ORTHEN, B. **Photoinhibition, carotenoid composition and the co-regulation of photochemical and non-photochemical quenching in neotropical savanna trees.** *Tree Physiology*, v. 27, p. 717-725, 2007.
- FRIAS-TORRES, S. BARROSO, P. EKLUND, A. M., SCHULL, J., SERFY, J. E. **Activity pattern softreejuvenil egoliath grouper, *Epinephelus itajara*, in a mangrove nursery.** *Bulletin of Marine Science*, v. 80, n. 3, p. 587–594, 2007.
- FURUKAWA, K.; WOLANSKI, E.; MUELLER, H. **Currents and sediment transport in mangrove forests.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 44, p. 301-310, 1997.
- GAONKAR, T., NAYAK, P. K., GARG, S., BHOSLE, S. **Siderophore-producing bacteria from a sand dune ecosystem and the effect of sodium benzoate on siderophore production by a potential isolate.** *Sci. World J.* v.3, p.857249, 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/857249>. Acesso em 04 jun. 2020.
- GARCÍA-ÁLVAREZ, N.; BOADA, L. D.; FERNÁNDEZ, A.; ZUMBADO, M.; ARBELO, M.; SIERRA, E.; XURIACH, A.; ALMUNIA, J.; CAMACHO, M.; LUZARDO, O. P. **Assessment of the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine contaminants in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Eastern Atlantic Ocean.** *Marine Environmental Research*, v.100, p.48-56. 2014.
- GARZOLI, S. L.; MATANO, R. **The South Atlantic and the Atlantic meridional overturning circulation.** *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, v. 58, n. 17-18, p. 1837-1847, 2011.
- GAUTAM, A., KUMAR, N., DUBEY, A.K., RANJAN, R., SAHU, N., BEHERA, S.K., SHAH, K., TRIPATHI, R.D., MALLICK, S. **Sucrose plays key role in amelioration of arsenic induced phytotoxicity through modulating phosphate and silicon transporters, physiological and biochemical responses in C3 (*Oryza sativa* L.) and C4 (*Zea mays* L.).** *Environ. Exp. Bot.*, v.171, p.103930, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103930>. Acesso em 04 jun. 2020.
- GEFFEN, A. J., NASH, R. D. M., DICKEY-COLLAS, M. **Characterization of herring populations West of the British Isles: an investigation of mixing based on otolith microchemistry.** *ICES Journal of Marine Science*, v. 68, n. 7, p. 1447–1458, 2011.
- GELLER, W. E MÜLLER, H. **The Filtration Apparatus of Cladocera: Filter Mesh-Sizes and their Implications on Food Selectivity.** *Oecologia*, v. 49, p. 316-321, 1981.
- GERHARDT A. **Bioindicator species and their use in biomonitoring. Environmental monitoring I. Encyclopedia of life support systems.** UNESCO ed. Oxford (UK): Eolss Publisher. 2002.
- GHESKIERE, T. et al. **Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches.** *Marine environmental research*, v. 60, n. 2, p. 245-265, 2005.

- GIAM, X., OLDEN, J. D., & SIMBERLOFF, D. **Impact of coal mining on stream biodiversity in the US and its regulatory implications.** *Nature Sustainability*, 1(4), 176-183, 2018.
- GIANGRANDE, A., LICCIANO, M. & MUSCO, L. **Polychaetes as environmental indicators revisited.** *Marine Pollution Bulletin*. 50: 1153–1162. 2005.
- GILLET, P., SURUGIU, V., VASILE, R., METAIS, I., MOULOU, M. & SIMO, P. **Preliminary data on population dynamics and genetics of *Alitta succinea* (Polychaeta: Nereididae) from the Romanian coast of the Black Sea.** *Italian Journal of Zoology*. 78: 229–241. 2011.
- GILLOOLY, JF. **Effect of body size and temperature on generation time in zooplankton.** *Journal of Plankton Research*, 22 (2): 241–251. 2000.
- GLIWICZ, Z.M., LAMPERT, W. **Food thresholds in *Daphnia* species in the absence and presence of blue-green filaments.** *Ecology*, v. 7, p. 691–702. 1990.
- GLIWICZ, Z.M., SIEDLAR, E. **Food size limitation and algae interfering with food collection in *Daphnia*.** *Archiv fur Hydrobiologie*, v. 88, p. 155-177, 1980.
- GOLDER ASSOCIATES. **Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da barragem de Fundão.** RT-023_159_515_2282_00-J, 2016a.
- GOLDER ASSOCIATES. **Rompimento da barragem de Fundão – Programa de caracterização geoquímica de rejeitos e sedimentos.** RT-008-159-515-2282_02-B, 2016b.
- GOLDSTEIN, S.J.; JACOBSEN, S.B. **Nd And Sr Isotopic Systematics Of River Suspended Material: Implications For Crustal Evolution.** *Earth Planet. Sci. Lett*, V. 87, P. 249–265, 1988.
- GOMES, J. B. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. **Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n.1, p. 137-153, 2004.
- GOMES, L. E. D. O et al. **The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil.** *Marine pollution bulletin*, v. 120, n. 1-2, p. 28-36, 2017
- GOMES, L. E. O.; CORREA, L. B.; SÁ, F.; NETO, R. R.; BERNARDINO, A. F. **The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 120, p. 28-36, 2017.
- GONÇALVES, E.M.; LANA, P.C. **Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental dos Estados de São Paulo e Paraná (24 S - 27 S).** *Nerítica*. 6: 73–92. 1991.
- GONÇALVES, L., ALKMIM, F., PEDROSA-SOARES, A.C., DUSSIN, I.A., VALERIANO, C.M., LANA, C., TEDESCHI, M.F. **Granites Of The Intracontinental Termination Of A Magmatic Arc: An Example From The Ediacaran Araçuaí Orogen, Southeastern Brazil.** *Gondwana Res.*, 2015.

- GONÇALVES, M. A., GARCIA, F. C. & BARROSO, G. F. **Morphometry and mixing regime of a tropical lake: Lake Nova (Southeastern Brazil)**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 88(3): 1341-1356. 2016
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em ecologia**. Artmed, 2011. 528p.
- GRANT, J. **Dynamics of competition among estuarine sand-burrowing amphipods**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 49: 255-265. 1981b.
- GRANT, J. **Factors affecting the occurrence of intertidal amphipods in reducing sediments**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 49: 203-216. 1981a.
- GRAY, J.S., MCINTYRE, A.D., STIRN, J. **Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part II. Biological Assessment of Marine Pollution with Particular Reference to Benthos**. FAO Fisheries Technical Paper Number 324. United Nations Food and Agricultural Organization, Rome.1992
- GRILO, C. F.; CHASSAGNE, C.; QUARESMA, V. D. S.; VAN KAN, P. J. M.; BASTOS, A. C. **The role of charge reversal of iron ore tailing sludge on the flocculation tendency of sediments in marine environment**. Applied Geochemistry, v. 117, p. 104606, 2020.
- GRILO, C. F.; QUARESMA, V. d. S.; AMORIM, G. F. L.; BASTOS, A. C. **Changes in flocculation patterns of cohesive sediments after an iron ore mining dam failure**. Marine Geology, 400, p. 1-11, 2018.
- GROUSSET, F.E.; BISCAYE, P.E. **Tracing dust sources and transport patterns using Sr, Nd and Pb isotopes**. Chemical Geology, V. 222, P.49– 167, 2005.
- GUERRA, A.; LEITE, N.; MARQUES, J. C.; FORD, A. T.; MARTINS, I. **Predicting the variation in Echinogammarus marinus at its southernmost limits under global warming scenarios: Can the sex-ratio make a difference?** Science of the Total Environment, v. 466, p. 1022-1029, 2014.
- GUPTA, D. K.; NICOLOSO, F. T.; SCHETINGER, M. R. C.; ROSSATO, L. V.; PEREIRA, L. B.; CASTRO, G. Y.; SRIVASTAVA, S.; TRIPATHI R. D. **Antioxidant defense mechanism in hydroponically grown Zea mays seedlings under moderate lead stress**. Journal of Hazardous Materials, v. 172, p. 479-484, 2009.
- GUTIÉRREZ, J.C.; PONCE-PALAFOX, J.T.; PINEDA-JAIMES, N.B.; ARENAS-FUENTES, V.; ARREDONDO-FIGUEROA, J.L.; CIFUENTES-LEMUS, J.L, **The Feeding Ecology of Penaeid Shrimp in Tropical Lagoon-Estuarine Systems**. Gayana, 80(1), 16-28. 2016.
- GYEDU-ABABIO, T. K. et al. **Nematodes as indicators of pollution: a case study from the Swartkops River system, South Africa**. Hydrobiologia, v. 397, p. 155-169, 1999.
- HADLICH, G. M.; UCHA, J. M. **Apicuns: aspectos gerais, evolução recente e mudanças climáticas globais**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 10, n. 2, 2009.

- HAINES, E. B.; MONTAGUE, C. L. **Food sources of estuarine invertebrates analyzed using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios.** Ecology, v. 60, n. 1, p. 48-56, 1979.
- HAIRSTON, N.G.JR., CÁCERES, C.A., **Distribution of crustacean diapauses: micro and macroevolutionary pattern and process.** Hydrobiologia, 320, 27-44. 1996.
- HAJAR, E.W.I., SULAIMAN, A.Z. BIN, SAKINAH, A.M.M. **Assessment of heavy metals tolerance in leaves, stems and flowers of *Stevia rebaudiana* plant.** Procedia Environ. Sci., v.20, p.386–393, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.049>. Acesso em 31 maio 2020.
- HAMILTON, L. S.; SNEDAKER, S. C. **Handbook for mangrove area management.** Honolulu: East-West Environment and Policy Institute, 1984.
- HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.** Palaeontologia Electronica, vol. 4, nº 1, p. 1-9, 2001.
- HANCOCK, J. M., VIEIRA, S., TARAVEIRA, L., SANTOS, A., SCHMITT, V., SEMEDO, A., PATRÍCIO, A. R., FERRAND, N., GONÇALVES, H. & SEQUEIRA, F. **Genetic characterization of green turtles (*Chelonia mydas*) from São Tomé and Príncipe: Insights on species recruitment and dispersal in the Gulf of Ginea.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 518: 151-181, 2019
- HANSER, J. E; ELIAS, E.; BARNARD, P. L. **Changes in surfzonemorphodynamics driven by multi-decadal contraction of a large ebb-tidal delta.** Marine Geology, v.345 p. 221-234, 2013.
- HÄRDLE, W. K.; SIMAR, L. **Applied Multivariate Statistical Analysis.** Berlin: Springer, 2011. 581p.
- HART, B.H. AND S.L.H. FULLER. **Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates.** Academic Press, New York, 406p. 1979.
- HATJE, V.; PEDREIRA, R.M.; DE REZENDE, C.E.; SCHETTINI, C.A.F.; DE SOUZA, G.C.; MARIN, D.C.; HACKSPACHER, P.C. **The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide.** Scientific reports, 7(1), 10706. 2017.
- HAYAT, S., HAYAT, Q., ALYEMENI, M.N., WANI, A.S., PICHTTEL, J., AHMAD, A. **Role of proline under changing environments.** Plant Signal. Behav. v.7, p.1-11, 2012. <http://dx.doi.org/10.4161/psb.21949>. Acesso em 03 jun. 2020.
- HEEGARD, E.; BIRKS, H.H.; GIBSON, C.E.; SMITH, S.J.; WOLFEMURHY, S. **Species-environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland.** Aquat. Bot., vol. 70, nº 3, p. 175-223, 2001.
- HEIDARIEH, M.; MARAGHEH, M. G.; SHAMAMI, M. A.; BEHGAR, M.; ZIAEI, F.; AKBARI, Z. **Evaluate of heavy metal concentration in shrimp (*Penaeus semisulcatus*) and crab (*Portunus pelagicus*) with INAA method.** Springer Plus, v. 2, n. 1, p. 72, 2013.

- HERNANDEZ Jr., F.J.; POWERS, S.P. & GRAHAM, W.M. **Seasonal variability in ichthyoplankton abundance and assemblage composition in the northern Gulf of Mexico off Alabama.** *Fishery Bulletin*, v.108, n. 2, p. 193-207, 2010.
- HILL, B.H., HERLIHY, A.T., KAUFMANN, P.R., DECELLES, S.J., BORGH, M.A.V. **Assessment of streams of the eastern United States using a periphyton index of biotic integrity.** *Ecological Indicators* 2, 325-338. 2003
- HILL, B.H., HERLIHY, A.T., KAUFMANN, P.R., STEVENSON, R.J., MCCORMICK, F.H., JOHNSON, C.B. **Use of periphyton assemblage data as an index of biotic integrity.** *Journal of North American Benthological Society*. 19, 50-67. 2000.
- HINDELL, J. S.; JENKINS, G. P. **Spatial and temporal variability in the assemblage structure of fishes associated with mangroves (*Avicennia marina*) and intertidal mudflats in temperate Australian embayments.** *Marine Biology*, v.144, p.385-395, 2004.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil.** Circular. California agricultural experiment station, v. 347, n. 2nd edit, 1950.
- HOHN, A. et al. **Growth layers in teeth from known-age, free-ranging bottlenose dolphins.** *Marine Mammal Science*, v. 5, n. 4, p. 315-342, 1989.
- HOLT EA.; MILLER SW. **Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts.** *Nature*.3 (10):8–13. 2010.
- HOOVER, R.S.; HOOVER, D.; MILLER, M.; LANDRY, M.R.; DECARLO, E.H.; MACKENZIE, F.T. **Zooplankton response to storm runoff in a tropical estuary: bottom-up and top-down controls.** *Marine Ecology Progress Series*, 318, 187-201. 2006.
- HOSTIM-SILVA, M., LIMA, A. C., SPACH, H. L., PASSOS, A. C., SOUZA, J. D. **Estuarine demersal fish assemblage from a transition region between the tropics and the subtropics of the South Atlantic.** *Biotemas*, v. 26, n. 3, p. 153-161, 2013.
- HSIEH, H.Y. & LO, W.T. **Mesoscale distribution and assemblage structure of fish larvae in the Kuroshio waters off eastern Taiwan.** *Marine Biodiversity*, v.49, p. 1971-1986, 2019.
- IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de geomorfologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil.** IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro. 176 p. 2011.
- ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Atlas dos Manguezais do Brasil.** Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

INCERA, M., LASTRA, M., LÓPEZ. J. **Effects of swash climate and food availability on sandy beach macrofauna along the NW coast of the Iberian Peninsula**. Marine Ecology Progress Series, v. 314, p. 25-33, 2006.

INCERA, M., LASTRA, M., LÓPEZ. J. **Effects of swash climate and food availability on sandy beach macrofauna along the NW coast of the Iberian Peninsula**. Marine Ecology Progress Series, v. 314, p. 25-33, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Tempestade Tropical “Iba”, 2019**. Nota. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília, 24 de março de 2019.

IUCN - INTERNACIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/17978/0>>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

JACKSON, D. W. T.; COOPER, J. A. G. **Geological control on beach form: accommodation space and contemporary dynamics**. Journal of Coastal Research Special Issue No. 56. Proceedings of the 10th International Coastal Symposium ICS , Vol. I (2009), pp. 69-72, p. 69-72, 2009.

JEFFREY, S.W.; MANTOURA, R.F.C; WRIGHT, S.W. **Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods**. Unesco Publishing, 2005.

JEYARAJ, N.; SANTHANAM, P. Influence of algal diet on population density, egg production and hatching succession of the calanoid copepod *Paracalanus parvus* (Claus, 1863). Journal of Algal Biomass Utilization, 4, 1-8. 2013.

JIN, Z.; LI, J.; LI, Y. **Interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and copper stress on flowering phenology and reproduction of Elsholtzia splendens**. PloS one, v. 10, n.12, p.5, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145793>. Acesso em 01 jun. 2020.

JOHANSEN, J. L., JONES, G. P. **Sediment-induced turbidity impairs foraging performance and prey choice of planktivorous coral reef fishes**. Ecological Applications, v. 23, p. 1504–1517, 2013.

JOHNSON E.S., BONJEAN F., LAGERLOEF G.S.E., GUNN J.T., MITCHUM, G.T. **Validation and error analysis of OSCAR Sea surface currents**. J Atmos Ocean Technol 24:688–701. 2007.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Madison: Prentice Hall International, 1998. 816 p.

JOHNSTON, E.L.; ROBERTS, D.A., **Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities: a review and meta-analysis**. Environmental Pollution, 157(6), 1745-1752. 2009.

JONAS, P.J.C.; MILLWARD, G.E. **Metals and nutrients in the Severn Estuary and Bristol Channel: contemporary inputs and distributions**. Marine Pollution Bulletin, 61, pp. 52-67. 2010.

JORDÃO, J. C.; BONDIOLI, A. C. V.; ALMEIDA-TOEDO, L. F.; BILO, K.; BERZINS, R.; MAHO, Y. L.; CHEVALLIER, D.; THOISY, B. **Mixed-stock analysis in green turtles *Chelonia mydas*: mtDNA**

decipher current connections among west Atlantic populations. Mitochondrial DNA, 28: 197-207, 2015.

JOSHI, G. V.; BHOSALE, L. J. **Estuarine ecosystem of India.** In: Contributions to the Ecology of Halophytes. Springer, Dordrecht, 1982. p. 21-33.

JUCOSKI, O. G.; CAMBRAIA, J.; RIBEIRO, C.; DE OLIVEIRA, J. A.; PAULA, S. O.; OLIVA, M. A. **Impact of iron toxicity on oxidative metabolism in young *Eugenia uniflora* L. plants.** Acta Physiologiae Plantarum, v. 35, p. 1645-1657, 2013.

JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. **Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados.** Acta Limnologica Brasiliensia. 12: 73-87, 2000.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soil and Plants.** CRC Press, Boca Raton, 2011. 448 p.

KALAJI, H.M., RASTOGI, A., ŽIVČÁK, M., BRESTIC, M., DASZKOWSKA-GOLEC, A., SITKO, K., ALSHARAF, K.Y., LOTFI, R., STYPIŃSKI, P., SAMBORSKA, I.A., CETNER, M.D., **Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors.** Photosynthetica, v.56, p.953–961, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0766-z>. Acesso em 31 mai. 2020.

KANE, D. D, *et al.* **The Planktonic Index of Biotic Integrity (P-IBI): An approach for assessing lake ecosystem health.** Ecological Indicators, v.9, p. 1234–1247, 2009.

KATHIRESAN, K., BINGHAM, B.L. **Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems.** Adv. Mar. Biol. 40: 81-251. 2001.

KAVANI, K., KAPOOR, D. **Functions of Osmolytes In Heavy Metal Stress Amelioration.** Think India J., v.22, n.16, p.1467-1471, 2019. <https://journals.eduindex.org/index.php/think-india/article/view/14071>. Acesso em 04 06 2020.

KEHRIG, H.A.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SEIXAS, T.G.; PINHEIRO, A.B.; DI BENEDITTO, A.P.M., **Mercury species, selenium, metallothioneins and glutathione in two dolphins from the southeastern Brazilian coast: mercury detoxification and physiological differences in diving capacity.** Environmental Pollution, v. 213, 785-792, 2016.

KEHRIG, H.A.; SEIXAS, T.G.; PALERMO, E.A.; DI BENEDITTO, A.P.M.; SOUZA, C.M.M.; MALM, O. **Different species of mercury in the livers of tropical dolphins.** Analytical Letters, Monticello, v.41, p.1691-1699, 2008.

KERFOOT, W.C., *et al.*, **Daphnia–phytoplankton interactions: density-dependent shifts in resource quality.** Ecology, v. 69, p. 1806-1825, 1988.

- KERSHAW, J. L., HALL, A. J. **Mercury in cetaceans: Exposure, bioaccumulation and toxicity**. Sci. Total Environ. 694, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133683>. 2019.
- KIBBLEWHITE, A. C. Attenuation of sound in marine sediments: A review with emphasis on the new low frequency data. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 86, n. 2, p. 716-738, 1989.
- KIDWELL, S.M. **Discordance between living and death assemblages as evidence for anthropogenic ecological change**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 104 (45). 2007.
- KNOX, G.A. **The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities**. In: Reish, D. & Fauchald, C, Essays on polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman. Los Angeles, Allan Hancock Foundation. 1977.
- KOENIG, C. C.; COLEMAN, F. C.; EKLUND, A. M.; SCHULL, J.; UELAND, J. **Mangroves as essential nursery habitat for goliath grouper (*Epinephelus itajara*)**. Bulletin of Marine Science, 80(3), 567-585, 2007.
- KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S. **Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil**. Iheringia, 96(1), 31-39. 2006.
- KREBS, J. M., BELL, S. S., McIVOR, C. C. **Assessing the Link Between Coastal Urbanization and the Quality of Nekton Habitat in Mangrove Tidal Tributaries**. Estuaries and Coasts, v.37, p.832–846, 2014.
- KUMAR, V., SHARMA, A., DHUNNA, G., CHAWLA, A., BHARDWAJ, R., THUKRAL, A. K. **A tabulated review on distribution of heavy metals in various plants**. Environ Sci Pollut R, v.24, n.3, p.2210-2260, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-7747-1>. Acesso em 03 jun. 2020.
- KUNITO, T.; NAKAMURA, S.; IKEMOTO, T.; ANAN, Y.; KUBOTA, R.; TANABE, S.; ROSAS, F. C.; FILLMANN, G.; READMAN, J. W. **Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast**. Marine Pollution Bulletin, Kidlington, Oxon, v.49, p. 574-587, 2004.
- LACERDA, L. D. **Pesquisas brasileiras sobre ciclagem de nutrientes em ecossistemas costeiros: identificação de prioridades**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 1, p. 3-27, 1986.
- LACOU, P. & FREEMAN, B. **Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems**. Environ. Rev. 14(2): 89-136. 2006.
- LAILSON-BRITO Jr. J., AZEREDO, M. A. A., MALM, O., RAMOS, R. A., DI BENEDITTO, A. P. M., SALDANHA, M. F. C. **Trace Metals in Liver and Kidney of the Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) from the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil**. LAJAM. 1. 107-114, 2002.

LAILSON-BRITO, J. et al. **High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations.** Environ. Pollut., v.158, p.1800–1808, 2010.

LAILSON-BRITO, J. et al. **Mercury-Selenium relationships in liver of Guiana Dolphin: The possible role of Kupffer cells in the detoxification process by Tiemannite formation.** PLoS ONE, v. 7, n. 7, p. 1–10, 2012a.

LAILSON-BRITO, J. et al. **Organochlorine compound accumulation in delphinids from Rio de Janeiro State, Southeastern Brazilian coast.** Science of the Total Environment, v. 433, p. 123-131, 2012b.

LAL, P. N. **Conservation or conversion of mangroves in Fiji: an ecological economic analysis.** Environment and Policy Institute East-West Center, 1990.

LAL, P. N.; DIXON, J. A. **The management of coastal wetlands: economic analysis of combined ecologic-economic systems.** Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, Canberra. Mimeo, 1990.

LALIBERTE, E., LEGENDRE, P. **A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits.** Ecology 91, 299-305. 2010.

LAMBECK, R. J. **Focal Species: A Multi-Species Umbrella for Nature Conservation: Especies Focales: Una Sombrilla Multiespecífica para Conservar la Naturaleza.** Conservation Biology, v. 11, p. 849-856, 1997.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG.** Tradução: HERMANN Kux. 1 ed. Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

LANSAC-TÔHA, F.A., BONECKER, C.C., VELHO, L.F.M., SIMÕES, N.R., DIAS, J.D., ALVES, G.M. AND TAKAHASHI, E.M., **Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies.** Braz. J. Biol. 69, 539–49. 2009.

LARA-LOPEZ, A.; HINCHLIFFE, C.; SUTHERS, I.M.; RICHARDSON, A.J. & MATIS, P.A. **Temporal and spatial changes in larval fish.** State and Trends of Australia's Ocean Report, 2020.

LAVRADO H. P.; IGNACIO B. L. **Biodiversidade bentônica da costa central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Programa REVIZEE.** Museu Nacional Rio de Janeiro, Brasil. 389 p. 2006.

LEE, H. W.; BAILEY-BROCK, J. H.; MCGURR, M. M. **Temporal changes in the polychaete infaunal community surrounding a Hawaiian mariculture operation.** Marine Ecology Progress Series, Oldendorf, v. 307, p. 175-185, 2006.

- LEE, M.R.; CORREA, J.A. **Copper mine tailings disposal: consequences for the interstitial polychaete *Saccocirrussonomacrus* (Canalipalpata: Protodrilida)**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v.84, p.603-606, 2004.
- LEE, W.Y., M.F. WELCH, J.A.C. NICOL. **Survival of two species of amphipods in aqueous extracts of petroleum oils**. Marine Pollution Bulletin 8:92-94. 1977.
- LEE, Z. P. A **Model For The Diffuse Attenuation Coefficient Of Downwelling Irradiance**. Journal Of Geophysical Research, 110(C2). doi.org/10.1029/2004jc002275., 2005.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2nd., Amsterdam. The Netherlands: Elsevier Science, 1998.
- LEMOES, L. S., de MOURA, J. F., HAUSER-DAVIS, R. A., de CAMPOS, R. C., SICILIANO, S. **Small cetaceans found stranded or accidentally captured in southeastern Brazil: Bioindicators of essential and non-essential trace elements in the environment**. Ecotoxicology and Environmental Safety, 97, 166-175, 2013.
- LEUKERT, K. Utilização de Dados de SIG para a Obtenção de Objetos. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. 2° ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- LEWIS III, R. R.; MILBRANDT, E. C.; BROWN, B.; KRAUSS, K. W.; ROVAL, A. S.; BEEVER III, J. W.; FLYNN, L. L. **Stress in mangrove forests: Early detection and preemptive rehabilitation are essential for future successful worldwide mangrove forest management**. Marine Pollution Bulletin, v. 109, n. 2, p. 764-771, 2016.
- LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L. **Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: a review**. Environmental Pollution, v. 159, n. 10, p. 2328-2346, 2011.
- LI, Y.; WOLANSKI, E.; ZHANG, H. **What processes control the net currents through shallow straits? A review with application to the Bohai Strait, China**. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 158, p. 1-11, 2015.
- LIMA, J. Y.; CARVALHO, A. P. M.; AZEVEDO, C. T.; BARBOSA, L. A.; SILVEIRA, L. S. **Variation of age and total length in *Sotalia guianensis* (Van Bénédén, 1864) (Cetacea, Delphinidae), on the coast of Espírito Santo state, Brazil**. Braz. J. Biol., v. 77, n. 3, p. 437-443, 2017.
- LINDEN, O. **Effects of oil on the amphipod *Gammarus oceanicus***. Environmental Pollution 10:239-250. 1976b.
- LINDEN, O. **Effects of oil on the reproduction of the amphipod *Gammarus oceanicus***. Ambio 5:36-37. 1976a.

- LIPEJ, L.; MOZETIČ, P.; TURK, V.; MALEJ, A. **The trophic role of the marine cladoceran *Penilia avirostris* in the Gulf of Trieste.** *Hydrobiologia*, 360(1-3), 197-203. 1997.
- LIU, H.; LI, K.; HUANG, H.; SONG, X.; YIN, J.; HUANG, L. **Seasonal community structure of mesozooplankton in the Daya Bay, South China Sea.** *Journal of Ocean University of China*, 12(3), 452–458. 2013.
- LIU, J., LUO, L. **Uptake and transport of Pb across the iron plaque of waterlogged dropwort (*Oenanthe javanica* DC.) based on micro-XRF and XANES.** *Plant and Soil*, v.441, p.191–205, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04106-w>. Acesso em 01 jun. 2020.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. **Estruturas comunitárias de lãs fitocenosis plantónicas de lós sistemas de desembocaduras de rios y esteros de La zona Central de Chile.** *Revista de Biología Marinha*, v. 22, n. 1, p. 1–29, 1986.
- LOMBARD, F.; SELANDER, E.; KIØRBOE, T. **Active prey rejection in the filter-feeding appendicularian *Oikopleura dioica*.** *Limnology and Oceanography*, 56(4), 1504-1512. 2011.
- LOPES, D. M. S.; TOGNELLA, M. M. P.; FALQUETO, A. R.; SOARES, M. L. G. **Salinity variation effects on photosynthetic responses of the mangrove species *Rhizophora mangle* L. growing in natural habitats.** *Photosynthetica*, v. 57, n. 4, p.1142-1155, 2019.
- LU, S.G.; BAI, S.Q. **Contamination and potential mobility assessment of heavy metals in urban soils of Hangzhou, China: relationship with different land uses.** *Environ Earth Sci*, v.60, p.1481–1490, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0283-2>. Acesso em 03 jun. 2020.
- LUEDERWALDT, H. **Os manguezais de Santos.** *Rev. do Museu Paulista*, XI, p. 309-418. 1919.
- LUGNAIR G.W. & MARTI K. **Sm-Nd-Pu timepieces in the Angra do Reis Meteorite.** *Earth Planetary Science Letters*, 35: 273-284. 1977.
- LUGO, A. E.; MEDINA, E. **Mangrove forests.** *Encyclopedia of Natural Resources-Land*. New York: Taylor and Francis. p. 343-352, 2014.
- MACHADO N.; NOCE, C.M.; LADEIRA, E.A.; BELO DE OLIVEIRA, O. **U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in Quadrilátero Ferrífero, Southern São Francisco Craton. Brazil.** *Geol. Soc. Am. Bull.* 104, 1221-1227. 1992.
- MACHADO, W.; GUEIROS, B. B.; LISBOA-FILHO, S. D.; LACERDA, L. D. **Trace metals in mangrove seedlings: role of iron plaque formation.** *Wetlands Ecology and Management*, v. 13, n. 2, p. 199-206, 2005.
- MACHADO, W.; MOSCATELLI, M.; REZENDE, L. G.; LACERDA, L. D. **Mercury, zinc, and copper accumulation in mangrove sediments surrounding a large landfill in southeast Brazil.** *Environmental Pollution*, v. 120, n. 2, p. 455-461, 2002.

- MACIEL, T. R., VAZ-DOS-SANTOS, A. M., VIANNA, M. **Can otoliths of *Genidens genidens* (Cuvier 1829) (Siluriformes: Ariidae) reveal differences in life strategies of males and females?** *Environmental Biology of Fishes*, v. 101, p. 1589–1598, 2018.
- MADI, A. P. L. M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. **Distribution of Cu, Fe, Mn, and Zn in Two Mangroves of Southern Brazil.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 58, p. 970-976, 2015.
- MAGNAGO, L.F.S.; MARTINS, S.V.; G. R. SCHAEFER, C.E.G.R. e NERI, A.V. **Gradiente fitofisionômico-edáfico em formações florestais de Restinga no Sudeste do Brasil.** *Acta botânica brasílica*, v. 24, n.3, p. 734-746. 2010.
- MAGRIS, R. A.; MARTA-ALMEIDA, M.; MONTEIRO, J. A. F.; BAN, N. C. A. **Modelling approach to assess the impact of land mining on marine biodiversity: Assessment in coastal catchments experiencing catastrophic events (SW Brazil).** *Science of The Total Environment*, v. 659, p. 828-840, 2019.
- MAGRIS, R.A.; BAN N.C. **A meta-analysis reveals global patterns of sediment effects on marine biodiversity.** *Glob. Ecol. Biogeogr.* 00,1-20, 2019.
- MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. **Biological diversity: frontiers in measurement and assessment.** Oxford University Press, 2011.
- MAIA-BARBOSA, PM., PEIXOTO, RS, GUIMARÃES, AS. **Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity.** *Braz. J. Biol.*, 1069-1078. 2008.
- MAITI, S. K.; CHOWDHURY, A. **Effects of anthropogenic pollution on mangrove biodiversity: a review.** *Journal of Environmental Protection*, v. 4, n. 12, 2013.
- MALTCHIK, L.; OLIVEIRA, G.R.; ROLON, A.S.; STENERT, C. **Diversity and stability of aquatic macrophyte community in three shallow lakes associated to a floodplain system in the South of Brazil.** *Interciencia*, vol. 30, nº 3, p. 166-170, 2005.
- MANHÃES, B.M.R; SANTOS-NETO, E. VIDAL, L. G; BISI; T. L; AZEVEDO; A. F; LAILSON-BRITO, J. **High organochlorine concentrations in a threatened Guiana dolphin population.** *Organohalogen Compounds*, v. 80, p. 505-508, 2018.
- MANICKAVASAGAM, S.; SUDHAN, C.; AANAND, S. **Bioindicators in aquatic environment and their significance.** *Journal of Aquaculture in the Tropics*, v. 34, n. 1, p. 73-79, 2019.
- MARCOVALDI, M. A., VIEITAS, C. F. & GODFREY, M. H. **Nesting and conservation management of hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) in Northern Bahia, Brazil.** *Chelonian Conservation and Biology*, 3: 301-307, 1999.

MARINHO, T. **Suspensão das atividades presenciais vai até 30 de junho. UFES declara luto pelas vítimas da COVID.** Disponível em: <<http://www.ufes.br/conteudo/suspensao-das-atividades-presenciais-vai-ate-30-de-junho-ufes-declara-luto-pelas-vitimas-da>. 2020>.

MARQUES, T.C.L.L.S.M., SOARES, A.M., GOMES, M.P., MARTINS, G. **Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de Eucalipto expostas ao cádmio.** Rev. Árvore, 35:997–1006, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600005>. Acesso em 04 jun. 2020.

MARSHAK S.; ALKMIM, F.F.; JORDT-EVANGELISA, H. **Proterozoic crustal extension and generation of dome-and-keel structure in archean granite-greenstone terrane.** Nature 357, 491-493. 1992.

MARTA-ALMEIDA, M.M., MENDES, R., AMORIM, F.N., CIRANO, M., DIAS, J.M. **Fundão dam collapse: oceanic dispersion of river Doce after the greatest Brazilian environmental accident.** Mar. Pollut. Bull. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.039>. 2016.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCANJO, J. D. **Coastal Quaternary Formation of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil).** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 68 n. 3 p. 389-404, 1996.

MARTINEAU, D., LEMBERGER, K., DALLAIRE, A., LABELLE, P., LIPSCOMB, P.T., MICHEL, P., MIKAELIAN, I. **Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St. Lawrence estuary, Québec, Canada.** Environ. Health Perspect. 110, 285-292, 2002.

MARTÍNEZ, M. L.; INTRALAWAN, A.; VÁZQUEZ, G.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SUTTON, P.; LANDGRAVE, R. **The coasts of our world: Ecological, economic and social importance.** Ecological economics, v. 63, n. 2-3, p. 254-272, 2007.

MARTÍNEZ-RUIZ, E.B.; MARTÍNEZ-JERÓNIM, F. **How do toxic metals affect harmful cyanobacteria? An integrative study with a toxigenic strain of *Microcystis aeruginosa* exposed to nickel stress.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 133, p. 36-46, 2016.

MARTINS MS, KARFUNKEL J, NOCE CM, BABINSKI M, PEDROSASOARES AC, SIAL AN, LIU D. A **Sequência Pré-Glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí.** Rev. Bras. Geociênc. 38: 761–772. 2008.

MARTINS, A. S., RAIMOVICI, M. 2020. **Key prey indicates high resilience on marine soft bottom habitats.** Marine Environmental Research, vol. 159, July 2020, 104963.

MARTINS, S. M., PINHEIRO, H. T., LEITE JUNIOR, N. O. **Biologia reprodutiva do camarão sete-barbas no litoral centro sul e sul do Espírito Santo, Brasil.** Boletim do Instituto de Pesca, v.39, n. 3, p. 205–215, 2013.

MARTINS, V.T.S., TEIXEIRA, W., NOCE, C.M., PEDROSA-SOARES, A.C. **Sr And Nd Characteristics Of Brasiliano-Pan African Granitoid Plutons Of The Araçuaí Orogen, Southeastern Brazil: Tectonic Implications.** *Gondwana Research*, 7: 75-89, 2004.

MASUNARI, S. **Distribuição e abundância dos caranguejos Uca Leach (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 23, n. 4, p. 901-914, 2006.

MATTHEWS-CASCON, H., BEZERRA, L. E. A., BARROSO, C. X., RABAYA, S. G., MOREIRA, A. K., ROCHA, V. P., SOARES, M. O. S. **Marine benthic communities affected by the Doce River (southwestern Atlantic): Baseline before a mining disaster.** *Marine Pollution Bulletin*, 135, p. 1000–1006. 2018.

MAURI, G. **Macrofauna bentônica da praia de Degredo (Linhares, ES) após a chegada da lama com rejeitos de mineração.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Programa de Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2017.

MAURI, M. BARALDI, E. SIMONINI, R. **Effects of zinc exposure on the polychaete *Dinophilus gyrociliatus*: a life-table response experiment,** *Aquatic Toxicology*, Volume 65, Issue 1, Pages 93-100, ISSN 0166-445X. 2003.

MCANALLY WILLIAM, H.; FRIEDRICHS, C.; HAMILTON, D.; HAYTER, E. *et al.* **Management of Fluid Mud in Estuaries, Bays, and Lakes. I: Present State of Understanding on Character and Behavior.** *Journal of Hydraulic Engineering*, 133, n. 1, p. 9-22, 2007.

MCARDLE, S. B.; MCLACHLAN, A. **Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna.** *Journal of coastal research*, V., 8, n.2, p. 398-407, 1992.

MCLACHLAN, A. **Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands.** *Journal of coastal research*, p. 57-71, 1990.

MCLACHLAN, A. **Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 131, p. 205-217, 1996.

MCLACHLAN, A. **Sandy beach ecology- a review.** In: McLachlan, A. & Erasmus, T. eds. 1983.

MCLACHLAN, A., BROWN, A.C., **The Ecology of Sandy Shores.** New York. *Elsevier*, 373 p. 2006.

MCLACHLAN, A., DE RUYCK, A., AND HACKING, N. **Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude.** *Revista Chilena de Historia Natural* 69, 451–67. 1996.

MCLACHLAN, A., DEFEO, O. **Chapter 7 - Benthic Macrofauna Communities**, Editor(s): Anton McLachlan, Omar Defeo, *The Ecology of Sandy Shores* (Third Edition), Academic Press., Pages 139-191, ISBN 9780128094679, 2018.

MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. **Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. J. coast. Res.**, v. 21, n. 4, p. 674-687, Jul 2005.

MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DONN, T.; WESSELS, F. **Sandy Beach Macrofauna Communities and their Control by the Physical Environment: A Geographical Comparison.** *Journal of Coastal Research*, 27-38. 1993.

MCLACHLAN, A.; WOOLDRIDGE, T.; DYE, ANDA H. **The ecology of sandy beaches in southern Africa.** *African Zoology*, v. 16, n. 4, p. 219-231, 1981.

MEDINA, E. **Physiological Ecology of Psammophytic and Halophytic Plant Species from Coastal Plains in Northern South America.** In: *Sabkha Ecosystems*. Springer, Cham, p. 29-56, 2016.

MEDINA, E.; CRAM, W. J.; LEE, H. S. J.; LÜTTGE, U.; POPP, M.; SMITH, J. A. C.; DIAZ, M. **Ecophysiology of xerophytic and halophytic vegetation of a coastal alluvial plain in northern Venezuela: I. Site description and plant communities.** *New Phytologist*, v. 111, p. 233-243, 1989.

MEINDL, G.A., ASHMAN, T.L. **Effects of floral metal accumulation on floral visitor communities: Introducing the elemental filter hypothesis.** *Am. J. Bot.*, v.102, p.379–389, 2015. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400468>. Acesso em 04 jun. 2020.

MENDES, F.R. **Estruturação genética entre os boto-cinza (*Sotalia Guianensis*, Van Bénédén 1864) do litoral sul da Bahia e Espírito Santo.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** Bern. International Potash Institute, 1987. p. 687-695.

MESQUITA, A. M.; KAISARY, S. **Distribution of iron and manganese.** *The Mandovi and Zuari estuaries*, p. 99-104, 2007.

METRI, R. **Ecologia de um banco de algas calcárias da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, SC, Brasil.** (Tese) Universidade Federal do Paraná. 2006.

MILAZZO, A. D. D. **Biodisponibilidade e bioconcentração de metais em ecossistema manguezal do estuário do Rio São Paulo, Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil.** (Dissertação de Mestrado). 87f. Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente. 2011.

MILLER, B.S.; KENDALL, A.W. **Early Life History of Marine Fishes.** First Edition. University of California Press, 376p. 2009.

MILLERO, F.; PIERROT, D. **Speciation of metals in natural waters**. In: GIANGUZZA, A.; PELIZZETTI, E.; SAMMARTANO, S. (Eds.) Chemistry of marine water and sediments. 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 193-220, 508p. 2002.

MIRANDA, L. B. DE & CASTRO FILHO, B. M. **Geostrophic flow conditions of the Brazil Current at 19°S**. Ciência Interamericana, 22(1-2) : 44-48. 1981.

MISRA, S. G.; MANI, D. **Soil Pollution**. 1st Edit. Efficient Offset Printer, ABC., New Delhi, India, 1991. p. 6-42.

MIYASHITA, L.K.; POMPEU, M.; GAETA, S.A.; LOPES, R.M. **Seasonal contrasts in abundance and reproductive parameters of *Penilia avirostris* (Cladocera, Ctenopoda) in a coastal subtropical area**. Marine Biology, 157(11), 2511-2519. 2010.

MIYAZAKI, N. **Preliminary note on age determination and growth of the rough-toothed dolphin, *Steno bredanensis*, off the Pacific Coast of Japan**. Reports of the International Whaling Commission, special issue, 3, 171–179. 1980.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo da Bacia Marítima do Espírito Santo**. Organização: Gherardi, DMF; Cabral AP; Albino, J Brasília: MMA, SMCQ, 2010. 80 p.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e Identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília, MMA/SBF, 404 p, 2002.

MONTEIRO-NETO, C.; ITAVO, R. V.; MORAES, L.E.S. **Concentrations of heavy metals in *Sotalia fluviatilis* (Cetacea: Delphinidae) off the coast of Ceará, northeast Brazil**. Environmental Pollution, Kidlington, Oxon, v.123, p. 319–324, 2003.

MONTÚ, M. **Zooplâncton do estuário da Lagoa dos Patos. 1. Estrutura e variações temporais e espaciais da comunidade**. Atlântica, 4, 53-72. 1980.

MORAES-COSTA, D.; SCHWAMBORN, R. **Site fidelity and population structure of blue land crabs (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825) in a restricted-access mangrove area, analyzed using PIT tags**. Helgoland marine research, v. 72, p. 1, 2018.

MORAIS, R. M. O., MELLO, C. L., de OLIVEIRA COSTA, F.; de FREITAS SANTOS, **Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no estado do Rio de Janeiro**. Geologia USP. Série Científica, v. 6, v.2, p. 19-30, 2006.

MORALES-VENTURA, J. **Demography of zooplankton (*Anuraeopsis fissa*, *Brachionus rubens* and *Moina macrocopa*) fed *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* cultured on different media**. Revista de biología tropical, v. 60, n. 3, p. 955-965, 2012.

MOREIRA, F.W.A.; LEITE, M.G.P.; FUJACO, M.A.G.; MENDONÇA, F.P.C.; CAMPOS, L.P.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. **Assessing the impacts of mining activities on zooplankton functional diversity**. Acta Limnologica Brasiliensia, 28, e7. 2016.

MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F., JOLY, C.A. **Estudo comparativo de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo**. Rev. Bras. Bot., v. 12, p. 85-98. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200012>. Acesso em 30 mai. 2020. 1989.

MORO, P.S. **Prospecção da Pesca Esportiva do Estoque de Robalo-Peva (Centropomus parallelus) no Litoral do Paraná**. Dissertação de Mestrado submetidas à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará. 2018.

MOUILLOT, D., VILLÉGER, S., PARRAVICINI, V., KULBICKI, M., ARIAS-GONZÁLEZ, J.E., BENDER, M., CHABANET, P., FLOETER, S.R., FRIEDLANDER, A., VIGLIOLA, L., BELLWOOD, D.R. **Functional over-redundancy and high functional vulnerability in global fish faunas on tropical reefs**. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A. 111, 13757-13762. 2014.

MOUSTAKA, M., LANGLOIS, T. J., MCLEAN, D., BOND, T., FISHER, R., FEARNES, P., DORJI, P., EVANS, R. D. **The effects of suspended sediment on coral reef fish assemblages and feeding guilds of north-west Australia**. Coral Reefs v. 37, p. 659–673, 2018.

MUEHE, D. **O litoral Brasileiro e sua compartimentação**. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 273-349, 2006.

MUÑOZ-PÉREZ, J. J.; TEJEDOR, L.; MEDINA, R. **Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches**. Journal of Coastal Research, p. 950-957, 1999.

MYERS, A.A. CHEVALIIDAE. IN: LOWRY J.K.; MYERS A.A. (Eds). **Benthic Amphipoda (Crustacea: Peracarida) of the Great Barrier Reef, Australia**. Zootaxa. 2260, 1-930. 2009.

NAIR, S.; WILLIAMS, J.; BROCKMAN, A; PAIPHUN, L.; MAYXAY, M.; NEWTON, P.; GUTHMANN, J.; SMITHUIS, F.; TINH TRAN, H.; WHITE, N, NOSTEN, F.; ANDERSON, TIM. **A Selective Sweep Driven by Pyrimethamine Treatment in Southeast Asian Malaria Parasites**. Molecular biology and evolution, 2003.

NALINI, H.A., BILAL, E., PAQUETTE, J.L., PIN, C., MACHADO, R. **Geochronologie U Pb Et Géochimie Isotopique Sr-Nd Dês Granitoides Neoproterozoïques Des Suites Galileia Et Urucum, Vallée Du Rio Doce, Sud-Est Du Brésil**. Compte Rendu Academie Science Paris, 331: 459-466, 2000.

NANAJKAR, M.; INGOLE, B. **Comparison of tropical nematode communities from three harbours, west coast of India**. Cahiers de Biologie Marine, v. 51, n. 1, p. 9, 2010.

- NARO-MACIEL, E., BECKER, J. H., LIMA, E., MARCOVALDI, M. A. & DESALLE, R. **Testing dispersal hypotheses in foraging green sea turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil.** Journal of Heredity, 98: 29-39, 2006.
- NARO-MACIEL, E., REID, B. N., ALTER, S. E., AMATO, G., BJORNDALE, K. A., BOLTON, A. B., MARTIN, M., NAIRN, C. J., SHAMBLIN, B. & PINED-CATALAN, O. **From refugia to rookeries: Phylogeography of Atlantic green turtles.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 461: 306–316, 2014
- NARO-MACIEL, E.; BONDIOLI, A. C. V.; MARTIN, M.; ALMEIDA, A. P. A.; BAPTISTOTTE, C.; BELLINI, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. J. B.; AMATO, G. **The interplay of homing and dispersal in green turtles: a focus on the southwestern Atlantic.** Journal of Heredity, v. 103, p. 792-805, 2012.
- NAZAR, R.; IQBAL, N.; MASOOD, A.; KHAN, M.I.R.; SYEED, S.; KHAN, N.A. **Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation.** Am. J. Plant Sci. v.3, p.1476-1489, 2012. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.310178>. Acesso em 04 jun 2020.
- NEFF, J. **Chapter 4. Barium in the Ocean.** Editor(s): Jerry M. Neff, Bioaccumulation in Marine Organisms, Elsevier, Pages 79-87, ISBN 9780080437163, 10.1016/B978-008043716-3/50005-1. 2002.
- NEHER, D., DARBY, B., **General community indices that can be used for analysis of nematode assemblages.** In: **Nematodes as Environmental Bioindicators.** Publisher: CABI Editors: M. Wilson, T. Kakouli-Duarte. 2009.
- NETO, R.; SÁ, F.; SCHETTINI, E.; DALCOL, B. **Oceanografia Química: Geoquímica de metais e nutrientes.** Relatório Técnico. 2016. 59 p.
- NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V., OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. **Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAS) e seus derivados nitrados (NHPAS): uma revisão metodológica.** Química nova, v. 23, N. 6, p. 765-773. 2000.
- NISHIDA, A. K., NORDI, N., ALVES, R. R. N. 2001. **The lunar-tide cycle viewed by crustacean and mollusc gatherers in the State of Paraíba, Northeast Brazil and their influence in collection attitudes.** Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 2:1, 2006.
- NIZOLI, E. C.; LUIZ-SILVA, W. **O papel dos sulfetos volatilizados por acidificação no controle do potencial de biodisponibilidade de metais em sedimentos contaminados de um estuário tropical, no sudeste do Brasil.** Química Nova, v. 32, n. 2, p.365-372. 2009.
- NOCE CM, TEIXEIRA W, QUÉMÉNEUR JJG, MARTINS VTS AND BOLZACHINI E. **Isotopic signatures of paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny.** J South Am Earth Sci 13: 225-239. 2000.

NORDHAUS, I.; DIELE, K.; WOLFF, M. **Activity patterns, feeding and burrowing of the crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in a high intertidal mangrove forest in North Brazil.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 379, 104–112, 2009.

NORDI, N.; NISHIDA, A. K.; ALVES, R. R. N. **Effectiveness of two gathering techniques for *Ucides cordatus* in Northeast Brazil: implications for the sustainability of mangrove ecosystems.** Human Ecology, v. 37, n. 1, p. 121, 2009.

NOSS, R. F. **Can we maintain biological and ecological integrity?** Conservation Biology, v. 4, n. 3, p. 241-243, 1990.

OBUIDALLAH, A.; ABDELKHALIK, A.; ABU-ELDAHAB, H.; ABDUL-RAHMAN, N.; MAHDY, A. **Impact of heavy metal contamination on seasonal abundance of planktonic copepods inhabiting mangrove area in Safaga, Red Sea, Egypt.** Egyptian Journal of Experimental Biology (Zoology), 1, 123-130. 2005.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

ODUM, H. T. **Systems Ecology; an introduction.** 1983.

ODUM, W. E.; JOHANNES, R. E. **The Response of Mangroves to Man-Induced Environmental Stress.** In: Elsevier Oceanography Series. Elsevier, 1975. p. 52-62.

OHJI, M.; ARAI, T.; MIYAZAKI, N. **Effects of tributyltin exposure in the embryonic stage on sex ratio and survival rate in the caprellid amphipod *Caprella danilevskii*.** Marine Ecology Progress Series, v. 235, p. 171-176, 2002.

OLIVEIRA, E.P.; CARVALHO, M.J.; MCNAUGHTON, N. **Evolução do segmento Norte do Orógeno Itabuna- Salvador- Curaçá: cronologia da acreção de arcos, colisão continental e escape de terrenos.** Geol. USP Sér. Cient. 4(1), 41-53. 2004.

OLIVEIRA, K. S. S. **Influência das Condições de Vento e do Aporte Fluvial na Dinâmica Sedimentar do Trecho Centro-Norte da Plataforma Continental do Espírito Santo (PCES).** 144 f. Doutorado (Doutorado) - programa de Pós Graduação em Oceanografia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 2018.

OLIVEIRA, K. S. S.; QUARESMA, V. S. **Temporal variability in the suspended sediment load and streamflow of the Doce River.** Journal of South American Earth Sciences, 78, n. Supplement C, p. 101-115, 2017.

OLIVEIRA, L. P. H. **Estudos ecológicos dos crustáceos comestíveis uçá e guaiamum, *Cardisoma guanhumi* Latreille e *Ucides cordatus* (L). Gecarcinidae, Brachyura.** Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, v. 44, n. 2, p. 295-322, 1946.

- OLIVEIRA, T. C. A.; ALBINO, J.; VENANCIO, I. **Transporte longitudinal de sedimentos no litoral da planície deltaica do Rio Doce.** Quaternary and Environmental Geosciences, v. 6, n. 1, 2015.
- OLIVEIRA, T.C.A, ALBINO, J., VENANCIO, I.D. **Littoral longshore sediment transport along the deltaic plain of Rio Doce.** Quaternary Environmental Geosciences, v. 6, n. 1, p. 20–25, 2015.
- OLIVER, J.S., J.M. OAKDEN.; P.N. SLATTERY. **Phoxocephalid amphipod crustaceans as predators on larvae and juveniles in marine soft-bottom communities.** Marine Ecology Progress Series 7:179-184. 1982.
- OLIVER, J.S.; SLATTERY, P.N. **Destruction and opportunity on the sea floor: Effects of gray whale feeding.** Ecology, 66 (6): 1965-1975. 1985.
- ONBÉ, T. **Seasonal fluctuations in the abundance of populations of marine cladocerans and their resting eggs in the Inland Sea of Japan.** Marine Biology, 87, 83-88. 1985.
- OOZEKI Y. **Biological Monitoring: Fish Eggs, Fish Larvae, and Zooplankton.** In: AOKI, I.; YAMAKAWA, T.; TAKASUKA, A. (Eds) *Fish Population Dynamics, Monitoring, and Management. Fisheries Science Series.* Springer, Tokyo, 2018.
- ORLANDO, M. T. D. A.; GALVÃO, E. S.; CAVICHINI, A. S. A.; RANGEL, C. V. G. T. *et al.* **Tracing iron ore tailings in the marine environment: An investigation of the Fundão dam failure.** Chemosphere Article number 127184 , reference CHEM_127184 2020.
- OUNVICHIT, T.; YODDUMNERN-ATTIG, B. **Community dialogs on the probabilities of community-based mangrove institution.** Kasetsart Journal of Social Sciences, v. 39, p. 365-373, 2018.
- PAFFENHÖFER, G.A.; ORCUTT, J.D. **Feeding, growth and food conversion of the marine cladoceran *Penilia avirostris*.** Journal of Plankton Research, 8(4), 741-754. 1986.
- PAIVA, P.C. **Anelídeos poliquetas da plataforma continental norte do Estado de São Paulo: I - Padrões de densidade e diversidade específica.** Boletim do instituto oceanográfico. 41: 69-80. 1993.
- PANDEY, V.; DIXIT, V.; SHYAM, R. **Chromium effect on ROS generation and detoxification in pea (*Pisum sativum*) leaf chloroplasts.** Protoplasma, v. 236, p. 85-95, 2010.
- PAOLETTI, M. G.; CANTARINO, C. M. **Sex ratio alterations in terrestrial woodlice populations (Isopoda: Oniscidea) from agroecosystems subjected to different agricultural practices in Italy.** Applied Soil Ecology, v. 19, p. 113-120, 2002.
- PARIDA, A. K.; JHA, B. **Salt tolerance mechanisms in mangroves: a review.** Trees, v. 24, p. 199-217, 2010.
- PAROLIN, P. **Submergence tolerance vs. escape from submergence: two strategies of seedling establishment in Amazonian floodplains.** Environm. Experim. Botany, vol. 48, nº 2, p. 177-186, 2002.

PASSOS, P. H. S.; RIBEIRO, S. C. A.; BARBOSA, M. M. C.; COELHO, J. L.; FILHO, W. L. V. **Extrair e transportar caranguejo-uçá nas resexs marinhas paraenses: os saberes locais em foco.** Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2016.

PAUNOV, M., KOLEVA, L., VASSILEV, A., VANGRONVELD, J., GOLTSEV, V. **Effects of different metals on photosynthesis: Cadmium and zinc affect chlorophyll fluorescence in durum wheat.** Int. J. Mol. Sci., v.19, n.3, p.787, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19030787>. Acesso em 03 jun 2020.

PAYE, H. DE S., DE MELLO, J.W.V., ABRAHÃO, W.A.P., FILHO, E.I.F., DIAS, L.C.P., CASTRO, M.L.O., DE MELO, S.B., FRANÇA, M.M., **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no estado do Espírito Santo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 34, n.6, p. 2041–2051, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000600028>. Acesso em 31 mai. 2020.

PEARSON, T.H., ROSENBERG, R. **Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.** Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 16, 229-311. 1978.

PEART, R. **Ampeliscidae (Crustacea, Amphipoda) from the Ice AGE expeditions.** ZooKey 731: 145-173. 2018.

PEIXOTO, A.L.; MAIA, L.C. **Manual de Procedimentos para Herbários. INCT-Herbário virtual para a Flora e os Fungos.** Editora Universitária UFPE, Recife, 2013.

PENHA-LOPES, G.; TORRES, P.; NARCISO, L.; CANNICCI, S.; PAULA, J. **Comparison of fecundity, embryo loss and fatty acid composition of mangrove crab species in sewage contaminated and pristine mangrove habitats in Mozambique.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 381, p. 25-32, 2009.

PEREIRA, A. A.; VAN HATTUM, B.; BROUWER, A.; VAN BODEGOM, P. M.; REZENDE, C. E.; SALOMONS, W. **Effects of iron-ore mining and processing on metal bioavailability in a tropical coastal lagoon.** J Soil Sediment 8, 239–252. 2008.

PEREIRA, C. O. **Dinâmica populacional e produção secundária de uca (Brachyura: Ocypodidae) no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-mirim, ES, Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014. 54 p

PEREIRA, E. G.; OLIVA, M. A.; ROSADO-SOUZA, L.; MENDES, G. C.; COLARES, D. S.; STOPATO, C. H.; ALMEIDA, A. M. **Iron excess affects rice photosynthesis through stomatal and non-stomatal limitations.** Plant Science, v. 201-202, p. 81-92, 2013.

PEREIRA, O. J. Restinga. In: Lani, J. L. et al. (org.). **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo.** [Vitória, ES]: SEMA: Viçosa, MG: UFV, p. 96-125, 2008.

PEREIRA, O.J. **Levantamento florístico e fitossociológico de uma área de restinga do Estado do Espírito Santo.** Rio de Janeiro Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica) – Museu Nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

PEREIRA, O.J. **Restinga: origem, estrutura e diversidade.** In: Jardim, M. A. G.; Bastos, M. N. C.; Santos, J. U. M. (Org.). *Desafios da Botânica Brasileira no Novo Milênio: inventário, sistematização e conservação da biodiversidade vegetal.* Belém/PA: Universidade Federal do Pará, p. 177-179, 2003.

PEREIRA, O.J.; ARAUJO, D.S.D. **Análise florística das restingas dos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro.** In: Esteves, F.A. e Lacerda, L.D. (org.). *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras.* NUPEM (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, 2000 p. 25-63.

PERRIN, W. F., A. C. MYRICK. **Age determination of toothed whales and sirenians.** Reports of the International Whaling Commission Special Issue 3, 1980.

PETCHEY, O.L., GASTON, K.J., **Functional diversity (FD), species richness and community composition.** Ecology Letters 5, 402-411. 2002.

PETERSON, R., STRAMMA, L. **Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean.** Progr. Oceanogr., 26(1): 1–73, 1991.

PILIPOVIĆ, A.; ZALESNY, R.S. JR; RONČEVIĆ, S. et al. **Growth, physiology, and phytoextraction potential of poplar and willow established in soils amended with heavy-metal contaminated, dredged river sediments.** J Environ Manage, v. 239: p.352–365, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.072>. Disponível em 03 jun. 2020.

PINHEIRO, J. Q. **Mapas cognitivos do mundo: representações mentais distorcidas?** Geograficidade, v. 3, n. 1, p. 45-57, 2013.

PINHEIRO, M. A. A., DUARTE, L. F. A.; TOLEDO, T. R.; ADAMS, M. A., TORRES, R.A. **Habitat monitoring and genotoxicity in *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucidae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 185, n. 10, p. 8273-8285, 2013.

PINHEIRO, M. A. A.; FISCARELLI, A. G.; HATTORI, G. Y. **Growth of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Brachyura, Ocypodidae).** Journal of Crustacean Biology, v. 25, n. 2, p. 293-301, 2005.

PINHEIRO, M. A. A.; SILVA, P. P. G.; DUARTE, L. F. A.; ALMEIDA, A. A.; ZANOTO, F. F. **Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: ucidae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: rhizophoraceae).** Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 81, p. 114-121, 2012.

PIRES-VANJN, M. S. **A macrofauna bêntica da plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil.** Publção esp. Inst. oceanogr. (10):137-158. 1993.

PLEIJEL, F. **On feeding of *Pholoe minuta* (Fabricius, 1870) (Polychaeta: Sigalionidae).** Sarsia, 68: 21-23. 1983.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the Project Management of Body of Knowledge (Guia PMBOK®).** 5. ed. Pennsilvanya: Project Management Institute, 2013.

POLIDORO, B. A.; CARPENTER K. E.; COLLINS, L.; DUKE, N. C.; ELLISON, A. M.; ELLISON, J. C.; FARNSWORTH, E. J.; FERNANDO, E. S.; KATHIRESAN, K.; KOEDAM, N. E.; LIVINGSTONE, S. R.; MIYAGI, T.; MOORE, G. E.; NAM, V. N.; ONG, J. E.; PRIMAVERA, J. H.; SALMO, S. G.; SANCIANGCO, J. C.; SUKARDJO, S.; WANG, Y.; YONG, J. W. H. **The Loss of Species: Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern.** PLoS ONE, v. 5, n. 4, 2010.

POMPEO, M.L.M. **Monitoramento de Macrófitas Aquáticas.** Oecol. Bras. 12(3): 406-424. 2008.

QINGHONG, L. **A model for species diversity monitoring at community level and its applications.** Environmental Monitoring and Assessment, 34(3), 271-287. 1995.

QUARESMA, V. S.; CATABRIGA, G.; BOURGUIGNON, S. N.; GODINHO, E. *et al.* **Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf.** Brazilian Journal of Geology, 45, n. 4, p. 10, 2015.

QUEIROZ, L. S.; ROSSI, S.; CALVET-MIR, L.; RUIZ-MALLÉN, I.; GARCÍA-BETORZ, S.; SALVÀ-PRAT, J.; MEIRELES, A. J. A. **Neglected ecosystem services: Highlighting the socio-cultural perception of mangroves in decision-making processes.** Ecosystem Services, v. 26, p. 137-145, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em <http://www.R-project.org/> Acesso em 6 setembro 2019.

RAKOCINSKI, C.F., BROWN, S.S., GASTON, G.R., HEARD, R.W., WALKER, W.W., SUMMERS, J.K. **Macrobenthic responses to natural and contaminant-related gradients in northern Gulf of Mexico estuaries.** Ecology Applications 7, 1278-1298. 1997.

RAMOS, R. M. A.; DI BENEDITO, A. P. M.; LIMA, N. R. W. **Growth parameteres of *Pontoporia blainvillei* and *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil.** Aquatic Mammals, v.26.1, p. 65-75, 2000.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. **An Integrated Framework for wetland inventory, assessment and monitoring (IF-WIAM),** 9th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Wetlands, Kampala, 2005, 24p.

RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT. **Inventory, assessment, and monitoring: an Integrated Framework for wetland inventory, assessment, and monitoring. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands,** 4th edition, vol. 13. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, 2010.

RÉ, A., FREITAS, R., SAMPAIO, L., RODRIGUES, A.M., QUINTINO, V. **Estuarine sediment acute toxicity testing with the European amphipod *Corophium multisetosum* Stock, 1952.** Chemosphere 76, 1323-1333. 2009.

RÉ, P.; AZEITEIRO, U. & MORGADO, F. **Ecologia do ictioplâncton.** In: RÉ, Pedro.; AZEITEIRO, Ulisses. & MORGADO, Fernando (Eds.). *Ecologia do plâncton marinho e estuarino*. Edições Afrontamento, p. 111-140, 2005.

REBLIN, R.D. **Diversidade e estruturação genética do boto-cinza (*Sotalia Guianensis*, Van Bénédén 1864) no litoral do Espírito Santo.** Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016.

REICE, S.R., WOHLBERG, M. **Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health.** In: Rosenberg, D.M., Resh, V.H. (Eds.), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, pp. 287-305. 1993.

REISH, D. J. & GERLINGER, T. V. **A review of the toxicological studies with polychaetous annelids.** in Reish, D. & Qian, Pei-Yuan (eds). *Proceedings of the Fifth International Polychaete Conference, China*. Bulletin of Marine Science, v.60, n.2, p. 584-607, 1997.

REISH, R.J., CARR, R.S. **The effect of heavy metals on the survival, reproduction, development, and life cycles for two species of polychaetous annelids,** Marine Pollution Bulletin, Volume 9, Issue 1, Pages 24-27, ISSN 0025-326X, 1978. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(78\)90280-1](https://doi.org/10.1016/0025-326X(78)90280-1).

REISS, J.; SCHMID-ARAYA, J. **Existing in plenty: Abundance, biomass, and diversity of ciliates and meiofauna in small streams.** Freshwater Biology. 53. 652 - 668. 2008. 10.1111/j.1365-2427.2007.01907. x.

RENCHE, A. C.; CHRISTENSEN, W. F. **Methods of multivariate analysis.** A John Wiley & Sons. Inc. Publication, 2002. 727 p.

REYNOLDS, C. S. **The response of phytoplankton communities to change lake environments.** Schweiz. Z. Hydrol., v. 49, p. 220-236, 1997.

RICARDO CECHET; FRANCISCO PALMA TRAVASSOS NETO; CARLOS EIRA GARCIA. **Investigação do produto OSCAR para determinação de feições de circulação oceânica na plataforma continental Sul-Sudeste do Brasil e oceano adjacente.**In: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2017, . Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2020. Disponível em:<<https://proceedings.science/sbsr/papers/investigacao-do-produto-oscar-para-determinacao-de-feicoes-de-circulacao-oceanica-na-plataforma-continental-sul-sudeste-?lang=pt-br>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

RICHARDSON, C.J.; FERRELL, G.M.; VAITHIYANATHAN, P. **Nutrient effects on stand structure, resorption efficiency, and secondary compounds in everglades sawgrass.** Ecology, vol., 80, nº 7, p. 2182-2192, 1999.

RICHARDSON, M.D., CAREY, A.G. & COLGATE, W.A. **Aquatic disposal field investigations Columbia River disposal site, Oregon.** Technical Reports, US Army, 411 pp. 1977.

RIGO, D. **Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na baía de Vitória, ES.** 140 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia Oceânica – COPPE/UFRJ) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

RIITTSCHOF, D., MCCLELLAN-GREEN, P. **Molluscs as multidisciplinary models in environment toxicology.** Mar. Pollut. Bull. 5: 369–373. 2005.

RIZVI, A., KHAN, M.S. **Biotoxic impact of heavy metals on growth, oxidative stress and morphological changes in root structure of wheat (*Triticum aestivum* L.) and stress alleviation by *Pseudomonas aeruginosa* strain CPSB1.** Chemosphere, v.185, p.942–952, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.088>. Acesso em 03 jun. 2020.

ROCHA, C.A.; MARTINS, I.X. **Estudo da malacofauna bentônica da plataforma continental do litoral oeste do Estado do Ceará, Brasil.** Arq. Cienc. Mar. 31: 65-72. 1998.

RODEN, S. E., MORIN, P. A., FREY, A., BALAZS, G. H., ZARATE, P., CHENG, I-J. & DUTTON, P. H. **Green turtle population structure in the Pacific: new insights from single nucleotide polymorphisms and microsatellites.** Endangered Species Research, 20: 227-234, 2013

RODRIGUES, A.C.D., DOS SANTOS, A.M., DOS SANTOS, F.S., PEREIRA, A.C.C., SOBRINHO, N.M.B.A. **Response mechanisms of plants to heavy metal pollution: Possibility of using macrophytes for remediation of contaminated aquatic environments.** Rev. Virtual Quim., v.8, p.262–276, 2016. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160017>. Acesso em 04 jun. 2020.

RODRIGUES, R.R., ROTHSTEIN, L.M., WIMBUSH, M. **Seasonal variability of the south equatorial current bifurcation in the Atlantic Ocean: a numerical study.** J. Phys. Oceanogr. 37, 16–30. <http://dx.doi.org/10.1175/jpo2983.1>. 2007.

ROSENFELD, J. **Functional redundancy in ecology and conservation.** Oikos 98, 156-162.2002.

ROSS, K.; COOPER, N.; BIDWELL, J.; ELDER, J. **Genetic diversity and metal tolerance of two marine species: A comparison between populations from contaminated and reference sites.** Marine Pollution Bulletin v. 44, n. 10, p. 671-679, 2002.

ROSS, P.E. E MUNAWAR, M. **Preference for nanoplankton size fractions in lake ontario zooplankton grazing.** Journal of Great Lakes Research, v. 7, n. 1, p. 65-67, 1981.

ROSSI, G.; FIGLIOLIA, A.; SOCCIARELLI, S. **Zinc and copper bioaccumulation in Brassica napus at flowering and maturation.** Eng. Life Sci, v. 4, n.3, p. 271-275, 2004. <https://doi.org/10.1002/elsc.200420028>. Acesso em 01 jun. 2020.

ROUSE, G.W., PLEIJEL, F. **Polychaetas.** New York. Oxford. 2001.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 1 Ecotoxicologia, RT-17.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 884 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 3 Dulcícola – Perifíton, RT-18I.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 60 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 3 Marinho – Zooplâncton, RT-19G.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 67 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 4 Praias, RT-20.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 153 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 6 Megafauna, RT-23.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 531 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Anexo 8 Sedimentação em Abrolhos, RT-26.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 121 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RRDM - REDE RIO DOCE MAR. **Relatório Anual – Integração a partir dos índices ecotoxicológicos, RT-28.** Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática, Fundação Espírito-santense de Tecnologia. 21 pag. 2019. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cif/notas-tecnicas/ct-bio/relatorios-da-rede-rio-doce-mar>.

RUAN, Y. L. **Sucrose metabolism: gateway to diverse carbon use and sugar signaling.** Annu. Rev. Plant Biol., v.65, p.33-67, 2014. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040251>. Acesso em 04 jun 2020.

RUETER, J.G., MOREL, F.M.M. **The interaction between zinc deficiency and copper toxicity as it affects the silicic acid uptake mechanisms in *Thalassiosira pseudonana*.** Limnol. Oceanogr. 26, 67–73. 1981.

RUTA, C. **Padrões de distribuição espaço-temporal dos anelídeos poliquetas da plataforma continental ao largo da Restinga de Massambaba, RJ.** (Dissertação) Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999.

SABINS, F. **Remote Sensing: Principles and Interpretation.** Waveland Press, 2007. 494 p.

SAENGER, P.; HEGERL, E. J.; DAVIE, J. DS (Ed.). **Global status of mangrove ecosystems.** International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 1983.

SAENGER, P.; SNEDAKER, S. C. **Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall.** Oecologia, v. 96, n. 3, p. 293-299, 1993.

SANDBERG, D.M., A.D. MICHAEL, B. BROWN., R. BEEBE-CENTER. **Toxic effects of fuel oil on haustoriid amphipods and pagurid crabs.** Biological Bulletin (Woods Hole, MA) 143:475-476. 1972.

SANT'ANNA, C.L. *et. al.* **Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil.** Algological studies, v. 126, p. 251-265, 2008.

SANTOS, A.S.; SOARES, L.S.; MARCOVALDI, M.A.; MONTEIRO, D.S.; GIFFONI, B. & ALMEIDA, A.P.L.S. 2018. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). *In:* Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume IV - Répteis.** Brasília: ICMBio. p. 20-25

SANTOS-NETO, E.; et al. **Organochlorine concentrations (PCBs, DDTs, HCHs, HCB and Mirex) in delphinids stranded at the northeastern Brazil.** Science of the Total Environment, v. 472, p. 194-203, 2014.

SANTOS-WISNIEWSKI, M.J.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; NEGREIROS, N.F.; SILVA, L.C.; SANTOS, R.M.; ROCHA, O. **O estado atual do conhecimento da diversidade dos Cladocera (Crustacea, Branchiopoda) nas águas doces do estado de Minas Gerais.** Biota Neotropica, 11(3), 1-15. 2011.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; ADAIME, R.R. et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries** 13, 204–218, 1990.

SCHLACHER, T. A., LUCREZI, S., CONNOLLY, R. M., PETERSON, C. H., GILBY, B. L., MASLO, B., OLDS., A. D., WALKER, S. J., LEON, J. X., HUIJBERS, C. M., WESTON, M. A., TURRA, A., HYNDES, G. A., HOLT, R. A., & SCHOEMAN, D. S. **Human threats to sandy beaches: A meta-analysis of ghost crabs illustrates global anthropogenic impacts.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v.169, p. 56-73, 2016.

SCHMIDT, A. J. **Estudo da dinâmica populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura), e dos efeitos de uma mortalidade em massa desta espécie em manguezais do Sul da Bahia.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006. 199 p.

SCHMIDT, A. J.; BEMVENUTI, C. E.; DIELE, K. **Sobre a definição da zona de apicum e sua importância ecológica para populações de caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763).** Boletim Técnico Científico do CEPENE, v. 19, n. 1, p. 9-25, 2013.

SCHUTZENDUBEL, A.; POLLE, A. **Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by micorrhization.** J Exp Bot v.53, p.1351–1365, 2002. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351>. Acesso em 03 jun. 2020.

SCHWARZ, A.; BURNS, B.; ALFARO, A. C. **Guidelines for community-focused Ecological Monitoring of mangrove habitats in Estuaries.** Prepared for Environment Waikato, Hamilton (New Zealand), vol. 25, 2004.

SEAMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico consolidado.** Cariacica, 2018. Disponível em: <<https://perh.es.gov.br/biblioteca-de-arquivos>>. Acesso em: 06/01/2020.

SEIXAS T. G.; KEHRIG, H.A.; DI BENEDITTO, A.P.M.; SOUZA, C.M.M.; MALM, O.; MOREIRA, I. **Essential (Se,Cu) and non-essential (Ag,Hg,Cd) elements: what are their relationships in liver of *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae)?** Marine Pollution Bulletin., v. 58, p. 601–634, 2009a.

SEIXAS, T. G. KEHRING, H. A., DI BENEDITTO, A. P. M., SOUZA, C. M. M., MALM, O., MOREIRA, I. **Trace Elements in Different Species of Cetacean from Rio de Janeiro.** Coast. J. Braz. Chem. Soc. 20.601–634, 2009b.

SELLESLAGH, J., ECHARD, A., PÉCHEYRAN, C., BAUDRIMONT, M., Jérémy LOBRY, J., DAVERAT, F. **Can analysis of *Platichthys flesus* otoliths provide relevant data on historical metal pollution in estuaries? Experimental and in situ approaches.** Science of the Environment, v.557–558, p. 20–30, 2016.

SEREJO, C. S.; WAKABARA, Y.; VALÉRIO-BERADO, M.T. **Taxonomy and geographic distribution of *Ampelisca* (Amphipoda: Gammaridea) from the Brazilian Coast.** Pol. Arch. Hydrobiol., 47 (3-4): 495-510. 2000.

SERVINO, R. N.; GOMES, L. E. O.; BERNARDINO, A. F. **Extreme weather impacts on tropical mangrove forests in the Eastern Brazil Marine Ecoregion.** Science of the Total Environment, v. 628–629, p. 233-240, 2018.

SETHY, S. K.; GHOSH, S. **Effect of heavy metals on germination of seeds.** J Nat Sci Biol Med, v.4, n.2, p.272, 2013. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.116964>. Acesso em 04 jun. 2020.

SHAMBLIN, B. M.; BOLTEN, A. B.; ABREU-GROBOIS, F. A.; BJORN DAL, K. A.; CARDONA, L.; CARRERAS, C.; CLUSA, M.; MONZÓN-ARGUELLO, C.; NAIRN, C. J.; NIESEN, J. T.; NEL, R.; SOARES, L. S.; STEWART, K. R.; VILAÇA, S. T.; TURKOZAN, O.; YILMAZ, C.; DUTTON, P. H. **Geographic patterns of genetic variation in a broadly distributed marine vertebrate: new insights into loggerhead turtle stock structure from expanded mitochondrial DNA sequences.** PLoS ONE, 9: e85956, 2014

SHARM, P.; DUBEY, R. S. **Lead toxicity in plants.** Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 17, p. 35-52, 2005.

SHARMA, A., SHAHZAD, B., KUMAR, V., KOHLI, S. K., SIDHU, G., BALI, A. S., HANDA, N., KAPOOR, D., BHARDWAJ, R., ZHENG, B. **Phytohormones Regulate Accumulation of Osmolytes Under Abiotic Stress.** Biomolecules, v. 9, n.7, p.285, 2019. <https://doi.org/10.3390/biom9070285>. Acesso em 04 jun. 2020.

SHI, Z.; XU, J.; HUANG, X.; ZHANG, X.; JIANG, Z.; YE, F.; LIANG, X. **Relationship between nutrients and plankton biomass in the turbidity maximum zone of the Pearl River Estuary.** Journal of Environmental Sciences, 57, 72-84. 2017.

SILICIANO, S.; RAMOS, R. M. A.; DI BENEDITTO, A. P. M.; SANTOS, M. C.; FRAGOSO, A. B.; LAILSON-BRITO, J.; AZEVEDO, A. F.; VICENTE, A. F.; ZAMPIROLI, E.; ALVARENGA, F. S.; BARBOSA, L.; LIMA, N. R. **Age and growth of some delphinids in south-eastern Brazil.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 87, 293-303, 2007.

SILVA JUNIOR, D. R., CARVALHO, D. M. T., VIANNA, M. **The catfish *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) as a potential sentinela species in Brazilian estuarine waters.** Journal of Applied Ichthyology, v. 29, p. 1297-1303, 2013.

SILVA, A. F. **Distribuição dos moluscos bentônicos e sua relação com o sedimento na plataforma continental da região semiárida do Nordeste do Brasil.** (Tese) Universidade Federal do Ceará. 2014.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. **Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino.** Revista Agro@ mbiente On-line, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

SILVA, C. C., KLEIN, R. D., BARCAROLLI, I. F., & BIANCHINI, A. **Metal contamination as a possible etiology of fibropapillomatosis in juvenile female green sea turtles *Chelonia mydas* from the southern Atlantic Ocean.** Aquatic Toxicology, 170, 42-51., 2016.

SILVA, L. M. **Estrutura genética e análises de gargalo populacional em tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) no Atlântico sul ocidental.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Rio Grande, 139p., 2019.

SILVA, V. M. A. P. da; GROHMANN, P.A; ESTEVES, A.M. **Aspectos gerais do estudo da meiofauna de Praias arenosas**. Oecologia Brasiliensis, v. 3, p.67- 92, 1997.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A **Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira**. Revista Brasileira de Oceanografia, v. 48, n. 2, p. 171-183, 2000.

SILVEIRA, J. D. **Morfologia do litoral**. In: AZEVEDO, A. (Org.). Brasil, a terra e o homem. São Paulo: Companhia Editora Nacional, p. 253-305, 1968.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.M. **Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica – Brasil**. Acta Amazonica, v. 42, n. 2, p. 259-268, 2012.

SIQUEIRA-SILVA, A. I.; SILVA, L. C; AZEVEDO, A. A.; OLIVA, M. A. **Iron plaque formation and morphoanatomy of roots from species of restinga subjected to excess iron**. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 78, p. 265- 275, 2012.

SIRINGAM, K., JUNTAWONG, N., CHA-UM, S., KIRDMANEE, C. **Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under isoosmotic conditions**. Afr. J. Biotechnol., v. 10, p. 1340–1346, 2011. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1805>. Acesso em 04 jun. 2020.

SMITH, J.A.; MISKIEWICZ, A.G.; BECKLEY, L.E.; EVERETT, J. D.; GARCIA, V.; GRAY, C.A.; HOLLIDAY, D.; JORDAN, A.R.; KEANE, J.; LARA-LOPEZ, A.; LEIS, J.M.; MATIS, P.A.; MUHLING, B.A.; NEIRA, F.J., RICHARDSON, A.J.; SMITH, K.A.; SWADLING, K.M.; SYAHAILATUA, A.; TAYLOR, M.D.; VAN RUTH, P.D.; WARD, T.M. & SUTHERS, I.M. **Data Descriptor: A database of marine larval fish assemblages in Australian temperate and subtropical waters**. *Scientific Data* 5:180207, 2018.

SOARES- GOMES, A.; PAIVA, P.C.; SUMIDA, P.Y.G. **Bentos de sedimentos não consolidados**. In: Biologia Marina, SOARES-GOMES, A.; PEREIRA, A.C. (organizadores). Rio de Janeiro: Interciência. 2002.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O.; ESTRADA, G. C. D.; FERNANZ, V. **Mangrove forests associated with salt flats: a case study from southeast Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, v. 65, n. 2, p. 102-115, 2017.

SOARES, M. L. G.; TOGNELLA, M. M. P.; CUEVAS, E.; MEDINA, E. **Photosynthetic capacity and intrinsic water-use efficiency of *Rhizophora mangle* at its southernmost western Atlantic range**. Photosynthetica, v. 53, n. 3, p. 464-470, 2015.

SOARES–GOMES, A.; PIRES–VANIN, A.M. **Padrões de abundância, riqueza e diversidade de moluscos bivalves na plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil: uma comparação metodológica**. Rev. Bras. Zoo. 20:717–725. 2003.

SOJINU, S. O. et al. **Assessing anthropogenic contamination in surface sediments of Niger Delta, Nigeria with fecal sterols and n-alkanes as indicators.** *Science of the Total Environment*, [s. l.], v. 441, p. 89–96. 2012.

SOUZA, A.E. **Respostas morfofisiológicas em plantas expostas à estressores abióticos decorrentes da exploração de minério de ferro.** 2016. 85f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) - Campus Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SOUZA, B. S.; ALBINO, J. **Development and morphodynamics of beaches on horizontal shore platforms on the microtidal southeast coast of Brazil.** *Geomorphology*, v. 363, p. 107232, 2020.

SOUZA, C. A.; SCHMITZ, L. C. **Painel de medição de desempenho de projetos: uma proposta para uma organização de pesquisa e desenvolvimento.** *Revista de Gestão e Projetos*, v. 7, n. 3, p. 74-92, 2016.

SOUZA, N. L. N. et al. **Trace elements influence the hatching success and emergence of *Caretta caretta* and *Chelonia mydas*.** *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 50, p. 117–122, 1 dez. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X18301615>>. Acesso em: 16 out. 2019.

SOUZA, S.O.; VALE, C.C. **Vulnerabilidade Ambiental Da Planície Costeira De Caravelas (Ba) Como Subsídio Ao Ordenamento Ambiental.** *Sociedade & Natureza*, v.8, n.1, p.147-160, 2016.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves.** Earthscan, London, 319 p. 2010.

STAUB, R., *et al.* **The effect of industrial wastes of Memphis and Shelby country on primary plankton producers.** *Bioscience*, v. 20, p. 905-912, 1970.

STEVENSON, F. J.; ARDAKANI, M. S. **Organic matter reactions involving micronutrients in soils.** In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. ed. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. p.79-114.

STEWART, K. R., DUTTON, P. H. **Breeding Sex Ratios in Adult Leatherback Turtles (*Dermochelys coriacea*) May Compensate for Female-Biased Hatchling Sex Ratios.** *PLoS ONE* 9(2): e88138. doi: 10.1371/journal.pone.0088138, 2014.

STEYAERT, M., MOODLEY, L., NADONG, T., MOENS, T., SOETAERT, K., VINCX, M. **Responses of intertidal nematodes to short-term anoxic events,** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 345, 175-184. 2007.

STIRBET, A., LAZÁR, D., GOVINDJEE, J.K. **Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses?** *Photosynthetica*, v.56, n. 1, p.86-104, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0770-3>. Acesso em 03 jun. 2020.

- STOKES, D. J.; BULMER, R. H.; LUNDQUIST, C. J. **Addressing the mismatch between restoration objectives and monitoring needs to support mangrove management.** *Ocean & Coastal Management*, v. 134, p. 69-78, 2016.
- STOLL, R. D. Marine sediment acoustics. **Journal of the Acoustical Society of America.** v. 77, n. 5, p. 1789-1799, 1985.
- SUGIURA, S. H.; RABOY, V.; YOUNG, K. A.; DONG, F. M.; HARDY, R. W. Availability of phosphorus and trace elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture.** v. 170, p. 285-296, 1999.
- SUNAMURA, T. **Geomorphology of Rocky Coasts.** Chichester: John Wiley & Sons. 1992
- SUNDA, W.G. **Trace metal interactions with marine phytoplankton.** *Biol. Oceanogr.* 6, 411–442.
- SUNDA, W.G., HUNTSMAN, S.A. 2000. **Effect of Zn, Mn, and Fe on Cd accumulation in phytoplankton: Implications for oceanic Cd cycling.** *Limnol. Oceanogr.* 45, 1501–1516. 1988.
- SUSTEK, Z. **The bioindicative and prognostic significance of sex ratio in Carabidae (Insecta, Coleoptera).** *Ekologia*, v.3, n.1, p.3-22, 1984.
- SWARTZ, R.C. **Toxicological methods for determining the effects of contaminated sediment on marine organisms.** In: *Fate and Effects of Sediment Bound Chemicals in Aquatic Systems*, pp. 183-198. K.L. DICKSON, A.W. MAKI, AND W.A. BRUNGS, eds. New York, Pergamon Press. 1987.
- SWARTZ, R.C., W.A. DEBEN, J.K. JONES, J.O. LAMBERSON, F.A. COLE. **Phoxocephalid amphipod bioassay for marine sediment toxicity**, in, R.D. CARDWELL, R. PURDY, AND R.C. BAHNER, (eds.). *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Seventh Symposium*, 284-307. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 1985.
- TAM, N. F. Y.; WONG, Y. S. **Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater.** *Environmental Pollution*, v. 94, n. 3, p. 283-291, 1996.
- TANNER, S. E., PÉREZ, M., PRESA, P., THORROLD, S. R., CABRAL, H. N. **Integrating microsatellite DNA markers and otolith geochemistry to assess population structure of European hake (*Merluccius merluccius*).** *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* v.142, p. 68–75, 2014.
- TEBBETT, S. B., GOATLEY, C. H. R., BELLWOOD, D. R. **Fine sediments suppress detritivory on coral reefs.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 114. p. 934–940, 2017.
- TEDESCHI M., NOVO T., PEDROSA-SOARES A.C., DUSSIN, I. TASSINARI C., SILVA L.C., GONÇALVES L., ALKMIM F.F., LANA, C., FIGUEIREDO C., DANTAS E., MEDEIROS S., DE CAMPOS C., CORRALES F., HEILBRON M. **The Ediacaran Rio Doce magmatic arc revisited (Araçuaí-Ribeira orogenic system, SE Brazil).** *Journal of South American Earth Sciences* 68: 167-186. 2016.

TEICHERT, N., LEPAGE, M., SAGOUIS, A., BORJA, A., CHUST, G., FERREIRA, M.T., PASQUAUD, S., SCHINEGGER, R., SEGURADO, P., ARGILLIER, C. **Functional redundancy and sensitivity of fish assemblages in European rivers, lakes and estuarine ecosystems**. Scientific Reports 7, 17611. 2017.

TEIXEIRA, B. A. C. **Estrutura da fauna bentônica de duas praias do norte do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 65 p. 2016.

TEIXEIRA, C. E. P., LESSA, G. C., CIRANO, M., & LENTINI, C. A. D. **The inner shelf circulation on the Abrolhos Bank, 18°S, Brazil**. Continental Shelf Research, 70, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.09.003>, 2013.

TEIXEIRA-AMARAL, P.; AMARAL, W.J.A.; ORTIZ, D.O.; AGOSTINI, V.O.; MUXAGATA, E. **The mesozooplankton of the Patos Lagoon Estuary, Brazil: trends in community structure and secondary production**. Marine Biology Research, 13(1), 48-61. 2017.

THURMAN, C. L.; FARIA, S. C.; MCNAMARA, J. C. **The distribution of fiddler crabs (Uca) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean**. Marine Biodiversity Records, v. 6, 2013.

THURMAN, C.; HANNA, J.; BENNETT, C. **Ecophenotypic physiology: osmoregulation by fiddler crabs (Uca spp.) from the northern Caribbean in relation to ecological distribution**. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, v. 43, n. 5, p. 339-356, 2010.

TOGNETTA, M. M. P.; SOARES, M. L. G.; CUEVAS, E.; MEDINA, E. **Heterogeneity of elemental composition and natural abundance of stable isotopes of C and N in soils and leaves of mangroves at their southernmost West Atlantic range**. Brazilian Journal of Biology, v. 76, n. 4, p. 994-1003, 2016.

TOGNETTA, M. M. P.; TOSTA, M. C. R.; CARROSO, G. F.; HOFFMAN, M.; FILHO, E. A. **Gestão do Ecossistema Manguezal no Brasil**. In: RODRIGUES, T. A. R.; NETO, J. L.; GALVÃO, D. O. As ciências do mar em todos os seus aspectos [recurso eletrônico]. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. 143 p.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Cambridge University Press, New York, 1986. 413 p

TOMLINSON, P. B. **Tree architecture: new approaches help to define the elusive biological property of tree form**. American Scientist, v. 71, n. 2, p. 141-149, 1983.

TOREZANI, E., BAPTISTOTTE, C., MENDES, S. L. & BARATA, C. R. **Juvenile green turtles (Chelonia mydas) in the effluent discharge channel of a steel plant, Espírito Santo, Brazil, 2000-2006**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90: 233–246, 2010.

TOUSSAINT, A.; CHARPIN, N.; BROSE, S.; VILLÉGER, S. **Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread.** Sci. Rep. 6. 2016.

TSIMILLI-MICHAEL, M. **Special issue in honour of Prof. Reto J. Strasser – Revisiting JIP-test: An educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology.** Photosynthetica, v. 58 (SPECIAL ISSUE), p.275-292, 2020. <https://doi.org/10.32615/ps.2019.150>. Acesso em 04 jun. 2020.

TSOUKALI, S.; GIANNOULAKI, M.; SIAPATIS, A.; SCHISMENOU, E.; SOMARAKIS, S. **Using spatial indicators to investigate fish spawning strategies from ichthyoplankton surveys: A case study on co-occurring pelagic species in the NE Aegean Sea.** Mediterranean Marine Science, v. 20, nº1, 2019.106-119. doi: <https://doi.org/10.12681/mms.15310>.

TURNER, J. T. **The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs.** Zoological studies, 43(2), 255-266. 2004.

TURNER, J.T. **Zooplankton feeding ecology: contents of fecal pellets of the copepods *Temora turbinata* and *T. stylifera* from continental shelf and slope waters near the mouth of the Mississippi River.** Marine Biology, 82(1), 73-83. 1984.

TWILLEY, R. R. **Coupling of mangroves to the productivity of estuarine and coastal waters.** In: JANSSON, B. O. (eds) Coastal-offshore ecosystem interactions. Springer, Berlin, Heidelberg, 1988. p. 155-180.

TWILLEY, R. R.; RIVERA-MONROY, V. H. **Ecogeomorphic models of nutrient biogeochemistry for mangrove wetlands. Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach.** Elsevier, Amsterdam, v. 641, 2009.

UNDERWOOD, A. J. **Beyond baci: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations.** Marine and Freshwater Research, v. 42, n. 5, p. 569–587, 1991.

UNDERWOOD, A. J. **Beyond BACI: The detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 161, n. 2, p. 145–178, 1992.

UNDERWOOD, A. J. **On Beyond BACI: Sampling Designs that Might Reliably Detect Environmental Disturbances.** Ecological Society of America, v. 4, n. 1, p. 3–15, 1994.

UNDERWOOD, A. J. **The mechanics of spatially replicated sampling programmes to detect environmental impacts in a variable world.** Australian Journal of Ecology, v. 18, n. 1, p. 99–116, 1993.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, soils and Oils.** (Technical Resource Document, EPA SW-846/3052), 2013.

UTTAH, E.; OGBECHE, J.; UKPONG, G.I.; AJANG, R.; IBOH, C.; AYANDA, O.I. **The Taxa Structure and Composition of Zooplankton Communities of Bonny Estuary: A Bio-indication of Anthropogenic Activities.** The Pacific Journal of Science

VALERIANO C.M., NEWMANN R., ALKIMIM A.R., EVANGLISTA H., HEILBRON M., AGUIAR-NETO C.C., PARAVIDINI DE SOUZA G. **Sm-Nd and Sr isotope fingerprinting of iron mining tailing deposits spilled from the failed SAMARCO Fundão dam 2015 accident of Mariana, SE- Brazil.** Applied Geochemistry, 106: 34-44. 2013. 2019.

VALLE-LEVINSON, A.; DE VELASCO, G. G.; TRASVIÑA, A.; SOUZA, A. J.; DURAZO, R.; MEHTA, A. J. **Residual Exchange Flows in Subtropical Estuaries.** Estuaries and Coasts, v. 32, p. 54-67, 2009.

VAN DAMME, D., HEIP, C.H.R., WILLEMS, K. **Influence of pollution on the harpacticoid copepods of two North Sea estuaries.** Hydrobiologia. 112, 143-160. 1984.

VAN GEEST, G.J.; WOLTERS, H.; ROOSEN, F.C.J.M.; COOPS, H.; ROIJACKERS, R.M.M.; BUIJSE, A.D.; SCHEFFER, M. **Water-level fluctuations affect macrophyte richness in floodplain lakes.** Hydrobiologia, vol. 539, nº 1, p. 239-248, 2005.

VAN SON, T. C.; THIEL, M. **Anthropogenic Stressors and Their Effects on the Behavior of Aquatic Crustaceans.** In: Duffy, J.E. e Thiel, M. (Eds.). Evolutionary Ecology of Social and Sexual Systems: Crustaceans as Model Organisms. Oxford University Press, Oxford, 2007. p.413-441.

VARGAS, S. M; LINS, L. S. F.; MOLFETTI, E.; HO, S. Y. W.; MONTEIRO, D.; BARRETO, J.; COLMAN, L.; VILA-VERDE, L.; BAPTISTOTTE, C.; THOMÉ, J. C. A.; SANTOS, F. R. **Revisiting the genetic diversity and population structure of the critically endangered leatherback turtles in the South-west Atlantic Ocean: insights for species conservation.** Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 99, p. 31-41, 2019.

VELOSO, G.V., NEVES, G., DE ALMEIDA CAPPEN, L. **Sensitivity of a cirolanid isopod to human pressure.** Ecol Indic v. 11, p.782-788, 2011.

VESPREMEANU-STROE, A.; PREOTEASA, L.; FLORIN, Z.; ROTARU, S.; CROITORU, L.; TIMAR-GABOR, A. **Formation of Danube delta beach ridge plains and signatures in morphology.** Quaternary International, v.415 n.10 p. 268-285, 2016.

VIDAL, L. G. **Contaminantes orgânicos em boto-cinza (Sotalia guianensis, Cetartiodactyla: Delphinidae) da costa do Brasil.** Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Ciências Biológicas). Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.160 p. 2015.

- VIÉGAS, N. J. de F. **Modelagem numérica das marés no litoral do Espírito Santo**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2006.
- VIEIRA, F. V.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; LEITE, M. D. *et al.* **Along-shelf changes in mixed carbonate-siliciclastic sedimentation patterns**. Continental Shelf Research, 187, p. 103964, 2019.
- VIEIRA, J.V., BORZONE, C.A., LORENZI, L., CARVALHO, F.G. **Human impact on the benthic macrofauna of two beach environments with different morphodynamic characteristics in southern Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography 60, 135-148, 2012.
- VILLORA-MORENO S. **Environmental heterogeneity and the biodiversity of interstitial polychaeta**. Bulletin of Marine Science, v. 60, p. 494–501, 1997.
- VILLWOCK, J. A. A **Costa Brasileira: geologia e evolução**. In: ACIESP (org.). 3º Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Brasileira. Anais v. 1. p. 1-15, 1994.
- WAGEMANN, R., MUIR, D.C.G. **Concentrations of Heavy Metals and Organochlorines in Marine Mammals of Northern Waters: Overview and Evaluation**. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 1279, p. 1-97. 1984.
- WALTER, H. J. W. *et al.* **Provenance And Transport Of Terrigenous Sediment In The South Atlantic Ocean And Their Relations To Glacial And Interglacial Cycles : Nd And Sr Isotopic Evidence**. Geochimica Et Cosmochimica Acta, V. 64 N. 22, P. 3813–3827, 2000.
- WATZKA, M.; MEDINA, E. **Mangroves in Contrasting Osmotic Environments: Photosynthetic Costs of High Salinity Tolerance**. In: Cañedo, J. C. G.; Lizárraga, G. L. L. (ed.) Photosynthesis: From Its Evolution to Future Improvements in Photosynthetic Efficiency Using Nanomaterials. IntechOpen, 2018. p. 69-91.
- WEIS, J. S.; CRISTINI, A.; RANGA RAO, K. **Effects of pollutants on molting and regeneration in Crustacea**. American Zoologist, v. 32, n. 3, p. 495-500, 1992.
- WEN-YEN, H.; MEINSCHIN, W. G. **Sterols as source indicators of organic materials in sediments**. Geochimica et Cosmochimica Acta, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 323–330. 1976.
- WEST, K. L.; MEAD, J. G.; WHITE, W. **Steno bredanensis (Cetacea: Delphinidae)**. Mammalian Species, 43 (886), 177-189, 2011.
- WILEY, R. H.; RICHARDS, D. G. Physical constraints on acoustic communication in atmosphere – implications for evolution of animal vocalizations. **Behavioural Ecology and Sociobiology**. v. 3, p. 69–94, 1978.
- WILHELM, S.W. **Ecology of iron-limited cyanobacteria: a review of physiological responses and implications for aquatic ecosystems**. Aquatic Microbial Ecology, v. 9, p. 295-303, 1995.

- WILHM, J., DORRIS, T. **Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents**. American Midland Naturalist, v. 76, p. 427-449, 1966.
- WILKIE, M. L.; FORTUNA, S. **Status and trends in mangrove area extent worldwide**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forest Resources Division. Forest Resources Assessment Working Paper, n. 63, 2003.
- WOLANSKI, E. **Hydrodynamics of mangrove swamps and their coastal waters**. Hydrobiologia, v. 247, p. 141-161, 1992.
- WOLANSKI, E.; BOORMAN, L. A.; CHÍCARO, L.; LANGLOIS-SALIOU, E.; LARA, R.; PLATER, A. J.; UNCLES, R. J.; ZALEWSKI, M. **Ecohydrology as a new tool for sustainable management of estuaries and coastal waters**. Wetlands Ecology and Management, v. 12, n. 4, p. 235-276, 2004.
- WOODROFFE, C.; ROBERTSON, A.; ALONGI, D. **Mangrove sediments and geomorphology**. Tropical Mangrove Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies, v. 41, 1992.
- WU, N. *et al.* **Study Progress in Riverine Phytoplankton and its Use as Bio-Indicator – a Review**. Austin Journal of Hydrology, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2014.
- XIE, Z.C., N.C. WONG, P.Y. QIAN & J.W. QIU. **Responses of polychaeteHydroides elegans life stages to copper**. Mar. Ecol. Prog. Ser., v. 285, p. 89-96, 2005.
- XUN, E., ZHANG, Y., ZHAO, J., GUO, J. **Heavy metals in nectar modify behaviors of pollinators and nectar robbers: Consequences for plant fitness**. Environ. Pollut. v.242, p.1166–1175, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.128>. Acesso em 04 jun. 2020.
- XUN, E., ZHANG, Y., ZHAO, J., GUO, J., **Translocation of heavy metals from soils into floral organs and rewards of Cucurbita pepo: Implications for plant reproductive fitness**. Ecotoxicol. Environ. Saf. v.145, p.235–243, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.045>. Acesso em 31 mai. 2020.
- YANG Y, ZHANG L, HUANG X, ZHOU Y, QUAN Q, et al. **Response of photosynthesis to different concentrations of heavy metals in Davidia involucrata**. PloS One, v.15, n.3, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228563>. Acesso em 03 jun. 2020.
- YU, OH.; SUH, H.L.; SHIRAYAMA, Y. **Feeding ecology of three amphipod species Synchelidium lenorostralum, S. trioostegitum and Gitanopsis japônica in the surf 6: 167-170, 1 of a Sandy shore**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 258: 189-199. 2003.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. Prentice-Hall/Pearson, 5. ed, Upper Saddle River, p. 944 2010.
- ZERBINI, A. N., E. SECCHI, E. CRESPO, D. DANILEWICZ AND R. REEVES. **Pontoporia blainvillei**. In: IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. 2017.

ZHANG, J.; ZHOU, F.; CHEN, C.; SUN, X.; SHI, Y.; ZHAO, H.; CHEN, F. **Spatial distribution and correlation characteristics of heavy metals in the seawater, suspended particulate matter and sediments in Zhanjiang Bay, China.** PLoS ONE, v. 13, n. 8, 1–25. 2018

9 AGRADECIMENTOS

A FEST-RRDM agradece à Fundação Renova pela grande contribuição dada ao processo de elaboração do presente Relatório Semestral de Evolução (RSE) do PMBA/FEST, desde sua fase de concepção até a revisão de sua versão original, data de 22 de junho de 2020, que se deu por meio da disponibilização de Peer Review do Instituto Ekos Brasil. Agradecemos a todos os membros do Peer Review do Instituto Ekos Brasil, relacionados a seguir, pela valiosa contribuição oferecida às equipes de pesquisadores responsáveis pela elaboração do RSE, que resultou em significativo aperfeiçoamento de sua versão original: Alexander Turra, Belmiro Mendes, Erika Zaher, Fabio Roland, João Milanelli, Juraci Alves, Luís Schiesari, Nilo Nascimento, Paulo Meletti, Paulo Pompeu e Ricardo Borba.

10 APÊNDICE

O presente tópico foi dividido em Apêndice I (Ambiente Dulcícola), Apêndice II (Ambiente Costeiro) e Apêndice III (Ambiente Marinho), onde são apresentados em detalhe os resultados relatados nas sínteses narrativas dos respectivos Ambientes, incluindo gráficos, tabelas, figuras, diagramas, esquemas ilustrativos e mapas que justificam os resultados apresentados nas respectivas narrativas. São também citados os Materiais Suplementares, disponibilizados via pasta de arquivos eletrônicos, juntamente com o RSE.

Os Materiais Suplementares compreendem as tabelas, figuras, esquemas e gráficos mais detalhados que foram utilizados ao longo do processo de análise dos dados e elaboração do RSE. Estes materiais foram identificados e referenciados por meio de siglas que representam o título do arquivo disponibilizado para consulta.

O título, por sua vez, representa a origem do arquivo, ou seja, o Anexo/Subprojeto que deu origem ao Material Suplementar. Abaixo segue a lista de siglas atribuídas ao Material Suplementar, bem como suas respectivas origens dentro da estrutura organizacional do PMBA/FEST-RRDM:

Sigla do Material Suplementar	Origem do Material Suplementar
AMBIENTE DULCÍCOLA	
A3DIS	Anexo 3 Dulcícola / Integração da Bacia
A3DLS	Anexo 3 Dulcícola / Limnologia
A3DQS	Anexo 3 Dulcícola / Química
A1DS1	Anexo 1 / Dulcícola / Suplementar 1
A1DS2	Anexo 1 / Dulcícola / Suplementar 2
A1DS3	Anexo 1 / Dulcícola / Suplementar 3
A1DS4	Anexo 1 / Dulcícola / Suplementar 4
A3DZS1	Anexo 3 Dulcícola / Zooplâncton / Suplementar 1
A3DZS2	Anexo 3 Dulcícola / Zooplâncton / Suplementar 2
A3DZS3	Anexo 3 Dulcícola / Zooplâncton / Suplementar 3
A3DZS4	Anexo 3 Dulcícola / Zooplâncton / Suplementar 4
A3DZS5	Anexo 3 Dulcícola / Zooplâncton / Suplementar 5
A3DPS	Anexo 3 Dulcícola / Perifíton
A7DES1	Anexo 7 Dulcícola / Ecologia / Suplementar 1
A7DES2	Anexo 7 Dulcícola / Ecologia / Suplementar 2
A7DGS	Anexo 7 Dulcícola / Genética
AMBIENTE COSTEIRO	
A1CS1	Anexo 1 / Costeiro / Suplementar 1

Sigla do Material Suplementar	Origem do Material Suplementar
A4PMS1	Anexo 4 Praias / Morfodinâmica / Suplementar 1
A4PBS1	Anexo 4 Praias / Bentos / Suplementar 1
A4PGS1	Anexo 4 Praias / Geoquímica / Suplementar 1
A5MS1	Anexo 5 / Manguezal / Suplementar 1
A5MS2	Anexo 5 / Manguezal / Suplementar 2
A5MS3	Anexo 5 / Manguezal / Suplementar 3
A5MS4	Anexo 5 / Manguezal / Suplementar 4
A5RS1	Anexo 5 / Restinga / Suplementar 1
A6MAS1	Anexo 6 Megafauna / Aves / Suplementar 1
A6MCCS1	Anexo 6 Megafauna / Costeiro Cetáceos / Suplementar 1
A6MCCS2	Anexo 6 Megafauna / Costeiro Cetáceos / Suplementar 2
A6MCCS3	Anexo 6 Megafauna / Costeiro Cetáceos / Suplementar 3
A6MCCS4	Anexo 6 Megafauna / Costeiro Cetáceos / Suplementar 4
A6MCCS5	Anexo 6 Megafauna / Costeiro Cetáceos / Suplementar 5
A6MTS1	Anexo 6 Megafauna / Tartarugas / Suplementar 1
AMBIENTE MARINHO	
A1MS1	Anexo 1 / Marinho / Suplementar 1
A1MS2	Anexo 1 / Marinho / Suplementar 2
A1MS3	Anexo 1 / Marinho / Suplementar 3
A1MS4	Anexo 1 / Marinho / Suplementar 4
A1MS5	Anexo 1 / Marinho / Suplementar 5
A3MBS1	Anexo 3 Marinho / Bentos / Suplementar 1
A3MFS1	Anexo 3 Marinho / Fitoplâncton / Suplementar 1
A3MFRS1	Anexo 3 Marinho / Fundos Recifais / Suplementar 1
A3MFRS2	Anexo 3 Marinho / Fundos Recifais / Suplementar 2
A3MFRS3	Anexo 3 Marinho / Fundos Recifais / Suplementar 3
A3MFRS4	Anexo 3 Marinho / Fundos Recifais / Suplementar 4
A3MHS1	Anexo 3 Marinho / Hidrogeoquímica / Suplementar 1
A3MHS2	Anexo 3 Marinho / Hidrogeoquímica / Suplementar 2
A3MHS3	Anexo 3 Marinho / Hidrogeoquímica / Suplementar 3
A3MIS1	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 1
A3MIS2	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 2
A3MIS3	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 3
A3MIS4	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 4
A3MIS5	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 5
A3MIS6	Anexo 3 Marinho / Ictioplâncton / Suplementar 6

Sigla do Material Suplementar	Origem do Material Suplementar
A3MMHS1	Anexo 3 Marinho / Mapeamento de Habitats/ Suplementar 1
A3MMNS1	Anexo 3 Marinho / Modelagem Numérica / Suplementar 1
A3MMNS2	Anexo 3 Marinho / Modelagem Numérica / Suplementar 2
A3MMNS3	Anexo 3 Marinho / Modelagem Numérica / Suplementar 3
A3MMNS4	Anexo 3 Marinho / Modelagem Numérica / Suplementar 4
A3MMNS5	Anexo 3 Marinho / Modelagem Numérica / Suplementar 5
A3MSS1	Anexo 3 Marinho / Sedimentologia / Suplementar 1
A3MZS1	Anexo 3 Marinho / Zooplâncton / Suplementar 1
A3MZS2	Anexo 3 Marinho / Zooplâncton / Suplementar 2
A6MCS1	Anexo 6 Megafauna / Cetáceos / Suplementar 1
A6MCS1	Anexo 6 Megafauna / Sobrevoos / Suplementar 1
A6MCS2	Anexo 6 Megafauna / Sobrevoos / Suplementar 2
A6MSS3	Anexo 6 Megafauna / Sobrevoos / Suplementar 3
A7IS1	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 1
A7IS2	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 2
A7IS3	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 3
A7IS4	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 4
A7IS5	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 5
A7IS6	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 6
A7IS7	Anexo 7 Ictiofauna / Suplementar 7