



Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática na Área Ambiental I

AVALIAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE DADOS PRETÉRITOS

Sistemas Pelágico, Sedimentos, Comunidade Biótica e Ecotoxicologia

RT-01RRDM/OUT18

Coordenação Geral

Alex Cardoso Bastos

Edmilson Costa Teixeira

Eustáquio Vinícius de Castro

**Vitória,
Outubro de 2018**

COORDENAÇÕES POR ANEXO

Anexo 1

Adalto Bianchini (FURG)

Anexo 3

Fabian Sá (UFES)

Gilberto Fonseca Barroso (UFES)

Subprojetos

Alessandra Delazari Barroso (FAESA)

Alex Cardoso Bastos (UFES)

Ana Cristina Teixeira Bonecker (UFRJ)

Anderson Geyson Alves de Araújo (UFES)

Björn Gücker (UFSJ)

Camilo Dias Júnior (UFES)

Daniel Rigo (UFES)

Edmilson Costa Teixeira (UFES)

Eneida Maria Eskinazi Sant'Anna (UFOP)

Gilberto Amado Filho (IPJB)

Iola Gonçalves Boechat (UFSJ)

Leila Lourdes Longo (UFRB)

Luís Fernando Loureiro (UFES)

Marco Aurélio Caiado (UFES)

Renato David Ghisolfi (UFES)

Renato Rodrigues Neto (UFES)

Rodrigo Leão de Moura (UFRJ)

Valéria da Silva Quaresma (UFES)

Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)

Vanya Marcia Duarte Pasa (UFMG)

Anexo 4

Jacqueline Albino (UFES)

Subprojetos

Karla Costa (UFES)

Maria Tereza Carneiro (UFES)

Anexo 5

Diolina Moura Silva (UFES)

Mônica Tognella (UFES)

Anexo 6

Agnaldo Silva Martins (UFES)

Subprojetos

Ana Paula Cazerta Farro (UFES)

Leandro Bugoni (FURG)

Sarah Vargas (UFES)

Anexo 7

Maurício Hostim (UFES)

Jorge Dergam (UFV)

Subprojetos

Carlos W. Hackradt (UFSB)

Fabiana Felix Hackradt (UFSB)

Jean-Christophe Joyeux (UFES)

Luis Fernando Duboc (UFV)

Anexo 8

Heitor Evangelista (UERJ)

Coordenação Técnica

Alex Cardoso Bastos

Laura Silveira Vieira Salles

Tarcila Franco Menandro

Coordenação Escritório de Projetos

Eustáquio Vinicius Ribeiro de Castro

Patrícia Bourguignon Soares

Armando Biondo Filho

Paulo Roberto Filgueiras

Valdemar Lacerda Junior

Walter Luiz Alda Junior

Coordenação Núcleo de Atuação

Integrada em Rede

Edmilson Costa Teixeira

Karla Libardi Gallina

Contato

Rede Rio Doce Mar | RRDM

Escritórios de Projetos

Universidade Federal do Espírito Santo

Av. Fernando Ferrari, 514

Goiabeiras, Vitória, ES, CEP 29075-910

(27) 3145-4522 | escritorio@rrdm.net.br

Sumário

1.	SUMÁRIO EXECUTIVO	4
2.	INTRODUÇÃO	5
3.	ANÁLISE RESUMIDA DOS RELATÓRIOS	6
3.1.	Ecotoxicologia nos ambientes dulcícola, estuarino e marinho	6
3.2.	Ambiente Dulcícola	7
2.2.1.	Hidroquímica	7
2.2.2.	Fitoplâncton	7
3.3.	Ambiente Marinho	8
3.3.1.	Modelagem	8
2.3.2.	Hidrogeoquímica	9
2.3.3.	Sedimentologia	10
2.3.4.	Comunidade bentônica	11
2.3.5.	Comunidade planctônica	12
2.3.6.	Ictiofauna	14
2.3.7.	Ecossistema Manguezal	15
2.3.8.	Ecossistema praial	15
3.4.	Requisição da dados brutos	16
4.	ANÁLISE CONSOLIDADA – UMA VISÃO GERAL DOS RELATÓRIOS E PUBLICAÇÕES	18
4.1.	Análise crítica dos dados	18
4.2.	Um diagnóstico resumido	22
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6.	REFERÊNCIAS	35
APÊNDICE A - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados		

Pretéritos referentes à Ecotoxicologia.....	37
APÊNDICE B - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Análises Químicas do Ambiente Dulcícola.....	83
APÊNDICE C – Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Fitoplanctônicas Dulcícolas.....	120
APÊNDICE D - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Hidroquímica dulcícola.....	127
APÊNDICE E - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Comunidades Bentônicas Marinhas.	155
APÊNDICE F - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Fitoplanctônicas Marinhas.	161
APÊNDICE G - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Fundos Recifais e Rodolitos.	175
APÊNDICE H - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Hidrogeoquímica Marinha.....	200
APÊNDICE J - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Modelagem Numérica.....	243
APÊNDICE K - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Sedimentologia.	274
APÊNDICE L - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Zooplanctônicas Marinhas.	317
APÊNDICE M - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes ao Ecossistema Praial.	320
APÊNDICE N - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes ao Ecossistema Manguezal.	333
APÊNDICE O - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Ictiofauna Marinha.	348

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O relatório aqui apresentado teve como objetivo realizar uma avaliação dos dados coletados ao longo da calha do Rio Doce e regiões costeira e marinha adjacentes à foz do Rio Doce. Os trabalhos avaliados são em sua totalidade de empresas de consultoria contratadas pelas controladoras da Samarco S.A. e, posteriormente pela Fundação Renova. Esta avaliação englobou a validade dos métodos de coleta e análise (quando disponibilizados), a forma de apresentação dos resultados e a consistência das análises e interpretações. Com o objetivo de se ter um primeiro diagnóstico do impacto causado na biodiversidade, inclui-se nesta análise final os relatórios desenvolvidos pela Universidade Federal do Espírito Santo, Fundação Universidade de Rio Grande e Universidade do Estado do Rio de Janeiro, além de trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais. Os dados considerados relevantes para compor o banco de dados ambientais foram solicitados a Fundação Renova através do envio de uma planilha indicando os relatórios e as informações requeridas.

Os relatórios aqui avaliados são referentes a coletas e análises realizadas no período entre novembro de 2015 e julho de 2018. Vale ressaltar, que o relatório consolidado com os resultados do Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS), referente ao monitoramento entre agosto de 2017 e julho de 2018 não havia sido ainda validado pelo Sistema CIF; logo, não foi alvo dessa avaliação. O Relatório de Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos está estruturado em 6 seções, sendo que na seção 3 apresenta-se de forma resumida as análises feitas para cada relatório avaliado, seguindo as temáticas do TR4/ICMBio. A seção 4 apresenta uma análise consolidada dos relatórios avaliados e de outros dados existentes. Nessa seção também é feita uma discussão crítica de forma ampla sobre os dados coletados e um diagnóstico das fases de impacto agudo e crônico. Os Apêndices (A a O) ao Relatório são referentes as análises específicas e resumidas de cada relatório analisado.

As principais dificuldades observadas estiveram na falta de integração entre os relatórios pretéritos que impossibilita um diagnóstico sobre o impacto causado pelo rejeito de minério nos diferentes objetos de estudo. Isso deixa em aberto a relação entre as condições físico-químicas do sistema e o impacto sobre a biodiversidade. Foram observadas também inadequações quanto as malhas amostrais, frequências de monitoramento e ausência de estudos em comunidades extremamente afetadas pela chegada do rejeito (exemplo, bentos). A ausência de uma análise integrada básica faz com que as conclusões dos relatórios fiquem restritas à descrição de resultados e suposições quanto ao impacto. Basicamente não há uma análise efetiva e diagnóstica sobre o impacto causado pelo rejeito de minério. Muitos ecossistemas foram amostrados uma única vez, por exemplo, manguezais e praias, e estudos de médio e longo prazo para comunidades importantes, como fitoplâncton e zooplâncton, e organismos bentônicos, não foram realizados.

Durante todo este período não houve, entre os relatórios apresentados, uma tentativa de consolidação das informações. A única exceção seria a tentativa de consolidar os sobrevoos realizados para determinação da extensão da pluma. Os relatórios apresentados pela UFES e FURG tentaram uma abordagem mais integrada, mostrando o impacto na coluna d'água e sedimento, combinando as análises de qualidade de água e sedimento, plâncton, bentos e bioacumulação/toxicidade. A consolidação dos dados mostra que houve um impacto agudo inicial que afetou a biodiversidade em vários níveis e que gerou ainda a contaminação do pescado. A partir do segundo ano, o que se observou foi uma relação grande da variabilidade dos parâmetros, incluindo qualidade de água e sedimento, com a sazonalidade. Os períodos chuvosos apresentaram sempre aumento nos teores de metais na água. Algumas perguntas ainda estão em aberto, principalmente no que tange o impacto dessa sazonalidade nos níveis ecológicos, a resiliência e recuperação do ecossistema, e a distribuição do rejeito depositado ao longo da costa e na porção marinha. Estas questões não foram respondidas de forma clara e direta com os relatórios analisados.

De forma a aproveitar a importante base de dados produzida até o momento da assinatura do Acordo de Cooperação (com as devidas restrições observadas), os dados considerados válidos pelos colaboradores da Rede Rio Doce Mar (RRDM) serão reanalisados e incorporados à base de dados produzida pelo Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática entre setembro de 2018 e setembro de 2019.

2. INTRODUÇÃO

Este relatório corresponde à apresentação da Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos levantados entre novembro de 2015 e junho de 2018 a ser entregue no quarto mês após a assinatura do Termo de Cooperação Fundação Renova-FEST. Os dados pretéritos que foram avaliados são Relatórios produzidos para a Samarco SA, VALE SA e Fundação Renova, assim como para órgãos ambientais, e abrangem vários temas relacionados aos ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Doce e região marinha adjacente. Estas análises seguiram as seguintes etapas: Avaliação da Base de Dados Pretéritos para validar a consistência dos dados; Análise Crítica dos Dados Brutos; Consolidação da Base de Dados Disponível, incluindo bibliografia técnico/científica e dados não pertencentes à Samarco e Fundação Renova, objetivando a construção de um diagnóstico ambiental do que for possível. O objetivo principal da análise dos dados pretéritos é a identificação e caracterização dos efeitos agudos e crônicos sobre as espécies biológicas e cadeia trófica dos ecossistemas dulcícolas, estuarino e marinho; além da avaliação do habitat de fundo marinho, incluindo algas calcáreas, rodólitos e corais, nas áreas estuarinas, marinhas e da foz do rio atingidas pelo material oriundo do desastre ambiental. Os dados considerados válidos serão reanalisados e incorporados à base de dados que será coletada no Programa de

Monitoramento da Biodiversidade Aquática entre outubro de 2018 e setembro de 2019.

O relatório aqui apresentado consiste de: i) uma análise resumida e consolidada dos relatórios técnicos avaliados, separados por temas e ambientes (Ecotoxicologia, Ambiente Dulcícola, Ambiente Marinho, Praias e Manguezais); ii) uma análise diagnóstica geral das condições atuais incluindo dados publicados na literatura e os relatórios produzidos por equipes da RRDM; iii) anexos com as análises individualizadas de cada relatório avaliado; e iv) uma planilha consolidada contendo as informações básicas de cada relatório com uma avaliação básica de cada equipe da RRDM.

3. ANÁLISE RESUMIDA DOS RELATÓRIOS

Encaminhamos em anexo a este relatório o arquivo em Excel “Planilha de Avaliação de Dados Pretéritos_Unificada.xls”, onde são demonstrados os estudos analisados para a elaboração deste relatório e o anexo/projeto da RRDM responsável por sua avaliação.

3.1. Ecotoxicologia nos ambientes dulcícola, estuarino e marinho

Dentro do contexto da Ecotoxicologia, doze relatórios técnicos foram disponibilizados para análise, onde, em conjunto, o objetivo dos relatórios foi a análise, principalmente, de metais nos tecidos dos organismos dos ambientes dulcícola, estuarino e marinho, assim como a realização de um monitoramento ecotoxicológico dos impactos causados pela lama de rejeito de minério oriunda do rompimento da barragem de Fundão nestes ambientes.

As análises se concentraram, principalmente, no momento pós-rompimento da barragem, porém alguns relatórios trouxeram resultados de concentrações de metais nos organismos dos ambientes em questão anteriormente ao rompimento, o que pode servir como base de referência anterior à chegada da pluma de rejeitos.

A grande maioria dos relatórios deixa clara a contaminação de peixes e moluscos pelos metais oriundos do rejeito de minério, porém, alguns não apontam para uma relação direta entre a contaminação observada no pescado com os metais que são típicos dos rejeitos da mineração, porém foram encontrados altos níveis (até excessivo em alguns) de metais em todos os resultados analisados.

Foi ainda feito um alerta para as populações que possuem ligação direta com o Rio Doce e seus afluentes para que sejam informadas sobre o potencial risco de consumo de pescados contaminados.

Com resultados de amostragem marinha, relatórios apontaram também concentrações elevadas de metais na água (acima dos limites permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA), principalmente nos pontos mais próximos à foz do Rio Doce, o que coincide com as maiores concentrações de metais acumulados e danos em lipídios de membrana (LPO) no zooplâncton. Para crustáceos e peixes, a maioria das amostras

analisadas apresentou concentrações de As, Cd e Pb acima dos limites estabelecidos na legislação vigente (Resolução RDC 42/2013 da ANVISA).

3.2. Ambiente Dulcícola

3.2.1. Hidroquímica

Dentro do contexto da hidroquímica dulcícola, seis relatórios técnicos foram analisados. Os temas e objetivos abrangeram um reconhecimento da qualidade de água e do sedimento ao longo do Rio Doce, assim como uma identificação inicial dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem de Fundão, que tem servido para orientar ações relacionadas ao controle e mitigação desses impactos, bem como para subsidiar a definição de levantamentos complementares de informações que são necessárias para a especificação e detalhamento das demais ações de recuperação.

Os diferentes relatórios apresentaram interpretações díspares em relação aos dados coletados, porém todos deles apresentam parâmetros que sofreram alterações relacionadas à passagem da pluma de rejeito de minério.

Desta forma, segundo a ótica hidroquímica, todos os relatórios analisados, mesmo alguns não expondo diretamente o fato, apresentaram variações ocorridas em parâmetros físicos e químicos na água e no sedimento, do ponto de vista espacial e temporal, que refletem a passagem da pluma de rejeitos, assim como a persistência e/ou recorrência dos efeitos no Rio Doce, lagoas marginais e tributários.

O relatório consolidado da Golder Associates de junho de 2018 apresenta uma análise temporal de parâmetros de qualidade de água de novembro de 2015 até Março de 2017. Os parâmetros de qualidade de água que apresentaram evidências de alteração e foram mais persistentes e recorrentes temporalmente foram Alumínio dissolvido, Arsênio total, Cor verdadeira, Cromo total, DQO, Ferro dissolvido, Fósforo total, Manganês total, sólidos em suspensão, turbidez e Zinco total. Esses parâmetros persistem elevados até o fim do monitoramento do relatório apresentado. Para as lagoas do baixo Rio Doce que foram avaliadas, os parâmetros Arsênio total, Chumbo total, Ferro total, Fósforo total, Manganês total e Nitrogênio total apresentaram indícios de alteração.

3.2.2. Fitoplâncton

Dois relatórios abordaram aspectos da comunidade fitoplanctônica dulcícola com foco principal na distribuição de cianobactérias. O parâmetro densidade de cianobactérias apresentou variação com tendência a redução, que não pode ser confirmada pela pouca disponibilidade de dados apresentados. Em relação aos dados quantitativos de fitoplâncton, apesar de amostrados, os dados brutos não se fizeram presentes no relatório.

O resultado da densidade de cianobactérias apresentou conformidade com o padrão de qualidade aplicável em todas as amostras coletadas ao longo de todo o período de

monitoramento, não apresentando evidências de alteração com a chegada da pluma de rejeitos. Entretanto, os próprios autores alegam insuficiência no número de dados por amostragem ter sido considerada pequena.

A abundância de procariontes é menor no rio Doce do que no mar. Em Bento Rodrigues foi observada floração de cianobactérias e alta concentração de pigmentos, que pode estar relacionada a processos de florações promovidos pela alta disponibilidade de nutrientes. A abundância de eucariontes autotróficos também foi mais alta. Sugere-se que em Bento Rodrigues o maior aporte de nutrientes tenha causado a maior proliferação de organismos. Entretanto, os relatórios não apresentam justificativa consistente, apenas inferência e pouca exploração dos dados apresentados.

3.3. Ambiente Marinho

3.3.1. Modelagem

Um total de seis relatórios foi avaliado no contexto de dados de oceanografia física e modelagem numérica. A maioria dos relatórios apresentaram aspectos questionáveis da metodologia por não se adequarem às características locais do ambiente. Além disso, muitos aspectos foram apresentados de forma simplista prejudicando a credibilidade dos resultados, uma vez que algumas das características não apresentadas poderiam gerar produtos distintos ao encontrado. Da mesma forma, a apresentação dos resultados também apresenta inadequações dificultando a interpretação do leitor.

Os relatórios objetivaram principalmente o entendimento do comportamento da pluma de sedimentos dispersos na foz do Rio Doce após a chegada dos rejeitos de Mariana. Em uma análise geral, o conjunto de dados dos relatórios apresentam informações de diversas fontes possibilitando um avanço no entendimento da dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. Entretanto, a avaliação da abrangência espacial da pluma do rio não pode ser confirmada devido ao planejamento amostral realizado. Logo, concluir que a pluma de água doce se restringe à zona contígua a foz do rio está mais relacionada a distribuição dos pontos do que efetivamente não haver a chegada da pluma nas seções mais ao norte ou ao sul.

Como exceção, o relatório que objetivou verificar se a pluma de rejeitos lançada na região marinha adjacente ao Rio Doce teria alcançado a região de Abrolhos (BA) após o rompimento da barragem em Mariana-MG, apresenta um planejamento amostral adequado, entretanto, a análise e discussão dos resultados não é assertiva.

Apesar das considerações quanto à metodologia e estratégia amostral, os trabalhos levantaram a possibilidade do material aportado pelo Rio Doce ter alcançado a região da APA Costa das Algas e dos recifes coralíneos do Banco de Abrolhos.

De forma geral, o conjunto de dados apresenta uma importante caracterização física da região (dados de turbidez, salinidade, mapas de dispersão por modelagem, imagens de satélite, características do vento e condições de ondas, correntes e maré, entre outros), mas

não corresponde a uma avaliação do impacto causado pela chegada da lama de rejeitos no ambiente marinho. Dessa forma, o conjunto de dados deveria ter sido mais explorado e interpretado a fim de fornecer melhores respostas de como as condições oceanográficas podem estar influenciando o comportamento da lama de rejeito.

Fazem-se análises estatísticas, variabilidade temporal e abrangência espacial da pluma de sedimentos, servindo como base para a melhoria das modelagens futuras. Por isso, pede-se que se esclareçam os pontos destacados na metodologia de análise e que análises futuras procurem trazer mais dados e o sensoriamento remoto como ferramentas de validação e avaliação dos resultados obtidos com a modelagem.

3.3.2. Hidrogeoquímica

Dentre os documentos disponibilizados, foram analisados onze relatórios e memorandos técnicos que apresentaram resultados referentes a parâmetros hidrogeoquímicos.

Os dados presentes nos relatórios e memorandos supracitados descrevem, de modo geral, níveis de elementos totais e dissolvidos em água, e elementos em sedimentos. Contudo, na maioria dos casos, a discussão dos dados se resume a comparações com classes e níveis de qualidade de água e sedimentos descritos na legislação brasileira vigente. Tornando imperativo um melhor detalhamento e avaliação do comportamento e distribuição desses compostos após o rompimento da barragem de Fundão.

De uma maneira geral, o RT-054_159-515-2282_01-B da Golder Associates apresenta um resumo da variação temporal entre novembro de 2015 e agosto de 2017. Foram observados aumentos nas concentrações de alumínio (total e dissolvido), ferro (total e dissolvido) e manganês (total e dissolvido). Foram observados pulsos de concentração logo após a chegada da pluma de rejeitos e durante o período chuvoso 2015-2016 e o de 2016-2017. Esses parâmetros apresentaram tendência de diminuição conforme aumento da distância da foz do Rio Doce, principalmente na comparação entre a APA e os pontos mais próximos à foz.

Quanto ao monitoramento da qualidade de sedimento verificou-se que devido o início tardio desta avaliação (apenas a partir de março de 2016), assumiram que qualquer metal que tenha apresentado elevação na coluna d'água possa ter provocado efeito sobre os sedimentos. Assim, alumínio, ferro e manganês que apresentaram maior magnitude. Dentre estes ferro e alumínio foram os metais que apresentaram maiores concentrações acima da faixa de variação pré-evento e são descritos como tendo maior probabilidade de estarem relacionados ao rompimento da barragem de Fundão. A conclusão final deste relatório é que segundo os autores a qualidade da água na zona costeira vem apresentando melhora gradativa.

No que tange à qualidade do sedimento, o mesmo relatório mencionado acima indica que o monitoramento da qualidade de sedimento só teve início em março de 2016, o que

poderia trazer uma maior incerteza sobre a interpretação dos resultados. A análise espaço-temporal aponta para aumentos de maior magnitude nos elementos alumínio, ferro e manganês, porém é mencionado que a variabilidade estaria dentro dos valores existentes para dados pré-evento. Temporalmente, estes elementos estão apresentando tendências expressivas de redução de concentração. Espacialmente, esses elementos apresentam uma diminuição entre as estações localizadas no entorno da foz do Rio Doce, conforme se afasta da mesma, em um raio de 5km.

O principal limitante para a realização do parecer sobre os dados é a ausência ou fraca descrição das metodologias de coleta e análise, o que talvez pudesse ser esclarecido no Plano de Amostragem e Análise (SAP) e citado em diversos relatórios e memorandos.

3.3.3.Sedimentologia

Dentre todos os documentos disponibilizados, doze relatórios apresentaram dados sobre os parâmetros turbidez e/ou sólidos suspensos totais e/ou sedimento superficial de fundo que pudessem ser analisados pela equipe de sedimentologia. Tais amostragens foram feitas na região marinha adjacente à foz do Rio Doce entre novembro de 2015 e agosto de 2017.

Dos doze documentos analisados, dez apresentaram dados de turbidez, seis apresentaram dados de sólidos suspensos totais, quatro apresentaram dados de sedimento superficial de fundo e apenas um apresentou dados de material particulado em suspensão-MPS (medidos indiretamente a partir de dados de turbidez).

Os resultados mostraram que os maiores valores dos parâmetros analisados foram observados logo após a chegada do material oriundo da barragem na foz do Rio Doce, e, principalmente, nas estações localizadas dentro do raio de 5 km a partir da foz. Além disso, os relatórios citam a ocorrência de novos períodos de aumento nos níveis desses parâmetros durante e após a ocorrência de eventos de precipitação na Bacia do Rio Doce, principalmente durante a estação chuvosa 2016/2017. Esses pulsos novamente foram observados, principalmente, nas estações localizadas dentro do raio de 5 km a partir da foz. Com exceção desses momentos, os relatórios descrevem um decréscimo nos níveis dos parâmetros após fevereiro de 2016. Eles relacionam esse decréscimo tanto ao período de seca na Bacia do Rio Doce, quanto às medidas de controle implementadas pela Samarco, que incluíram a construção de diques de contenção de sólidos, reconformação de cursos d'água e revegetação das planícies de inundação visando o controle de erosão.

É importante destacar que em alguns relatórios (de julho de 2016, maio de 2017 e março de 2018) é sugerido que os dados de sólidos suspensos totais coletados logo após a chegada do material oriundo da barragem na foz do Rio Doce deveriam ser analisados com cautela, pois poderiam ter ocorrido problemas durante a análise dos mesmos. Tal afirmação gera dúvidas quanto às próprias conclusões apresentadas nos relatórios.

Em relação aos dados de MPS, como dito anteriormente, os mesmos só foram

apresentados em um relatório, embora estivessem no escopo de outros três. Neste relatório onde é citado, não é apresentada qualquer associação entre os valores de MPS e o desastre ambiental ocorrido.

Em relação ao sedimento superficial de fundo, os resultados apresentados mostraram uma grande variabilidade temporal do teor de sedimentos coesivos, e a ausência de tendências lineares de aumento ou diminuição dos teores. Já no relatório de dezembro de 2017, apesar de não fazer qualquer conclusão a respeito do impacto do rompimento da barragem de rejeito de minério nos dados de granulometria do sedimento superficial de fundo, apresenta resultados de aumento na porcentagem de lama ao longo do período de coleta nos pontos localizados ao norte da foz. Um dos relatórios também apresenta, através de imagens, evidências de deposição de rejeitos sobre fundos lamosos até a profundidade máxima de 34 m.

Por fim, é importante destacar que apesar das conclusões apresentadas nos relatórios sobre o impacto da chegada do rejeito de minério na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, a ausência de informações a respeito dos métodos e técnicas de coleta e análise, dificulta a avaliação dos resultados apresentados na maior parte dos relatórios, e impossibilita que os mesmos sejam comparados com as informações disponibilizadas na literatura.

3.3.4. Comunidade bentônica

Engloba-se aqui como comunidades bentônicas as comunidades de organismos que vivem dentro ou sobre o substrato do ambiente marinho, incluindo também os que formam propriamente o substrato, como é o caso dos recifes coralíneos. No contexto geral, os organismos bentônicos marinhos foram tratados em 3 relatórios e nenhum deles está associado a uma variação temporal ou comparação com dados pré-evento.

Para bentos em fundos inconsolidados da plataforma continental só um relatório foi apresentado e mesmo assim não foi contratado pela Samarco ou Renova. O relatório produzido pela Marinha do Brasil consistiu de um estudo único realizado em dezembro de 2015. O relatório intitulado “Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente – BIODIVERSIDADE” teve, dentre outros objetivos, analisar as comunidades bentônicas, para isso realizou coletas no Rio Doce, no estuário e em dois pontos no mar, porém os pontos marinhos foram somente em fundos recifais, o que é extremamente estranho, uma vez que os recifes amostrados estão a uma distância superior a 50km da foz. Isso indica um erro de delineamento amostral irreparável. O terceiro relatório trata de fundos de rodolitos e macroalgas e também só estudou a região da APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz (“Avaliação do estado de conservação dos bancos de rodolitos e macroalgas adjacentes a foz do Rio Doce– RT_020-159-515-2282_00-B).

O relatório que descreve a comunidade bentônica da plataforma continental na semana da chegada da lama apresenta uma descrição preliminar da comunidade bentônica considerando grandes grupos taxonômicos. O trabalho consistiu em uma descrição básica da comunidade bentônica. Não houve integração com os demais dados coletados e sem uma análise temporal não há como fazer uma interpretação sobre a influência do rejeito. Embora remeter à “Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão” em seu título, um dos relatórios analisados se propôs a apresentar uma síntese sobre os “conhecimentos acerca dos padrões de biodiversidade” nove meses (setembro de 2016) após o rompimento da Barragem de Fundão e a avaliação dos impactos, considerados “possíveis”, foi tratada como “preliminar”.

A base de relatórios existentes sobre comunidade bentônica não permite identificar quais foram as principais mudanças nos ecossistemas avaliados em decorrência do Desastre de Mariana. A despeito dos erros crassos no delineamento amostral e nas interpretações dos dados, apresentadas nos itens acima, os relatórios apresentam dados que podem ser parcialmente aproveitados em uma avaliação mais criteriosa dos impactos, uma vez que as coletas foram feitas apenas nove meses após o rompimento da barragem de Fundão.

Nesse sentido, o relatório ainda apresenta a região do Parque Nacional Marinho de Abrolhos como área controle, o que, no contexto em questão, é bastante questionável, por isso todos os contrastes do tipo “controle” X “impacto” (i.e., entre Abrolhos e os Recifes Esquecidos) apresentados no relatório devem ser interpretados com extrema cautela.

O estudo sobre fundos de rodolitos e macroalgas aponta para o bom estado ecológico dos bancos de macroalgas e rodolitos adjacentes à foz do Rio Doce, configurando ausência de distúrbio ambiental, e nenhum impacto por contaminação de rejeitos oriundos do rompimento da barragem do Fundão. No entanto, para a comparação de áreas atingidas e não atingidas pela pluma de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão, questiona-se a escolha dos pontos de amostragem na zona entremarés considerados como atingidos pela pluma. Comunidades algais que potencialmente foram atingidas com maior intensidade pela pluma estariam situadas ao norte da APA Costa das Algas, fora dos limites desta unidade de conservação. Portanto, a comparação desses pontos com aqueles ao sul, determinados como pontos controle, não foi a mais adequada para avaliar se houve impacto nas comunidades de macroalgas.

De forma geral os relatórios não apresentam as mudanças de forma clara para a comunidade bentônica. Sendo assim, não permitem identificar quais foram as principais consequências do rompimento da barragem de Fundão para os ecossistemas bentônicos.

3.3.5. Comunidade planctônica

- Fitoplâncton

A análise de organismos fitoplanctônicos é feita com base em três relatórios

realizados na região marinha a partir da foz do rio Doce, entre Abrolhos e Vitória. Um dos relatórios realizou coleta em momentos distintos quanto à vazão fluvial, em ambos a presença da pluma se dá próximo a desembocadura e sua evolução ocorre preferencialmente para o sul, afastando-se da costa. Segundo o mesmo relatório, a presença da pluma fluvial do rio Doce ocorre em uma escala espacial muito próximo da desembocadura e sua evolução ocorre, preferencialmente, para o sul, afastando-se da costa.

Dois relatórios restringem-se apenas à exposição das concentrações da clorofila, sendo que, tais valores não servem isoladamente para identificar as mudanças ambientais em relação ao desastre ocorrido na área monitorada. Ainda, um dos relatórios identifica elevado valor de clorofila-a (48 µg/L), entretanto, não há menção de valores de feopigmentos, inviabilizando a análise do estado de degradação fisiológico do fitoplâncton e a análise da clorofila ativa através da utilização apenas de fluorimetria *in vivo*. Além disso, os relatórios não apresentam a contabilização da fração nanofitoplanctônica, já identificada em estudos realizados por equipes da Ufes como um importante marcador das alterações ecológicas na região.

A apresentação dos relatórios traz dúvidas e questionamentos em seus resultados e conclusões sobre a influência do rejeito na comunidade fitoplanctônica. Mas, mesmo que os resultados não avaliem o impacto da lama de rejeito em si, a análise dos dados gerados em conjunto com outros resultados de levantamentos pode contribuir para o entendimento interdisciplinar dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão no ecossistema aquático.

- Zooplâncton

Apenas um relatório objetivou o estudo da comunidade zooplanctônica da região, apresentando uma síntese dos conhecimentos acerca dos padrões de biodiversidade após o rompimento da Barragem de Fundão em Mariana. Entretanto, a metodologia utilizada foi insuficiente e os resultados de abundância dos organismos metazooplanctônicos foram apresentados de forma superficial com apenas os valores de indivíduos por metro cúbico em cada local de coleta. Dessa forma, não foi possível a detecção da resposta da comunidade zooplanctônica e, conseqüentemente, a avaliação preliminar dos possíveis impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem. Não sendo possível a utilização dos resultados para futuras comparações entre os dados analisados (organismos metazooplanctônicos).

- Ictioplâncton

Um relatório abordou a comunidade ictioplanctônica com o objetivo de atender à Notificação IBAMA No.678309-E. Em relação ao ictioplâncton foram registrados 51 táxons compreendendo 31 famílias; entre eles nenhum foi considerado raro, ameaçado de extinção ou endêmico da região.

O estudo compara os resultados obtidos entre abril de 2016 e abril de 2017 com a literatura e conclui que os táxons encontrados na região são considerados comuns em ambientes costeiros da costa brasileira. O número de táxons registrados no presente estudo (51 táxons) foi considerado pelos autores como alto quando comparado com monitoramentos realizados na costa do Espírito Santo.

Segundo os autores, não houve mudanças expressivas das densidades de ovos e larvas de peixes em relação aos padrões pretéritos da região, registrados antes da chegada dos rejeitos. Os autores sugerem que a variação da densidade de ovos de peixes ao longo do estudo pode estar relacionada ao fator sazonalidade e ao fato dos peixes desovarem em manchas. Segundo os mesmos, os resultados encontrados e os padrões observados não indicam impactos dos rejeitos e da diluição da pluma sobre o ictioplâncton. As altas densidades de ovos de peixes registradas em algumas campanhas indicam, segundo os autores, condições favoráveis para a desova de peixes na região durante o período de estudo.

3.3.6. Ictiofauna

O documento relacionado à avaliação do impacto na comunidade biológica demersal marinha ocasionada pela pluma de turbidez foi realizado a partir de treze campanhas de monitoramento, gerando três relatórios trimestrais e um relatório quadrimestral.

O documento indica para a região da foz do Rio Doce uma riqueza de espécies elevada mesmo após a chegada da lama de rejeito à região marinha e que a região recuperou seu índice de abundância relativa (CPUE g/h) após o incidente. Entretanto, maior cautela deve ser adotada nesta afirmação uma vez que não é tratado e nem comparado o grau de seletividade dos petrechos utilizados nos diferentes trabalhos e também não é confrontado o esforço amostral. Neste sentido, é perceptível certa parcialidade na interpretação dos resultados e pouca ênfase na avaliação do impacto.

A coleta biológica e de variáveis ambientais aporta grande quantidade de dados que auxiliam na resposta quanto as alterações na estrutura das comunidades biológicas na área de influência da foz do rio Doce, em função do rompimento da barragem de Fundão. No entanto, devido a forma como as análises são conduzidas e discutidas não é possível fornecer subsídios para avaliar o efeito da tendência de dispersão da pluma de turbidez no rio Doce.

A discussão a respeito dos parâmetros estruturadores que determinam os padrões de distribuição das comunidades biológicas é inexistente e poucas são as associações feitas entre a variabilidade das comunidades biológicas e os principais parâmetros ambientais. Dessa forma, o relatório não aponta as principais mudanças ocasionadas pelo impacto do desastre ambiental. O relatório aponta que a abundância de peixes apresentou resultados significativamente distintos para a variação temporal, sendo registrada maior abundância em maio/2016, com diminuição até o mês de novembro/2016 e posterior aumento até

março/2017 (CPUA - g/m² e g/h). Essas diferenças foram atribuídas especialmente ao porte dos peixes registrados, maiores nos meses supracitados, indicando que essa variação se encontra associada as estações do ano (Chuvosa e seca).

O relatório almejava propor ações de mitigação de impactos e/ou melhoria de processos no caso de alterações significativas e contínuas nos padrões naturais da estrutura das comunidades biológicas provenientes da ação da pluma de turbidez, no entanto nada é comentado a respeito.

3.3.7. Ecossistema Manguezal

O relatório analisado teve como objetivo avaliar os vetores de impactos potenciais sobre os manguezais próximos ao Rio Doce e definir níveis de referência para o manguezal como forma de comparação futura com a identificação do impacto que possa ter sido causado ao ecossistema pelo rompimento da barragem de Fundão. Os manguezais estudados foram: Manguezais lateríticos, Rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, Barra do Riacho (rio Riacho), Barra Seca (rio Ipiranga), Barra Nova (rio Maricú).

Os resultados apresentados foram o mapeamento dos manguezais e suas respectivas áreas de abrangência no estuário, assim como a estrutura populacional das florestas analisada com base em 65 parcelas distribuídas de forma aleatória e em diferentes localizações e quantidades nos estuários.

As conclusões indicam que os principais vetores atuantes sobre a flora e fauna do manguezal são a deposição de rejeitos no sedimento; a liberação de metais sobre o ambiente; os sólidos em suspensão e a redução do sucesso reprodutivo em crustáceos. Porém, tais organismos ou táxons não foram amostrados.

Desta forma, as análises realizadas não se encaminharam para a identificação de mudanças no ecossistema. O relatório foi falho no âmbito de empregar os dados básicos de diagnóstico ambiental das florestas do manguezal para que tenha um direcionamento das respostas que se fazem necessárias em um levantamento de dano ambiental.

O fato de não haver referência ou preocupação com avaliações na fauna ou na flora associada ao manguezal impossibilita o diagnóstico do real impacto, uma vez que neste ecossistema existem espécies que estão em extinção nas áreas de observação; já estiveram sob outros tensores graves que podem comprometer suas populações e/ou sustentam várias comunidades tradicionais, dentre outros.

De maneira concisa, o que se prospectou foram técnicas usuais para estudos em manguezais, entretanto, não houve uma identificação das principais mudanças que poderão ocorrer no ecossistema em decorrência do rompimento da barragem.

3.3.8. Ecossistema praial

Dentre todos os documentos disponibilizados, apenas um relatório técnico busca avaliar a penetração do rejeito de minério no sedimento de praias adjacentes à

desembocadura do Rio Doce.

Os dados foram obtidos a partir de campanhas nos meses de novembro e dezembro de 2015 e janeiro de 2016 (três primeiros meses após o rompimento da barragem de Fundão).

Dentro do contexto bentônico, morfodinâmico, e geoquímico de ecossistemas praias, o relatório apresenta resultados referentes à análise de água e sedimento inconsolidado, concluindo, assim, que o Rio Doce é a principal fonte de ferro para o ecossistema marinho da região, e que o sistema marinho está respondendo de forma a transferir o Ferro da coluna d'água para o sedimento. Também foi evidenciado um maior aporte de sedimento nas primeiras campanhas em relação às demais.

Embora o relatório não apresente resultados anteriores ao rompimento da barragem, o impacto ambiental sobre o sistema praias torna-se evidente, uma vez que o teor de ferro total apresenta um aumento significativo ao longo das três campanhas atingindo, inclusive, as amostras de sedimento de maior profundidade. A análise mostra a penetração do rejeito na água intersticial e as alterações nos teores de Fe, principalmente.

Em relação à comunidade bentônica praias, os resultados mostram uma alteração sobre a comunidade bentônica, marcada pela diminuição temporal significativa nos índices ecológicos, mostrando uma diminuição na riqueza e na abundância.

Entretanto, os dados obtidos são insuficientes para responder de maneira abrangente o real impacto do acidente, visto que outros elementos potencialmente presentes no rejeito de minério de ferro não foram contemplados no escopo do relatório além do curto espaço de tempo avaliado.

3.4. Requisição de dados brutos

Após a análise crítica dos relatórios, foram solicitados parte dos dados brutos dos estudos que possuem potencial de ser incorporados à base de dados do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA), após nova análise a ser realizada pela equipe técnica dos dados recebidos. (Quadro 1; para melhor visualização das informações presentes no quadro, encaminhamos em anexo a este relatório o arquivo em Excel "Quadros_Relatório Dados_Pretéritos.xls").

Quadro 1: A lista de dados brutos requeridos e equipe técnica do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA) responsável pela utilização dos mesmos.

Código do Relatório	Título do relatório	Dados brutos requeridos pela RRD para utilização dentro do PMBA	Projeto responsável pela utilização dos dados dentro do PMBA
Biomá/Acqua / Fevereiro 2016	Avaliação de elementos químicos em peixes na área de influência do acidente com o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, Mariana, MG – trecho Rio Doce, ES	Concentrações dos elementos químicos analisados	Monitoramento da Ecotoxicologia
UFVJM / Maio 2017	Relatório da contaminação dos peixes capturados na região do médio Rio Doce na microrregião de Governador Valadares, MG	Resultados alcançados pelo estudo	Monitoramento da Ecotoxicologia
RT_245.2017.rev00-1	Levantamento de dados de arsênio em tecidos de peixes e moluscos	Concentrações de As	Monitoramento da Ecotoxicologia
MT-081_159-515-2282_00-B	Concentração de metais em água, sedimentos, tecido de peixes e organismos aquáticos coletados na região marinha e estuarina da foz do Rio Doce	Concentrações dos metais analisados	Monitoramento da Ecotoxicologia
RT_274.2017.rev00	Análise de bioacumulação de metais em tecido de molusco	Resultados alcançados pelo estudo	Monitoramento da Ecotoxicologia
ECV RT 065-16 - RT	Monitoramento de Bioacumulação (Ictiofauna, Carcinofauna e Malacofauna) por Metais, na Região Marinha Adjacente à Foz do Rio Doce e sob Possível Influência da Lama de Rejeitos Oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão	Resultados alcançados pelo estudo	Monitoramento da Ecotoxicologia
RT ECV 138/17	Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumagens de Turbidez no Meio Marinho	Descrição detalhada da metodologia de coleta	Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia
MT-032_159-515-2282_01-B	Atualização da Qualidade da Água e Sedimento na Zona Costeira após o Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão.	Descrição detalhada da metodologia de coleta e identificação e abundância das espécies zooplânctônicas registradas	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
COPPETEC/Janeiro	Avaliação dos impactos da ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre / Capítulo 5 – Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente	Descrição detalhada da metodologia de coleta e análise, bem como a quantificação de metais e orgânicos na água e no sedimento marinho, dados de turbidez e dados brutos da comunidade bentônica	Monitoramento Marinho - Subprojeto Zooplâncton Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Fitoplâncton Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Análises
MT-030_159-515-2282_00-B	Concentrações de Arsênio, Zinco e Selênio na Zona Costeira Próxima a Foz do Rio Doce	Dados de temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido, bem como dados de velocidade e direção de correntes	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
Marinha/Janeiro	Levantamento ambiental expedito em Regência/ES	Dados de temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido, bem como dados de velocidade e direção de correntes	Monitoramento Marinho - Subprojeto Bentos
RT_ECV 073/16	Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória	Descrição detalhada da metodologia de coleta, bem como dados brutos de MPS e turbidez. Além de dados de temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido, bem como dados de velocidade e direção de correntes	Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem
RT AMB 075/16	Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES	Dados brutos e o Plano de Amostragem e Análise (SAP)	Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem Monitoramento Marinho - Subprojeto Fitoplâncton
RT AMB 077/16	Monitoramento Marinho ADP – Pacote 4. Campanha Entre os dias 24/03/2016 a 11/04/2016	Quantificações químicas na água e no sedimento. É requisitado também o Plano de Amostragem e Análise (SAP)	Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia Monitoramento Marinho - Subprojeto Fitoplâncton
RT002_159	Plano de recuperação Ambiental	Dados de temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido, bem como dados de velocidade e direção de correntes	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
20171123	Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos.	Dados brutos e o Plano de Amostragem e Análise (SAP)	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
RT-017_159-515-2282_01-J	Qualidade da Água e do Sedimento na Região Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e APA Costa das Algas – Atualização de Julho de 2016.	Dados brutos de turbidez, sedimento superficial de fundo e sólidos suspensos totais	Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia
RT-054_159-515-2282_01-B	Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Relatório de Janeiro/2018	Dados de concentração de As, Fe e Mn no sedimento	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
CTA-jan-2018	Relatório final do monitoramento da biota marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES	Dados brutos de turbidez e sólidos suspensos totais, juntamente com as informações de coleta e análise dos dados	Monitoramento Marinho - Subprojeto Ictioplâncton Monitoramento da Ictiofauna Marinha e estuarina
C738-DT19	Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES	Todos os dados brutos e o Plano de Amostragem e Análise (SAP)	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia
RT_017-159-515-2282_01J	Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Julho 2016	Dados brutos de turbidez e sólidos suspensos totais	Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia
MT-050_159-515-2282_00-B	Resumo sobre qualidade da água e sedimentos relativo aos limites das resoluções CONAMA na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeito de Fundão	Todos os dados e o Plano de Amostragem e Análise (SAP)	Monitoramento Marinho - Subprojeto Hidrogeoquímica
RT-046_159-515-2282_00-B	Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do rio Doce – atualização de julho de 2017	Dados de Turbidez, sólidos suspensos totais, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido	Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Bacia integração
Encarte Técnico / AI 12345_2014	02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do rio Doce	Dados brutos discutidos no documento	Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Fitoplâncton Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Bacia integração Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Análises
3473-01-MQA-RL-0001-00	Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS: Relatório Parcial	Imagens do mapeamento de manguezais.	Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Bacia integração
MT-017_159-515-2282_00-B	Qualidade da água, qualidade do sedimento, e resultados dos testes de ecotoxicologia no Rio Doce, referente aos dados reportados até 18, janeiro, 2016	Resultados alcançados pelo estudo	Monitoramento Dulcícola - Subprojeto Bacia integração Monitoramento da Ecotoxicologia
1763/2016.01	Monitoramento Ambiental dos Efeitos da Pluma de Turbidez sobre o Ecossistema da Praia (REBIO COMBOIOS). 3ª Campanha.	Planilha geral com os dados contendo lista de táxons identificados e quantidade de organismos, bem como os resultados das análises granulométricas e do material particulado em suspensão	Monitoramento de Praias - Subprojeto Bentos Monitoramento de Praias - Subprojeto Morfodinâmica

4. ANÁLISE CONSOLIDADA – UMA VISÃO GERAL DOS RELATÓRIOS E PUBLICAÇÕES

4.1. Análise crítica dos dados

Considerando o tamanho do impacto e os inúmeros desdobramentos causados pelo rompimento da barragem de Fundão em 5 de novembro de 2015, observa-se que os relatórios emitidos ao longo de quase 3 anos do evento não possuem uma análise efetiva e diagnóstica sobre o impacto causado pelo rejeito de minério. Muitos ecossistemas foram amostrados uma única vez, por exemplo, manguezais e praias, e estudos de médio e longo prazo para comunidades importantes, como fitoplâncton e zooplâncton e organismos bentônicos, não foram realizados. Em geral, os relatórios carecem de uma análise integrada básica, ficando restritos à descrição de resultados e suposições. Isso deixa em aberto a relação entre as condições físico-químicas do sistema e o impacto sobre a biodiversidade.

Outro ponto a se destacar nos relatórios que tiveram um monitoramento apresentado foi a total falta de informação sobre a metodologia de coleta e análise utilizada. Em um evento como esse, é fundamental que os relatórios oficiais tenham a sua metodologia inserida como anexo, principalmente quando análises químicas são realizadas. É preciso saber o protocolo de análise e os métodos usados para que todas as informações compatíveis possam ser comparadas. Essa falha limitou e muito as análises comparativas. No caso de relatórios de dados hidrogeoquímicos, onde as análises foram feitas por mais de um laboratório, isso é ainda mais crucial.

Desta maneira parece evidente que no que tange a análise do impacto ao longo da costa, muito pouco ainda se sabe sobre como a chegada do rejeito no mar impactou a biodiversidade ao longo das praias, estuários e manguezais. No que diz respeito à comunidade bentônica no mar, o mesmo pode ser dito em função da falta de estudos executados. Os relatórios de dados físicos e circulação marinha não estão integrados no contexto geral do impacto. Ao estudar o padrão de dispersão da pluma sem efetivamente entender o que é a pluma e o impacto da mesma na comunidade planctônica, os relatórios ficam um tanto sem sentido.

A análise de qualidade do sedimento não foi usada em momento nenhum para se discutir a dinâmica do material depositado no fundo marinho. Basicamente, não se pode considerar que o impacto será causado apenas pela chegada da lama de rejeito desconsiderando os processos biogeoquímicos sofridos pelo rejeito após sua deposição no leito. Da mesma maneira, estudos de especiação de metais e da biodisponibilidade dos metais acumulados no fundo dos estuários e no ambiente marinho deveriam ter sido executados para se avaliar o impacto potencial do sedimento acumulado nessas localidades.

Em linhas gerais, o que se observou foi um conjunto significativo de relatórios que não tinha uma linha de ação ou uma análise efetiva do impacto. O fato de poucos relatórios terem apresentado dados integrados de biodiversidade com qualidade de água e sedimento,

já denotam esta fraqueza. Por outro lado, vários relatórios foram feitos, possivelmente, para responder a uma demanda imediata. Neste caso, o que fica evidenciado é que faltou uma análise conjunta dos dados coletados visando uma avaliação diagnóstica sobre o impacto. A produção de relatórios individuais não ajudou muito na avaliação do impacto, em função da falta de uma análise integrada.

São vários os relatórios que mostram essa tendência, entre eles o relatório Econservation (2017), que fez transectos com coleta de água, rede de fitoplâncton e perfis físico-químicos para avaliar a pluma em direção norte, tentando averiguar se a mesma atingiu a região de Abrolhos. A campanha amostral deveria ter incluído a coleta de sedimento de fundo para, ao menos, tentar caracterizar os níveis de metais ou definir a mineralogia local para avaliar se estava havendo acúmulo de rejeito na região. A pluma pode ter chegado a Abrolhos em um evento específico, então o objetivo seria ver o registro de alguma acumulação da lama de rejeito na região e não uma avaliação da qualidade de água. O mesmo pode-se dizer em relação ao estudo nos manguezais. Este último praticamente se deteve em análises visuais, sem a coleta de amostras sedimentares superficiais ou testemunhos, ou até mesmo análise química nas folhas de mangue. O relatório da Golder Associates de 2016 sobre os fundos de rodolitos e macroalgas avaliou o potencial do rejeito nas Unidades de Conservação, mas desconsiderou outras áreas. Amostragem em rodolitos ao norte deveriam ter sido também realizadas. Outros relatórios de vários autores que tentam mostrar a área de influência e deposição do rejeito não fazem de forma apropriada, particularmente em função do limite norte da amostragem. Como delimitar a ocorrência de rejeito no fundo se não foram feitas amostragens até pelo menos a região de Degredo? Um dos exemplos mais claros de ineficácia amostral de análises ou sazonalidade foi o relatório da Coppetec (2017) encomendado pela Vale SA. O desenho amostral é limitado no ambiente marinho e fica reduzido a dois pontos nas áreas recifais. Um relatório que deveria ser diagnóstico, não faz nenhuma amostragem na área principal de deposição do rejeito no mar. A falta de integração entre as análises é também ilustrada nos resultados apresentados pelo capítulo de modelagem em Coppetec (2017). Se os resultados da modelagem fossem seguidos, a avaliação da deposição de rejeito ao norte de Povoação teria sido realizada, bem como em fundos de rodolitos. Por fim, os relatórios de monitoramento Golder Associates (2017 e 2018) têm uma limitação importante quando não executaram a análise da biodiversidade, principalmente com o monitoramento das comunidades planctônicas e bentônicas.

Então, no contexto geral, os relatórios que apresentam um monitoramento contínuo formam uma base de dados importante para o comportamento e a investigação das condições dos ecossistemas dulcícola e marinho. Entretanto, a falta de uma associação direta com a biodiversidade foi um fator limitante para uma análise integrada. A Fundação Renova e a Samarco poderiam ter proposto um monitoramento integrado com coletas de parâmetros

físico-químicos da água aliados à coleta planctônica, assim como coletas de sedimento de fundo para análises sedimentológicas e geoquímicas aliadas à comunidade bentônica. Isso já daria um padrão integrado de respostas da biodiversidade às condições abióticas do sistema. Desta forma teríamos indicadores primários abióticos e indicadores secundários bióticos, que poderiam até chegar a indicadores ecológicos.

A crítica feita aos relatórios acima tem como objetivo principal apontar alguns erros que podem ser corrigidos e não repetidos, e que talvez tenham sido fruto da falta de preparação dos atores envolvidos ou da urgência em se definir um plano de ação. O ideal é que com essas críticas, todos os atores possam rever os passos a serem tomados e atentarem para o fato de que a coleta e a análise integrada são o melhor protocolo a ser seguido para avaliação de impacto.

A Figura 1, Figura 2 e Figura 3 mostram as mudanças na malha amostral presentes nos relatórios que apresentam resultados de monitoramento de mais de um ano. As mudanças no padrão amostral poderão também gerar uma dificuldade a mais na integração das bases de dados.

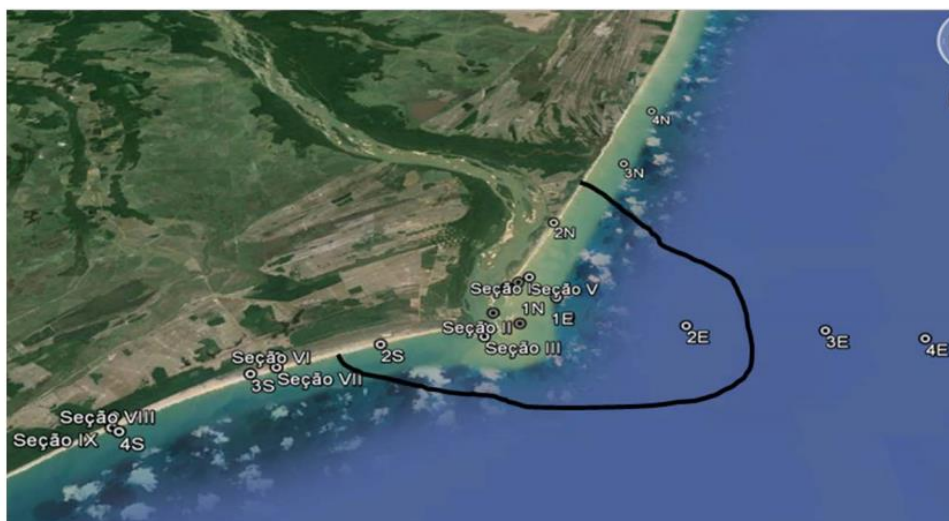


Figura 1: Malha amostral marinha até fevereiro de 2016, apresentada no Plano de Recuperação Ambiental.

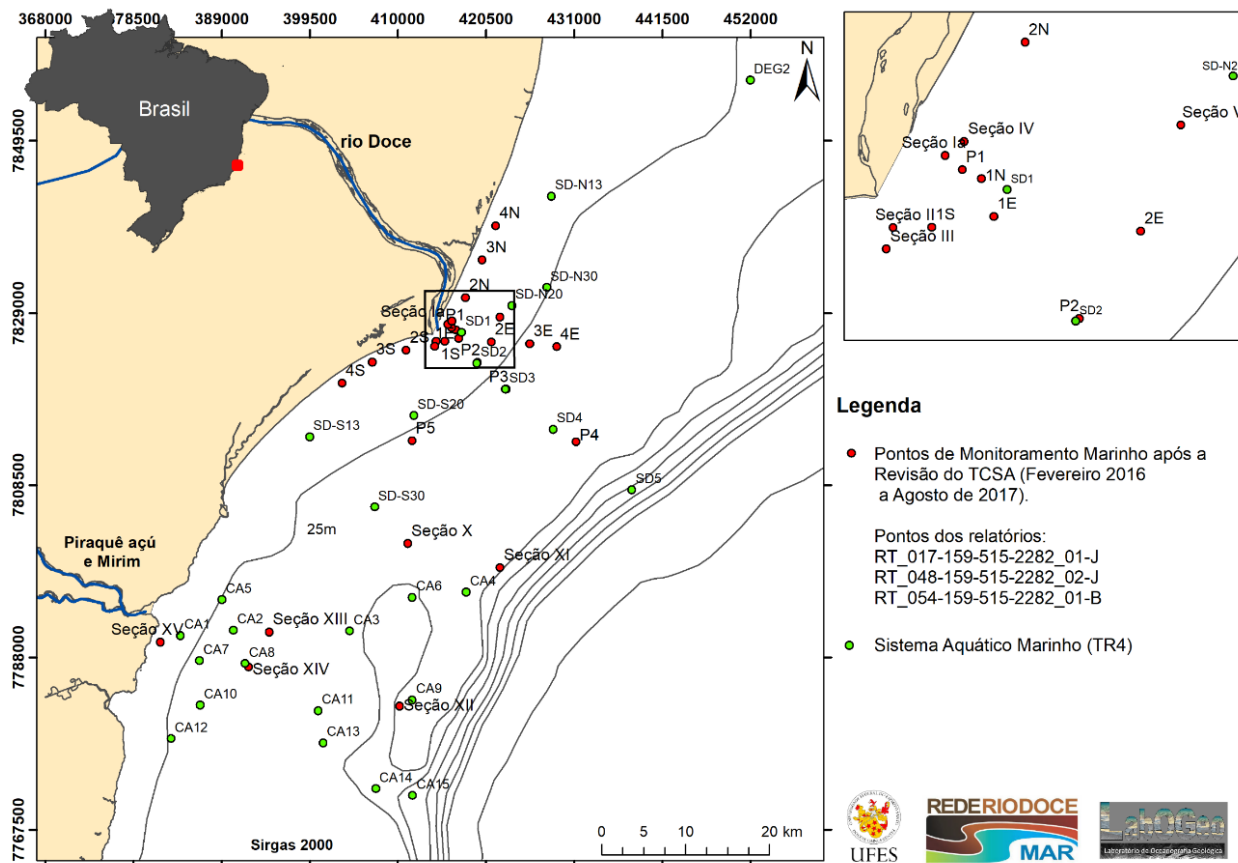


Figura 2: Malhas amostrais no ambiente marinho após fevereiro de 2016. Os pontos em vermelho são referentes à malha amostral dos relatórios de Monitoramento que foram disponibilizados pela Fundação Renova, RT-017-159-515-2282_01- J, RT-048-159-515-2282_02- J e RT-054-159-515-2282_01- B. Os pontos em vermelho na região da APA Costa das Águas começaram a ser monitorados em dezembro de 2015. Os pontos em verde compreendem parte das estações de coleta do Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento do TR4.

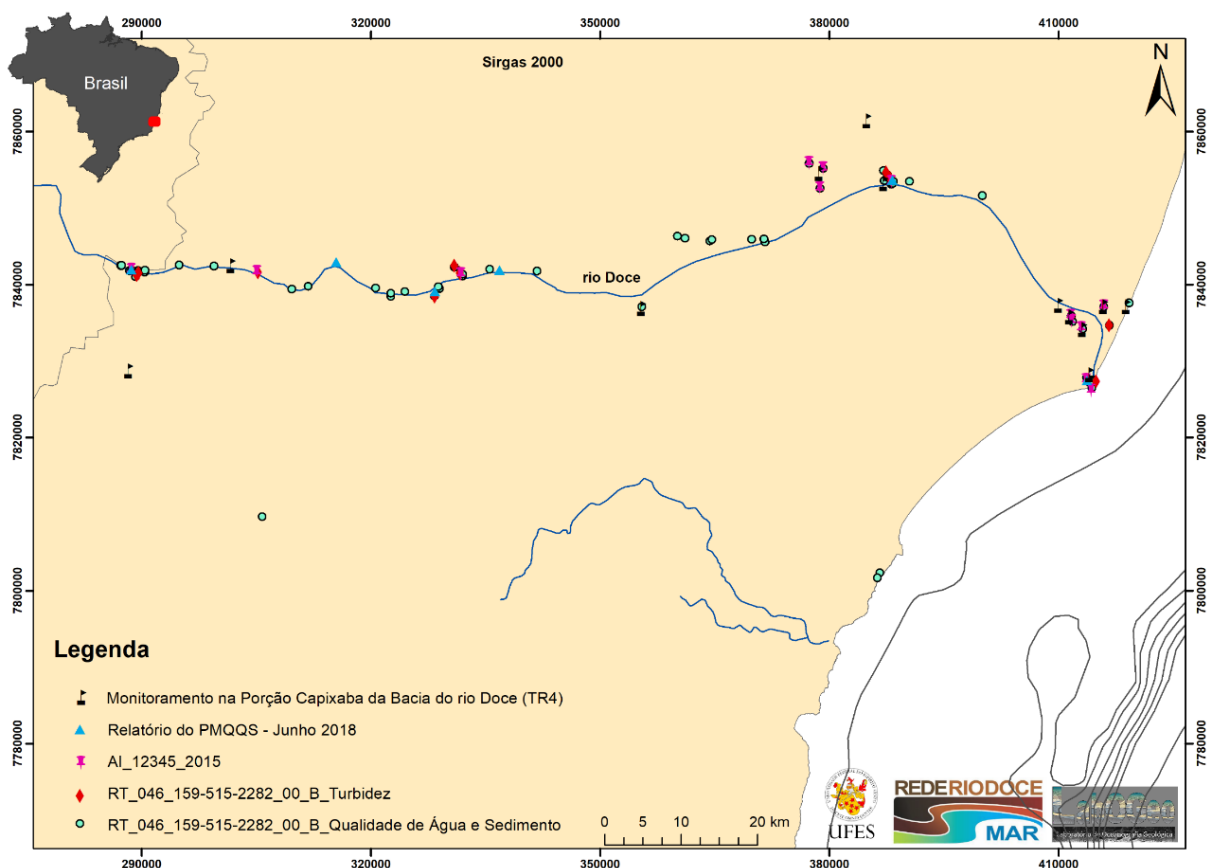


Figura 3: Diferentes malhas amostrais na região dulcícola apresentadas nos relatórios disponibilizados pela Fundação Renova. Os pontos do Relatório RT-046_159-515-2282_00-B são referentes ao Monitoramento que ocorreu na porção capixaba da Bacia do Rio Doce entre novembro de 2015 e março de 2017 (losangos vermelhos e bolinhas verdes). Os pontos (na cor rosa) dos anexos do Relatório AL_12345_2015 são referentes ao Monitoramento que ocorreu na porção capixaba da Bacia do Rio Doce entre novembro de 2015 e agosto de 2017. Os pontos (triângulos azuis) dos anexos do Relatório do PMQQS, de junho de 2018, são referentes ao Monitoramento que ocorreu na porção capixaba da Bacia do Rio Doce entre agosto de 2017 e janeiro de 2018. Os pontos em preto compreendem parte das estações de coleta do Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento do TR4.

4.2. Um diagnóstico resumido

O rompimento da barragem de fundão em Minas Gerais gerou um volume de 39,2 milhões de m³ de rejeito que aportou o sistema fluvial no rio Gualaxo do Norte chegando à calha do Rio Doce. Desse volume que saiu da barragem, cerca de 20,3 milhões de m³ ficaram retidos na barragem da Usina Hidrelétrica de Risoleta Neves (Candonga - MG). O restante do rejeito percorreu o fluxo do Rio Doce e chegou ao mar cerca de 15 dias após o rompimento. O volume de rejeito que passou pela UH de Risoleta Neves é estimado em cerca de 18 milhões de m³. Quando do rompimento, o nível do Rio Doce encontrava-se muito baixo, com vazão em torno de 300 m³/s, devido a um grande período de estiagem associado a condições climáticas impostas por um período de *El Niño*. Sendo assim, esse volume de material que de forma abrupta aporta na calha do rio cria um fluxo de alta concentração e

densidade. O impacto imediato ao longo da calha do Rio Doce foi documentado pela grande mortandade de peixes e destruição de parte da mata ciliar em áreas mais próximas da barragem.

Considerando todos os dados já produzidos, e que tivemos acesso, podemos dizer de forma clara que a passagem da lama pelo Rio Doce e sua chegada ao mar tiveram um impacto imediato nas condições de química da água e na concentração de sólidos em suspensão. Esse impacto físico e químico agudo refletiu na biodiversidade aquática dulcícola e marinha. Estudos ao longo da calha do Rio Doce e em suas margens apontam para um aumento significativo de teores de metais dissolvidos e totais na água durante a passagem da lama de rejeito, perdurando até o verão de 2016. Estes valores elevados chegam a 5 vezes acima do máximo permitido pela legislação vigente em alguns casos (Golder Associates, 2017 – RT-046, Hatje et al., 2017). Análises feitas no rejeito ao longo da calha do Rio Doce indicaram que os metais Ba, Pb, As, Sr, Fe, Mn e Al têm um grande potencial de mobilização do sedimento para a coluna d'água (Segura et al., 2017). Ensaio toxicológicos também indicaram um potencial de citotoxicidade e DNA *damage* na lama depositada e no solo (Segura et al., 2017).

A chegada da lama no ambiente estuarino e marinho foi caracterizada pelo aumento expressivo de vários metais dissolvidos e totais na água (UFES, 2016). Esta caracterização foi feita a partir do monitoramento da qualidade de água antes, durante e após a passagem da lama pelo estuário do Rio Doce. Metais como Fe, Al, Mn e Cr tiveram grande elevação com a passagem da lama, tanto nas análises dissolvidas quanto em suspensão. Gomes et al. (2017) observaram uma tendência de alteração da comunidade bentônica de curto prazo, considerando que o período de amostragem dos autores (3 dias após a chegada da lama) indica apenas o impacto físico causado pela rápida deposição da lama no fundo.

O impacto agudo observado na região costeira e marinha foi bem caracterizado por coletas realizadas durante a primeira semana de dispersão da pluma de rejeito (UFES, 2016). O aporte de rejeitos no mar trouxe uma quantidade maior de Fe dissolvido, que impactou diretamente a produção primária (clorofila-a), alterando de forma significativa a comunidade planctônica da foz do Rio Doce. Este impacto foi observado em um raio de mais de 10km. Os resultados apresentados por UFES (2016) indicam um ecossistema bastante alterado no que diz respeito à sua comunidade planctônica.

Aplysia (2016) também mostra o impacto agudo na região praial com a percolação da água do mar, com alta turbidez, nas zonas de espraiamento das praias. Segundo o relatório, os teores de Fe se elevaram ao longo dos 3 meses de coleta, chegando até a profundidade de 1m abaixo da superfície da praia. O estudo ainda aponta o impacto na comunidade bentônica, que teria diminuído ao longo destes 3 meses.

Um dos maiores questionamentos sobre o impacto agudo na região costeira e marinha era sobre a dispersão da pluma e sua influência espacial. O monitoramento da pluma

se deu inicialmente por sobrevoos, sensoriamento remoto e alguns levantamentos in situ. Modelagens numéricas foram realizadas, mas nem sempre foram validadas ou calibradas com dados in situ e imagens de satélite. A área de influência da pluma de rejeito ainda é uma questão em aberto considerando as várias metodologias usadas e muitas vezes as análises mais subjetivas e qualitativas. Resultados de modelagem numérica também são difíceis de comparar considerando os parâmetros e as forçantes usadas. Os “setups” dos modelos por vezes não previram a vazão de quando da chegada da lama, ou não consideraram a ação do vento em conjunto com a maré. Além disso, existe uma discussão científica sobre o que é a pluma observada por sensoriamento remoto, a pluma modelada numericamente e a pluma medida in situ. A pluma fluvial pode estar associada a uma determinada concentração de sedimento em suspensão, mas está associada à influência da água doce do rio na plataforma continental e, conseqüentemente, aos nutrientes dissolvidos na água.

O processo de mistura física e biogeoquímica é capaz de produzir padrões distintos ao sensoriamento remoto. Marta-Almeida et al. (2016) apresenta uma análise a partir de modelagem numérica que indica o potencial da pluma ter chegado ao estado do Rio de Janeiro, com uma certa limitação da dispersão para norte. Este trabalho não apresenta uma modelagem robusta e que possa ter uma análise mais aprofundada. O Núcleo de Geoprocessamento e Monitoramento Ambiental da Superintendência do IBAMA no Estado de São Paulo - NUGEO/SP apresentou um mapa da ocorrência da pluma usando como base as imagens dos sensores Aqua e Terra. O estudo compila as diversas imagens ao longo do tempo, mas sua maior limitação está no fato de que não há como diferenciá-lo corpo receptor da pluma, ou definir o que seria a área de sedimento em suspensão. Consolidando uma interpretação visual entre dezembro de 2015 e fevereiro de 2017, o mapa mostra uma pluma de menor concentração entre o estado do Rio de Janeiro e o sul da Bahia, chegando ao Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. A região de maior concentração da pluma fica mais restrita à região costeira entre Aracruz e Caravelas. Essa metodologia é válida como uma análise qualitativa de observação da coloração da água do mar e interpretação do que seria a pluma e seus níveis de concentração. A limitação é justamente o fato de que não há uma análise do material em suspensão na água. Por outro lado, essa visualização permite uma boa ideia do processo de dispersão da pluma do Rio Doce. A modelagem numérica apresentada por Coppetec (2016) trata a pluma com sendo uma pluma de sólidos em suspensão apenas. O estudo indica que a extensão da pluma ficou restrita à região entre Aracruz e Degredo, porém as maiores concentrações de sólidos em suspensão estariam restritas a um raio de 10km da foz. A mesma modelagem indica que a maior dispersão da pluma se dá em direção sul e o material de rejeito tende a se depositar ao sul da desembocadura, não mais do que 10km de distância.

A análise consolidada dos dados de sobrevoos também foi apresentada por Econservation (2017) e CTA (2017). Utilizando uma classificação de pluma contínua densa e

continua degradê, estes autores mostram que a pluma mais densa se distribui no entorno da foz do Rio Doce em um raio não superior a 15km. A pluma contínua degradê apresenta uma extensão bem mais ampla e persistente no ambiente marinho, sobretudo ao norte da foz do Rio Doce, onde foi mais frequente, mas também alcançando ao sul, as áreas de Unidades de Conservação (UCs) marinhas como a REBIO de Comboios (com maior frequência devido sua proximidade com a foz do Rio Doce), a APA da Costa da Algas e a REVIS de Santa Cruz. Segundo os autores, o padrão de vento define a variabilidade espacial da dispersão da pluma. Da mesma maneira, eles indicam que a pluma contínua densa diminuiu sua área de ocorrência a partir de janeiro de 2016. Já Rudolf et al. (2018) fizeram um estudo da variabilidade espaço-temporal da turbidez associada à pluma de sedimento a partir de sensoriamento remoto. Os autores mostram que durante o evento e nos meses seguintes, a pluma de turbidez oriunda do Rio Doce variou entre 11km ao sul da foz e 39km ao norte da foz.

Comparando todos os trabalhos já produzidos sobre a pluma do Rio Doce, fica claro que a aplicação de diferentes técnicas com os diferentes graus de incerteza e acurácia não foram muito úteis para a construção de um cenário seguro do padrão de dispersão da pluma durante e após a chegada da lama de rejeito. A influência da pluma do Rio Doce pode ser maior ou menor de acordo com a sua vazão, associada aos padrões meteoceanográficos, principalmente a influência regional, para norte ou sul. Vale destacar ainda que medições *in situ* realizadas e apresentadas em vários relatórios indicam que durante a chegada do rejeito, a plataforma estava sobre influência de uma ressurgência incompleta, o que pode, de certa forma, influenciar na dispersão do material mais fino. Além disso, a baixa vazão e a alta concentração de material em suspensão fizeram com que este processo fosse único para a foz do Rio Doce, o que de certa forma dificulta as análises. Embora a pluma sedimentar fosse densa e tenha se dispersado, a vazão do rio estava muito baixa, logo, o processo de dispersão da pluma sedimentar deve ter sido fortemente influenciado pelos processos oceanográficos e meteorológicos e não pelo processo fluvial.

Um outro aspecto importante a ser considerado é a pluma e sua relação com o depósito formado. Quaresma et al. (2015) apontam para a existência de um depocentro ao sul da foz do Rio Doce, entre as isóbatas de 15 e 25m. Segundo os autores, a tendência da dinâmica sedimentar na região é a formação deste depocentro pela deposição da lama fluvial e posterior resuspensão e transporte de sedimento por deriva litorânea em direção ao norte, mais próximo da costa (10m de profundidade). Sendo uma plataforma dominada por ação de ondas, esse padrão já é bem conhecido e descrito na literatura.

A chegada da lama no mar mostrou uma pluma de alta concentração que se dispersou tanto em superfície quanto em profundidade. Os resultados mostrados em UFES (2016) indicam que um fluxo hiperpicnal (fluxo de alta densidade que se desloca junto ao fundo) pode ter sido gerado com a chegada da lama no ambiente marinho. As concentrações

de material particulado em suspensão chegaram a 1kg/l, o que para a região é um valor nunca registrado anteriormente, principalmente em períodos de cheia do Rio Doce. Esse fenômeno levou a uma rápida deposição de parte do material de rejeito que chegou a acumular cerca de 5 cm no fundo marinho ainda na primeira semana pós-chegada da lama (UFES, 2016; Golder Associates, 2016 RT-011). Coppetec (2017), através de modelagem numérica, indica que o material tendeu a depositar na área de depocentro já apontada anteriormente por Quaresma et al. (2015). As análises granulométricas apresentadas em UFES (2016) apontam para uma diminuição da granulometria média encontrada neste depocentro após a chegada do rejeito. Este afinamento é ilustrado com o aumento nos teores de argila, o que também estaria compatível com o tamanho das partículas de rejeito que são apresentados em vários relatórios (Golder Associates, 2018, RT-054). Uma análise da influência desta diminuição da granulometria para a dinâmica sedimentar é apresentada por Grilo et al. (2018). Os autores demonstram que após a chegada do rejeito, o sedimento lamoso depositado na plataforma está mais fino e que isso impacta diretamente no seu processo de deposição e resuspensão. O rejeito leva mais tempo para se depositar quando comparado ao material natural carregado pelo rio. Isso possibilita uma maior dispersão, bem como uma resuspensão mais fácil, o que significa dizer que o rejeito pode ser mais móvel do que o material natural que aportava do rio. No que tange a qualidade do sedimento, observou-se que este impacto agudo foi bem representado por Al, Mn, Cr, Ba e Fe, que apresentaram aumento em relação a dados anteriores ao desastre (UFES, 2016).

Ao analisarmos uma variação temporal das condições observadas, de novo temos que ter cautela em função das diferentes malhas amostrais e metodologias. De qualquer maneira, os resultados indicam que a relação entre precipitação, vazão do rio e os parâmetros físico-químicos é positiva. Isso significa que foi observada uma variação expressiva nos teores de metais totais e dissolvidos na água em função do período de cheia. Isso foi bem retratado nos relatórios da Golder Associates (2018 RT-054) e UFES (2017). Ambos indicam que tanto no Rio Doce, quanto na sua foz e região marinha adjacente, os parâmetros de metais dissolvidos e totais (principalmente Fe e Al) e turbidez aumentaram com a subida do nível do rio. Esses resultados foram observados para o período chuvoso de 2016/2017 e 2017/2018. Isso indica que existe o potencial de persistente re-contaminação em função da existência de rejeito de minério ao longo da calha e nas margens do Rio Doce.

Na região marinha, UFES (2017) mostra que as análises das fases particulada e dissolvida dos metais e metalóides investigados ao longo do monitoramento permitiu inferir que o rejeito de mineração alterou os processos de adsorção/dessorção de metais e metalóide na região costeira adjacente, seja pela presença de aluminossilicatos, óxidos e hidróxidos de Fe ou pela influência da atividade biológica favorecida por este aporte. Em termos de teores na água, como colocado anteriormente, a tendência foi de diminuição ao longo do tempo (1 ano para UFES, 2017 e dois anos para Golder Associates, 2018), exceto

durante os períodos de cheia.

Uma análise entre os setores ao sul e ao norte da desembocadura do Rio Doce mostra que nas primeiras campanhas há uma tendência de valores mais elevados, tanto nas águas superficiais quanto na de fundo, em direção ao setor sul. Mas nas águas de fundo, a fase particulada tende a aumentar no setor Norte, indicando um transporte posterior nesta direção. Além disso, verificando as concentrações por estação amostral podemos inferir que além do transporte nesta direção, há também uma tendência de transporte para profundidades maiores, em torno de 30 metros (UFES, 2017).

Os teores de metais no sedimento marinho superficial mostraram uma forte tendência de acréscimo ao longo do monitoramento de 1 ano com valores mais elevados na campanha amostral realizada 1 ano após o aporte do material proveniente da barragem de rejeitos. É importante salientar que esta análise apresentada por UFES (2017) mostra que os teores no sedimento foram aumentando ao longo do tempo, com uma tendência de maiores valores nas estações ao norte da desembocadura do Rio Doce.

Em relação à biodiversidade marinha, fica claro que o impacto agudo nas comunidades fitoplantônicas definiu um novo *background*. O impacto crônico está sendo avaliado a partir da análise de antes e depois, considerando pelo menos um ano pós-desastre. Valores pós-desastre observados durante o primeiro ano nunca retornaram aos valores medidos antes do rompimento da barragem. Os parâmetros dizem respeito à densidade numérica de organismos das espécies observadas. O impacto crônico no zooplâncton também segue uma tendência similar, com a diminuição no número de táxons, porém com uma tendência de recuperação a níveis anteriores (UFES, 2017). A comunidade bentônica marinha é a que menos foi avaliada e monitorada de forma consistente. Dados existentes são mais esparsos temporal e espacialmente. Dados não publicados indicam que houve uma diminuição no número de indivíduos na região marinha adjacente à foz do Rio Doce comparando uma coleta de abril de 2015 e uma coleta de novembro de 2016. Como esses dados analisam apenas duas coletas, fica difícil afirmar que a mudança foi em função do impacto ou se poderia ser uma variação sazonal. A avaliação das condições atuais para as comunidades bentônicas e planctônicas ainda é uma incógnita porque não foi realizado um monitoramento destas comunidades ao longo dos quase 3 anos pós-rompimento. O que se tem de informação é baseado em análises realizadas apenas durante o primeiro ano pós-rompimento. A avaliação sobre a ictiofauna apresenta uma análise temporal realizada durante o primeiro ano pós-rompimento, porém não encontra parâmetros de comparação metodológica com dados pré-rompimento.

Uma das análises mais cruciais na avaliação do impacto é a análise ecotoxicológica, combinada com os dados físico-químicos do sedimento e água nos ambientes. Análises feitas semestralmente entre janeiro de 2016 e setembro de 2017 FURG (2018) apontam para alterações importantes tanto espacial quanto temporalmente na contaminação do pescado.

Os resultados indicam que existe uma correlação direta entre a contaminação do pescado e a qualidade da água e o nível de saúde do ambiente. As estações onde o pescado apresenta contaminação também possuem elevados níveis de metais na água, bem como bioindicadores de estresse.

A concentração de metais na foz do Rio Doce e região costeira adjacente mostra níveis elevados de contaminação no pescado para todos os metais analisados (arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro e manganês) nos primeiros meses após o rompimento da barragem. De uma forma geral, os níveis mais elevados de contaminação foram observados na foz do Rio Doce e nas regiões adjacentes ao norte e ao sul da foz do rio (janeiro e fevereiro/ 2016). A qualidade da água segue este mesmo padrão. Após quase 2 anos do rompimento da barragem (setembro/2017), este padrão espacial de contaminação só foi observado para a contaminação do músculo dos camarões com chumbo (Pb), cromo (Cr) e cobre (Cu), bem como para a contaminação do músculo dos peixes com cromo (Cr). Para as demais situações, observou-se um padrão homogêneo de contaminação do pescado ao longo das áreas estudadas, evidenciando assim uma dispersão dos contaminantes ao longo da região costeira adjacente à foz do Rio Doce.

A análise temporal indica, ainda, uma significativa influência dos eventos meteorológicos associados ao período de inverno na região estudada, bem como nos períodos chuvosos. Neste caso, destacam-se os significativos aumentos observados nas concentrações de cádmio (Cd) e cromo (Cr), tanto nos camarões quanto nos peixes, bem como os significativos aumentos observados nas concentrações de cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) nas amostras de músculo dos camarões. A análise da contaminação de pescados (camarões e peixes) acima dos limites permitidos pela Resolução no. 42 de 29/08/2013 da Diretoria Colegiada da ANVISA (Normas Mercosul) indica que nos primeiros meses após o rompimento da barragem de rejeitos (Janeiro/2016), a maioria das amostras de pescado (camarões e peixes) coletadas na foz do Rio Doce e região costeira adjacente apresentava concentrações de alguns metais (As, Cd e Pb) acima dos limites permitidos pela legislação atual. No outono (2ª expedição - Abril/2016) e no final da primavera (3ª expedição - Dezembro/2016), houve uma redução significativa nos níveis de contaminação do pescado (camarões e peixes). Porém, um significativo aumento da contaminação do pescado foi novamente observado no final do inverno (4ª expedição - setembro/2017), evidenciando a importante influência dos eventos meteorológicos associados a este período do ano na região estudada. Neste caso, destaca-se a não conformidade da maioria das amostras de peixes ao limite máximo permitido pela atual legislação no que diz respeito à contaminação do músculo de peixe por cádmio (Cd). É importante ressaltar que a amostragem para uma análise ecotoxicológica não deve se limitar a um ano de avaliação e sim pelo menos 5 anos para que se possa verificar variações interanuais ou até mesmo condições meteorológicas atípicas.

Por fim, a área de influência do rejeito no ambiente marinho ainda é bastante discutida. Não só em relação à dispersão da pluma, mas também à deposição do rejeito no fundo. Alguns estudos foram realizados para investigar a presença de rejeito na região de Abrolhos, mais especificamente no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, sul da Bahia. Em um evento meteo-oceanográfico em janeiro de 2016, foi sugerida a possibilidade de a pluma de rejeito ter chegado em Abrolhos. Os resultados sobre esta investigação são conflitantes, até porque são metodologias distintas de análise de traçadores. Econservation (2016 - RT ECV 073/16) fez um levantamento em janeiro de 2016, cerca de 15 a 20 dias após a possível chegada da pluma em Abrolhos. Os resultados são inconclusivos, até por não apresentaram análise de sedimento de fundo superficial e nem coleta nos recifes. Em meados de 2016, foi feito ainda um levantamento na desembocadura dos rios São Mateus, Mucuri e Caravelas. Este estudo é apresentado pela UFES (2017) e a análise integrada dos parâmetros químicos, sedimentológicos e da comunidade biológica das estações em frente às fozes desses três rios não permitiu determinar um padrão claro de influência do material aportado pelo Rio Doce na área amostrada. É importante destacar que o monitoramento da região das fozes dos Rios São Mateus, Mucuri e Caravelas ocorreu cerca de 6 meses após a chegada do rejeito de mineração à foz do Rio Doce (21/11/2015), e que durante esse período a vazão do rio ficou abaixo da vazão diária climatológica durante a maior parte do tempo. Assim, não é possível descartar a possibilidade de que a área monitorada possa sofrer influência do material aportado pelo Rio Doce durante futuros períodos de cheia.

Sendo assim, a análise que discute a possível influência da pluma em Abrolhos se deu através da aplicação de isótopos radiogênicos de Nd e Sr no sedimento (UERJ, 2017). Esta análise isotópica indica a fonte sedimentar e pode ser interpretada a partir da plotagem de amostras referências. Neste caso, foram usadas amostras da barragem de Fundão e do Rio Doce para caracterizar a fonte terrestre e amostras de um testemunho curto em Abrolhos para caracterizar a assinatura dos isótopos para a deposição tipicamente marinha. Entretanto, amostras coletadas em armadilhas de sedimento instaladas nos recifes de Abrolhos e que coletaram sedimentos durante o inverno de 2016, mostram uma zona de mistura, ou seja, as razões isotópicas aparecem entre as duas fontes. Essa resposta indicaria um possível aporte de rejeito da barragem de Fundão / Mariana - MG na região de Abrolhos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo o que se observa é que embora muitos esforços tenham sido despendidos, ainda há muitas lacunas no conhecimento, principalmente no que diz respeito ao impacto do rompimento da barragem de Fundão na biodiversidade aquática dulcícola e marinha e na área de deposição do rejeito no mar. Pode-se ainda dizer que não há um

conhecimento exato do volume de rejeito presente na calha do Rio Doce, a jusante da UH de Risoleta Neves, após quase 3 anos do rompimento da barragem.

Considerando todos os dados disponíveis e publicados, pode-se afirmar que um período agudo de intenso impacto do rejeito e contínua contaminação foi observado até o fim do verão de 2016. Obviamente, a passagem do rejeito pela calha do Rio Doce e as primeiras semanas pós chegada da lama no mar foram as que mostraram o maior impacto físico no meio. O primeiro impacto agudo foi efetivamente físico, com o soterramento de áreas, os fluxos de alta densidade e as altas taxas de sedimentação. No ambiente estuarino e marinho, o impacto agudo do ponto de vista bioquímico também foi observado nas comunidades planctônicas, justamente em função dos níveis de metais na água que trazia o material de rejeito. Ao longo dos meses, houve uma tendência na diminuição dos níveis de metais na água, porém todos os resultados indicam que durante períodos chuvosos ocorre o aumento nos níveis de metais dissolvidos e totais. Este aumento foi verificado por UFES (2017) que mostrou que os valores de metais, (principalmente Fe e Al) na fração particulada, eram maiores do que em 2015, quando da chegada do rejeito. Golder Associates (2018) observou o mesmo comportamento de elevação dos níveis de metais durante o período chuvoso 2017-2018, porém indica que os valores seriam inferiores aos medidos em 2015 e 2016. O impacto crônico passou a ser observado nos índices ecológicos principalmente relacionados às comunidades planctônicas. No que tange aos períodos secos, os mesmos correspondem aos períodos de maior energia de ondas, o que também potencializa a ressuspensão de sedimento de fundo. A ressuspensão representa um risco de contaminação, uma vez que os dados mostram um aumento nos níveis de metais no sedimento ao longo do tempo.

Avaliando a contaminação no pescado, a mesma tendência de aumento foi observada, uma vez que os maiores níveis de contaminação foram observados nos primeiros 3 meses pós-chegada da lama. Posteriormente, a tendência foi de diminuição com alguns momentos de elevação do nível de contaminação de metais específicos.

No geral, existe uma base de dados que pode ser re-analisada e incorporada aos dados que serão coletados durante o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática. Esse é o fator mais positivo. Por outro lado, o fator negativo nos relatórios apresentados é justamente a falta de integração dos dados abióticos e bióticos. Não foi feito, efetivamente, uma análise do impacto na biodiversidade. Além disso, a forma de apresentação dos resultados não promoveu ou ajudou uma interpretação integrada e mais clara da situação. Além disso, muitos relatórios tinham como objetivo uma análise diagnóstica que se perde no tempo, já que o impacto deveria ser medido ao longo do tempo. Infelizmente, vários relatórios ficaram isolados e sem muita aplicação para análise de impacto, seja porque não foi feito um monitoramento aplicado a uma metodologia adequada, seja porque o desenho amostral foi, de certa forma, ineficaz, criando uma limitação na interpretação final.

O que se observa é que para uma análise robusta do impacto do rompimento da barragem de minério nos diferentes ambientes, é necessário que haja uma unificação do padrão amostral para que o controle de qualidade de água e sedimento seja feito de forma integrada ao monitoramento da biodiversidade. Desta maneira, é possível usar diferentes indicadores abióticos e bióticos levando à uma análise integrada e o melhor entendimento do impacto no meio ambiente. O Quadro 2 aponta os principais indicativos de impactos físicos e químicos apontados nos relatórios pretéritos e suas respostas na biodiversidade (para melhor visualização das informações presentes no quadro, encaminhamos em anexo a este relatório o arquivo em Excel “Quadros_Relatório Dados_Pretéritos.xls”). Com o objetivo de obter respostas consolidadas sobre os impactos destacados, são implementados os projetos de monitoramento que compõem o Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA).

Quadro 2: Resumos dos principais indicativos de impactos agudos e crônicos no meio ambiente e na biodiversidade associada, bem como as ações do Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (PMBA) e o projeto responsável por desenvolver o monitoramento em busca da resposta aos impactos.

	Indicativos de impactos físicos e químicos	Resposta-Impacto na biodiversidade	Sem diagnóstico claro nos relatórios	Ações no PMBA	Projeto da RRDm responsável pelo estudo dentro do PMBA
IMPACTOS AGUDOS	Fluxo de lama com alta concentração, soterramento, altas taxas de sedimentação no mar, pluma de alta densidade no mar, diminuição da granulometria	<ul style="list-style-type: none"> •Mortandade de peixes e fauna de água doce; •Rápido acúmulo de sedimento sobre a vegetação ripária. •Percolação de lama ao longo das praias impactando a comunidade bentônica. •Soterramento e impacto nos organismos bentônicos do estuário e região marinha adjacente. 	Impacto nos manguezais, impacto na megafauna e extensão do impacto nas praias	Re-análise de dados já coletados e apresentados nos relatórios, consolidação de trabalhos científicos em andamento e consolidação de dados pré-rompimento da barragem para definição de <i>baselines</i>	Todos os projetos envolvidos
	Aumento no teor de Metais na água (fração dissolvida e particulada) e no sedimento, alguns acima dos valores permitidos na legislação	<ul style="list-style-type: none"> •Alteração na comunidade fitoplanctônica, com a diminuição do número de espécies; •Explosão no número de indivíduos jovens no zooplâncton, com a diminuição do número de espécies e elevação na dominância de duas espécies; •Bioacumulação do pescado com índices de toxicidade acima da legislação. •Impacto no equilíbrio da produção primária. 	Impacto nos manguezais, impacto na megafauna, impacto na ictiofauna e extensão do impacto nas praias		
IMPACTOS CRÔNICOS	Extensão do Rejeito Acumulado nas regiões costeiras e marinhas	<ul style="list-style-type: none"> • Relatório único indica nenhum impacto em fundos de rodolitos; •Relatório único indica nenhum impacto em fundos recifais. 	Impacto no bentos de sedimento inconsolidado, inconclusivo na extensão de ocorrência do rejeito, com indicativo de dispersão para o norte, indicativo de presença em Abrolhos (porém inconclusivo)	Mapeamento e monitoramento de 3 habitats bentônicos: fundos lamosos, rodolitos e fundos recifais	Monitoramento Marinho - Mapeamento Anexo 3
				Definição da espessura de rejeito ao longo da costa e avaliação das mudanças no sedimento quanto à sua composição, usando testemunhos na região marinha	Monitoramento Marinho - Mapeamento Anexo 3
				Diagnóstico do impacto e monitoramento de rodolitos e macroalgas, da zona costeira até a plataforma continental	Monitoramento Marinho - Fundos Recifais e Rodolitos Anexo 3
				Impacto e aporte em Abrolhos	Anexo 8 Sedimentação em Abrolhos
				Monitoramento dos recifes ao norte do Rio Doce para avaliar o impacto a o acúmulo ou não de rejeito	Monitoramento Marinho - Fundos Recifais e Rodolitos Anexo 3
	Influência da sazonalidade no aporte de lama de rejeito e elevação nos teores de metais na água	<ul style="list-style-type: none"> •Impacto na vegetação ripária; •Elevação nos valores de toxicidade no pescado. •Impacto na comunidade bentônica na região estuarina e marinha; •Impacto contínuo na produção primária e consequentemente nas comunidades de fito e zooplâncton. 	Impacto nos manguezais, impacto na megafauna, extensão do impacto nas praias e não conclusivo sobre impacto na ictiofauna	Avaliação da composição de metais na água e sedimento na região marinha	Monitoramento Marinho - Anexo 3 Hidrogeoquímica e Sedimentologia
				Avaliação da composição de metais na água e sedimento na calha do Rio Doce e sistema lacustre	Monitoramento Dulcícola - Análises Químicas
				Avaliação quali-quantitativa da comunidade planctônica (fito, ictio e zoo)	Monitoramento Marinho - Anexo 3 Plancton
				Avaliação quali-quantitativa da comunidade bentônica	Monitoramento Marinho - Anexo 3 Bentos
	Aumento nos níveis de metais no sedimento ao longo do tempo	<ul style="list-style-type: none"> •Processos biogeoquímicos no sedimento depositado levando à biodisponibilização de metais e impactado a comunidade bentônica; •Impacto do aumento de metais na comunidade bentônica; •Potencial aumento na contaminação do pescado ao longo do tempo. 	Impacto nos manguezais, impacto na megafauna, extensão do impacto nas praias e não conclusivo sobre impacto na ictiofauna	Avaliação da composição de metais na água e sedimento na região marinha	Monitoramento Marinho - Anexo 3 Sedimentologia e Hidrogeoquímica
				Caracterização da composição do sedimento aportado em Abrolhos para estudo de possível impacto	Monitoramento da Sedimentação em Abrolhos
				Ensaios ecotoxicológicos para avaliação de impacto agudo e crônico em organismos aquáticos	Monitoramento da Ecotoxicologia
				Avaliação e distribuição da ictiofauna e carcinofauna dulcícola, estuarina e marinha	Monitoramento da Ictiofauna
				Avaliação e distribuição da megafauna marinha (cetáceos, tartarugas e aves)	Monitoramento da Megafauna
				Potencial impacto em fundos recifais e fundos de rodolitos/macroalgas	Monitoramento Marinho - Anexo 3
				Avaliação das mudanças no sedimento quanto à sua composição, usando testemunhos nos lagos	Monitoramento Dulcícola
	Potencial recontaminação devido à ressuspensão do sedimento de fundo por períodos de maior energia de ondas	<ul style="list-style-type: none"> •Recontaminação na coluna d'água e dos organismos associados; •Potencial dispersão de sedimentos com elevados teores de metais para regiões mais afastadas, impactando a biota. 	Nenhum relatório anterior ao PMBA	Ensaios ecotoxicológicos para avaliação de impacto em organismos aquáticos	Monitoramento da Ecotoxicologia
				Avaliação do impacto causado nos organismos bentônicos e planctônicos	Monitoramento Marinho - Anexo 3
				Caracterização do regime de ondas e correntes da região marinha ao longo do tempo	Monitoramento Marinho - Subprojeto Modelagem
				Monitoramento da do material particulado em suspensão	Monitoramento Marinho - Anexo 3
				Caracterização do sedimento de fundo quanto à granulometria, composição e densidade	Monitoramento Marinho - Subprojeto Sedimentologia

Sendo assim, com base nesta análise de dados coletados durante os 3 primeiros anos pós rompimento da barragem e já considerando o monitoramento da biodiversidade aquática já em execução, podemos ressaltar e recomendar ações que poderão responder a questões centrais no que tange a hipóteses sobre o impacto ambiental causado na região de estudo.

Ações Recomendadas

- Coleta e análise integradas – é fundamental que se entenda que a bacia hidrográfica e as regiões costeira e marinha formam um continuum de fluxos. Então indicadores primários (abióticos) precisam ser medidos ao longo deste contínuum de forma integrada com a biota associada às matrizes água e sedimento/fundos rígidos. Desta maneira, integra-se qualidade de água/sedimento com respostas na vida.
- Avaliação de Impacto baseada em indicadores ecológicos.
- Fluxo de comunicação entre o PMBA e a CTBio – é fundamental que o entendimento do que é o rejeito esteja inserido nos estudos sobre impacto na biodiversidade, e o mesmo vale para a qualidade de água. O diálogo é fundamental para que metodologias sejam validadas e que especificidades sejam resguardadas.
- Construção de uma base de dados única, especializada e de fácil acesso, com um modelo de gestão.
- Mudança do modelo de governança, fazendo com que os resultados sejam continuamente discutidos entre RenovaRRDM (ou outro contratado) e CTBio/CIF. Este modelo permite ajustes em tempo real, agilidade em tomadas de decisão para ações emergenciais, adequação de plano amostral ou de parâmetros, dentre outros.
- Da importância do fortalecimento de desenvolvimento de ações integradas entre CTBio e outras CT's (ex: CTSaúde, CTSegurança Hídrica, CTFlor).

Esta análise de dados pretéritos também permitiu avaliar os impactos que ocorreram durante os quase 3 anos após o rompimento. Podemos resumir que os impactos observados são derivados não só do rejeito de minério, mas também em função do volume de rejeito que aportou no ambiente e a forma catastrófica que seu deu esse aporte. O impacto físico foi devido ao rompimento da barragem, liberando um volume enorme de material de uma só vez, gerando um fluxo de alta concentração e densidade. Esse fluxo provocou mudança na calha do rio Doce, erodindo o fundo e as margens, soterrando peixes, alguns lagos e, em função dessa corrente de densidade, as barragens ao longo do curso do rio abriram suas comportas, o que também provocou a disponibilização de material acumulado no fundo. Desta maneira, o evento deixou de ser só material de rejeito de minério, para ser um fluxo carreando tudo

que estava acumulado no fundo do rio e dos reservatórios, o que mostra a importância de se avaliar vários parâmetros.

Uma vez que este rejeito de minério encontra condições com diferenças de Ph e matéria orgânica, em relação as condições originais reações biogeoquímicas passam a alterar os minerais. As reações geoquímicas se tornam ainda mais importantes quando o fluxo de alta densidade encontra o aumento de salinidade na região estuarina/costeira e depois na região marinha. A alta quantidade de Fe (principalmente – base do rejeito), dissolvido e particulado, que é inserida no sistema costeiro está bem caracterizada nos estudos. Sendo o Fe um micronutriente de baixa concentração no mar, ele é limitante na produção primária. Esse aporte significativo de Fe na foz do Rio Doce gera um impacto de grandes proporções na produção primária, influencia a clorofila-a e o fitoplâncton, e consequentemente, o zooplâncton. Do ponto de vista físico, esse fluxo de alta concentração chega no mar e devido à salinidade, aumenta o seu poder de floculação, gerando ainda um fluxo de alta densidade, resultando em um acúmulo de cerca de 3 a 5cm (entre 10 e 20m de profundidade) de rejeito durante a primeira semana. A pluma superficial passa a se dispersar em função da vazão do rio e do vento, hora indo para sul, hora para norte. Essa quantidade de Fe na água passa a impactar uma região cuja extensão ainda não foi claramente definida. A partir daí a deposição da lama de rejeito passa a impactar a comunidade bentônica. Observa-se um aumento nos teores de metais no sedimento marinho e 3 meses depois fica evidenciado a contaminação do pescado.

A sazonalidade passa a influenciar a qualidade da água, sendo que em períodos chuvosos os teores de metais particulados na água aumentam consideravelmente e a pluma tende a se dispersar por uma área maior em função do seu volume. O impacto crônico na base da cadeia alimentar é verificado ao longo do primeiro ano. Estudos detalhados sobre o rejeito mostram que as partículas tenderam a ficar mais finas, aumentando a quantidade da fração argila e alterando o seu padrão de decantação e deposição. Isso pode ter acarretado uma maior mobilidade do rejeito na fração fina. O mesmo pode-se dizer sobre a fração colóide que foi medida no estuário do rio Doce. Essa fração colóide ainda é objeto de discussão, e precisa ser melhor entendida porque ela não se deposita, podendo se dispersar por grandes distâncias.

Com base nos relatórios apresentados e analisados neste estudo, fica claro que algumas ações do TR4 serão de diagnóstico. Isso porque não há estudos que mostrem de forma assertiva que não houve influência da pluma nos manguezais, nas restingas e nos lagos. Da mesma forma, não há clareza sobre o impacto do rompimento da barragem e da pluma de rejeitos sobre a comunidade de megafauna.

6. REFERÊNCIAS

Aplysia, 2016. 1763/2016.01 Monitoramento Ambiental dos Efeitos da Pluma de Turbidez sobre o Ecossistema da Praia (REBIO COMBOIOS).

Econservation, 2016. RT_ECV 073/16 TÍTULO: Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória.

Coppetec, 2017. Coppe-20275. Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana, Nove meses após o Desastre. 1036p.

CTA, 2017. RT ECV 138/17. Título: Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho

Econservation, 2017. RT ECV 138/17. Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho. Auto de Intimação IEMA nº 12.371/2015

FURG, 2018. Monitoramento das Concentrações de Metais na Água Bruta e nos Pescados da Região Marinha. ICMBio

Golder Associates, 2018. RT-054_159-515-2282_01-B_Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Relatório de Janeiro/2018.

Golder Associates, 2017. RT-048_159-515-2282_02-J. TÍTULO: RELATÓRIO TÉCNICO: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017.

Gomes LEO, Correa LB, Sá F, Rodrigues-Neto R, Bernardino AF. 2017. The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. Marine Pollution Bulletin 120: 28–36

Grilo CF, Quaresma VS, Amorim GFL, Bastos AC. 2018. Changes in flocculation patterns of cohesive sediments after an iron ore mining dam failure. Marine Geology 400: 1–11

Vanessa Hatje V, Pedreira RMA, Rezende CE, Schettini CAF, Souza GC, Marin DC, Hackspacher PC. 2017. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. Scientific Reports, 7: 1-13. DOI:10.1038/s41598-017-11143-x

Marta-Almeida M, Mendes R, Amorim FN, CiranoM, Dias JM. 2016. Fundão Dam collapse: Oceanic dispersion of River Doce after the greatest Brazilian environmental accident, 112 (1–2): 359-364

Quaresma VS, Catabriga G, Bourguignon SN, Godinho E, Bastos AC. 2015. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf - Processos sedimentares modernos ao longo da plataforma continental adjacente à desembocadura do rio Doce. Brazilian Journal of Geology, 45(4): 635-644

Rudorff N, Rudorff CM, Kampel M, Ortiz G. 2018. Remote sensing monitoring of the impact of a major mining wastewater disaster on the turbidity of the Doce River plume off the eastern Brazilian coast. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 145: 349-361

Segura FR et al. 2016. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). Environmental Pollution 218: 813-825

UFES, 2016. Resultados Parciais das Análises Realizadas em Amostras Coletadas na

Plataforma Adjacente a Foz do Rio Doce: Embarque NOc. Vital de Oliveira. ICMBio

UFES, 2017. 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. ICMBio.

UERJ, 2017. Sumário das Análises de Isótopos Radiogênicos de Sr e Nd em Sedimentos da Foz do Rio Doce-ES e do Parque Nacional dos Abrolhos-BA. ICMBio

APÊNDICE A - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Ecotoxicologia.

- **RELATÓRIO: Relatório Da Contaminação Dos Peixes Capturados Na Reguão Do Médio Rio Doce Na Microrregião De Governador Valadares, Mg.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini, Dra Juliana Zomer Sandrini, Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório Da Contaminação Dos Peixes Capturados Na Reguão Do Médio Rio Doce Na Microrregião De Governador Valadares, Mg.

Local e data de publicação: Teófilo Otoni, maio de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Equipe (nome e nível de experiência):

Pesquisadores responsáveis:

Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa - Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia e Bioquímica do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: meio ambiente, agricultura, produção vegetal, solos, e resíduos industriais. Líder do grupo de pesquisa "Tecnologia de utilização de resíduos industriais".

Dr. Jairo Lisboa Rodrigues - Tem experiência em Controle de qualidade e validação analítica, Toxicologia de metais e estresse oxidativo, atuando principalmente nos seguintes temas: Espectrometria de Massas com com Plasma Acoplado Indutivamente, Espectroscopia Química com acoplamento HPLC-ICPMS, Biomonitoramento Química analítica ambiental, Toxicologia Ambiental e ocupacional, relações entre saúde e meio ambiente.

Dra Márcia Cristina da Silva Faria – Tem formação em Toxicologia pela Universidade de São Paulo (USP). Parte da capacitação do doutorado foi realizada no Instituto Nacional de Saúde Pública do México no curso de Saúde Ambiental. Desenvolve estudos na Área de Saúde e Ambiente, Toxicologia Ocupacional com estudos envolvendo pesquisas para o SUS. Possui parceria com a University of Viena/Áustria, grupo do Prof. Dr. Siegfried Knasmüller nos estudos de toxicologia genética.

Resumo do escopo

O relatório refere-se a dados sobre a contaminação por metais em peixes do médio Rio Doce, região que concentra dezenas de pescadores e suas famílias. Os resultados obtidos demonstram uma frequência significativa de amostras de músculo de pescado com concentrações de metais que excedem aos limites estabelecidos pela atual legislação brasileira (Resolução 42/2013 da ANVISA).

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A coleta dos peixes foi realizada por pescadores, em Agosto de 2016, em três pontos distintos da bacia hidrográfica do Rio Doce (Lago da Usina HE Baguari, a montante de Governador Valadares e a jusante da USE de Baguari). Foram amostrados peixes com diferentes hábitos alimentares. Os peixes foram congelados, ensacados e identificados. O tecido muscular dos peixes foi dissecado, digerido e utilizado na análise de 27 elementos minerais.

Justificativa: O procedimento realizado com as amostras de músculo de peixe foi adequado para as análises de metais.

Metodologia Análise

Descrição resumida: No presente estudo foram quantificados apenas as concentrações de chumbo (Pb), arsênio (As), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg). As concentrações destes metais foram quantificadas utilizando-se espectrofotômetro de plasma.

Justificativa: Os metais quantificados foram aqueles que apresentam seus limites estabelecidos na Resolução 42/2013 da ANVISA que dispõe sobre o regulamento técnico do Mercosul sobre os limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos.

Resultados

Descrição resumida:

Foram analisadas amostras de 14 exemplares, destes 57% apresentavam pelo menos 1 metal, acima do limite estabelecido pela ANVISA. Destes peixes, 50%, 25% e 13% apresentaram uma concentração de Hg, Pb e Cd acima dos limites estabelecidos pela Resolução 42/2013 da ANVISA. A maioria dos peixes contaminados com Hg era nativa à bacia. Das espécies introduzidas analisadas, 60% apresentavam valores de concentrações de metais acima dos limites estabelecidos pela Resolução 42/2013 da ANVISA. O relatório não associa a contaminação dos peixes por metais aos rejeitos da mineração, uma vez que somente o As é característico de rejeito de mineração, enquanto que a região onde os peixes

foram capturados pode ter sido contaminada por Hg associado à atividade de garimpo de ouro em rios da região.

Justificativa: Os procedimentos realizados foram adequados para a obtenção dos dados, os quais são apresentados e discutidos de forma coerente e pertinente.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida

As análises da concentração de metais foram realizadas em um número reduzido de amostras de músculo de peixes, e os dados obtidos não apontam para uma relação direta entre a contaminação observada no pescado com os metais que são típicos dos rejeitos da mineração. No entanto, indicam um alerta para o risco no consumo do pescado.

Justificativa: O relatório evidencia a contaminação do pescado por metais, sem vinculação necessariamente ao rompimento da barragem de Fundão.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Avaliação De Elementos Químicos Em Peixes Na Área De Influência Do Acidente Com O Rompimento Da Barragem De Rejeitos De Fundão, Mariana, Mg – Trecho Rio Doce, Es**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini; Dra Juliana Zomer Sandrini; Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação De Elementos Químicos Em Peixes Na Área De Influência Do Acidente Com O Rompimento Da Barragem De Rejeitos De Fundão, Mariana, Mg – Trecho Rio Doce, Es

Local e data de publicação: Belo Horizonte, Fevereiro de 2016

Órgão/Empresa executor(a):

Bioma – Estudos Ambientais/ Consultoria Ltda

Acqua – Consultoria e Recuperação de Ambiente Aquáticos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência):

Bioma - Estudos Ambientais: **Gladstone Ignácio de Almeida** - *Biólogo - Consultor Ambiental – Experiência Técnica*

Acqua - Consultoria e Recuperação de Ambientes Aquáticos Ltda.: **Fábio Vieira** - *Biólogo - Experiência Técnica*

Resumo do escopo: Análise da bioacumulação de metais em peixes do Rio Doce, no trecho que atravessa o estado do Espírito Santo. Os resultados indicam concentrações de metais (As e Cr) acima dos limites estabelecidos pela Resolução da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, nº42/ 2013.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Foram analisadas amostras de 11 espécies de peixes coletados em 5 pontos ao longo do Rio Doce: Regência, Marilândia, Colatina, Jusante UHE Mascarenhas e Reservatório Mascarenhas. A coleta foi realizada com auxílio de tarrafas, redes ou anzóis, e em seguida as amostras de filé, fígado e brânquias eram dissecadas, congeladas e encaminhadas para o laboratório responsável pela análise. Os metais

analisados foram: cádmio (Cd), zinco (Zn), chumbo (Pb), arsênio (As), cromo (Cr), ferro (Fe), níquel (Ni), alumínio (Al), manganês, (Mn), mercúrio (Hg) e cobre (Cu). Os valores das concentrações dos metais foram expressos em mg/kg do tecido.

Justificativa: A metodologia aplicada é adequada à avaliação de bioacumulação de metais em organismos aquáticos.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A avaliação dos resultados obtidos foi realizada com base nos limites estabelecidos pela legislação brasileira específica para alimentos: Decreto 55871 de 26 de Março de 1965; Portaria 685 de 27 de Agosto de 1998 e Resolução 42/2013 da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A avaliação dos resultados obtidos para zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr) e níquel (Ni) foi feita com base nos limites estabelecidos para outros alimentos que não peixes, uma vez que não há referência na legislação para esses metais em peixes (cru, congelado ou refrigerado). Por sua vez, não há nenhuma referência para os limites de concentração para ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn). Portanto, a avaliação para estes metais consistiu apenas na menção das tendências dos níveis dos metais nos peixes, sem, no entanto, acrescentar outros comentários.

A metodologia utilizada nos laboratórios foi descrita como parte de outro documento denominado ANEXO 5.

Justificativa: Os critérios definidos como referência estão de acordo os objetivos da avaliação realizada.

Resultados

Descrição resumida: As concentrações de arsênio (As) e cromo (Cr) nos filés de peixes estavam acima dos limites estabelecidos pela Resolução da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, nº42/ 2013. Cabe ressaltar que o arsênio (As) foi registrado na amostra de filé de um peixe que apresentava baixa concentração do metalóide no fígado. Por sua vez, o cromo (Cr) foi registrado em concentrações elevadas no filé, nas brânquias e no fígado de todas as espécies analisadas, antes e após a chegada da pluma de rejeitos, em todos os pontos de coleta. Não foi observada uma relação direta entre a bioacumulação de metais observada nos tecidos dos peixes e os períodos de análise (antes e após a chegada da pluma de rejeitos) ou pontos de coletas. Os níveis observados de cromo (Cr) mereceram atenção, sem, no entanto, sugerir relação com o rompimento da barragem, uma vez que a bioacumulação deste metal já era registrada antes do evento.

Justificativa: Os procedimentos realizados foram adequados para a obtenção dos dados, os quais são apresentados e discutidos de forma coerente e pertinente.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Foram detectadas concentrações elevadas de dois metais (As e Cr) nos tecidos dos peixes analisados, sem, no entanto, indicar uma relação direta com o rompimento da barragem de Fundão.

Justificativa: O relatório sugere que os metais que foram encontrados em concentrações excessivas nos tecidos dos peixes analisados (As e Cr) não são oriundos do rompimento da barragem.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Avaliação do risco do consumo de pescados da região afetada pelo acidente da Barragem do Fundão-Samarco**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini; Dra Juliana Zomer Sandrini; Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação do risco do consumo de pescados da região afetada pelo acidente da Barragem do Fundão-Samarco

Local e data de publicação: Brasília, Maio de 2016

Órgão/Empresa executor(a): ANVISA

Equipe (nome e nível de experiência):

Gerente de Avaliação de Risco e Eficácia: Lígia Lindner Schreiner

Tem especialização em Vigilância Sanitária pelo Fundação Oswaldo Cruz Especialista em regulação e Visa da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Ciência de Alimentos.

Gerente Geral de Alimentos: Thalita Antony de Souza Lima

É especialista em regulação e vigilância sanitária da Agência Nacional de Vigilância Sanitária e atualmente executa a função de Gerente-Geral de Alimentos. Tem experiência na área de Nutrição e Saúde Pública.

Resumo do escopo:

Avaliação para estimativa do risco, para população em geral do Brasil e para a população próxima às áreas consideradas contaminadas (Estado do Espírito Santo), do consumo de produtos da pesca oriundos da região litorânea sob influência dos rejeitos do rompimento da Barragem do Fundão/MG. Com base em relatório do ICMBio de 2016.

Em anexo Arquivo com gráficos de Arsênio (total e inorgânico) em pescados coletados na região costeira e foz do Rio Doce, de Dezembro de 2015 a Fevereiro de 2016.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A avaliação da exposição associada ao conhecimento do potencial tóxico de dado agente (avaliação toxicológica) permite estimar a probabilidade de

ocorrência de um efeito adverso em organismo/população, considerando-se a concentração da substância no alimento, o nível do consumo do alimento e o peso corpóreo do organismo consumidor. As amostras foram coletadas na APA Costa das Algas, REVIS Santa Cruz, foz do Rio Doce, São Mateus e Região de Abrolhos.

Justificativa: A metodologia aplicada está de acordo com o objetivo do estudo, ou seja, a análise de risco do consumo de pescados contaminados.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A análise que deu origem aos dados de contaminação por metais nos pescados foi realizada pelo ICMBio, que avaliou 10 amostras por ponto de coleta (peixe e crustáceos). No presente estudo, os resultados foram tabulados e comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 42/2013 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A avaliação teve caráter conservador, adotando o pior cenário possível. Por exemplo, foi medido arsênio (As) total, mas foram considerados como referência os limites máximos estabelecidos pela Resolução 42/2013 da ANVISA para arsênio (As) inorgânico, a forma mais tóxica do elemento.

Justificativa: Os critérios definidos como referência estão adequados aos objetivos da avaliação realizada.

Resultados

Das 16 amostras coletadas, 75% apresentavam concentração de arsênio (As) total acima do limite máximo estabelecido pela Resolução 42/2013 da ANVISA.

As concentrações de cádmio (Cd) apresentaram valores acima do limite máximo estabelecido pela Resolução 42/2013 da ANVISA, variando de 43 a 54% dos crustáceos analisados e de ~95 a 100% dos peixes analisados.

Quanto ao chumbo (Pb), também foram detectadas nas amostras concentrações acima daquelas estabelecidas como limite máximo pela Resolução 42/2013 da ANVISA, variando de ~71 a 79% das espécies de crustáceos analisadas e de 21 a 95% das amostras de peixes analisadas.

Justificativa: Os procedimentos adotados foram adequados para avaliação dos dados previamente obtidos pelo ICMBio.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A avaliação considerou referências extremas e indicou que provavelmente os valores de segurança para o consumo dos pescados não serão ultrapassados. No entanto, sugeriu que as populações das áreas afetadas sejam informadas sobre o potencial risco de consumo de pescados contaminados.

Justificativa: O relatório apresenta avaliação considerando condições extremas, no que se refere às concentrações de arsênio (As) que excederam aos limites máximos permitidos pela legislação vigente. Foi recomendada a determinação das concentrações de arsênio (As) inorgânico.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não há necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Relatório técnico-científico Contrato 105/2016 - Etapa 5: Análise comparativa sobre os resultados entre as Expedições Soloncy Moura I e II e as amostras coletadas antes do evento**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Profa. Dra. Juliana Zomer Sandrini – FURG; Profa. Dra. Marta Marques de Souza - FURG

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório técnico-científico Contrato 105/2016 - Etapa 5: Análise comparativa sobre os resultados entre as Expedições Soloncy Moura I e II e as amostras coletadas antes do evento

Local e data de publicação: sem informações no arquivo

Órgão/Empresa executor(a): Fundação de Apoio à Universidade do Rio Grande - FAURG

Equipe (nome e nível de experiência): Equipe liderada pelo prof. Dr. Adalto Bianchini da FURG. O professor Adalto tem uma vasta experiência em estudos envolvendo qualidade ambiental, com um perfil majoritariamente científico. Entretanto, tem participado de muitas iniciativas técnicas voltadas ao monitoramento da qualidade ambiental. A equipe envolvida no relatório é formada por diversos profissionais com perfil científico, incluindo doutores, mestres e graduandos.

Resumo do escopo: este relatório é uma continuidade aos resultados apresentados em outros relatórios associados ao contrato 105/2016 entre FUNBIO e FAURG. Este relatório apresenta os dados da etapa 5 do contrato, o qual apresenta uma análise comparativa entre os resultados de contaminação por metais na água e em peixes coletados antes e depois da chegada da lama oriunda do rompimento da barragem de Fundão em Mariana (MG) na região da foz do Rio Doce. De maneira geral, os resultados obtidos indicam que as maiores concentrações de Cd, Cr, Cu e Fe na água foram observadas após a chegada da pluma de sedimentos na região (coleta de Janeiro de 2016), tendo seus valores diminuídos na coleta de Abril de 2016. Para o Fe, as maiores concentrações na água foram detectadas em Janeiro e Abril de 2016, com algumas amostras com valores superiores aos permitidos pela legislação brasileira. Para o Mn, as maiores concentrações foram encontradas em Abril/2016. Com relação à acumulação de metais em peixes, o padrão geral observado foi, de certa maneira, similar ao observado nas amostras de água. Portanto, foi observado um aumento na acumulação de metais nos peixes, após o rompimento da barragem. A cinética desta

bioacumulação mostrou algumas diferenças entre os metais analisados ou ainda entre as espécies de peixes analisadas.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: O relatório apresenta dados de amostras coletadas em Outubro/2015, Novembro/2015, Janeiro/2016, Abril/2016 e Junho/2016, em diferentes pontos de amostragem ao longo do estuário e foz do Rio Doce. A descrição da metodologia não apresenta muitos detalhes, mas fica evidenciado que seguiu o mesmo padrão da metodologia de coleta já apresentada em outros relatórios.

Justificativa: a metodologia de coleta está descrita em detalhes em outros relatórios apresentados pela mesma equipe.

Metodologia Análise

Descrição resumida: as análises de concentração de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn e Pb na água e no pescado foram realizadas utilizando-se forno de grafite acoplado a espectrômetro de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua (HR-CS-AAS; ContrAA 700 Analytik Jena, Alemanha). Para as amostras de água, o efeito matriz foi minimizado através da dessalinização de acordo com protocolo descrito na literatura. Para as amostras biológicas, o material foi previamente seco em estufa (45-60°C), para posterior digestão em ácido nítrico ultrapuro. O relatório aponta a utilização de “brancos”, soluções padrão e materiais de referência certificados para a verificação da acurácia e exatidão das análises. Além disto, os percentuais de recuperação, bem como os limites de detecção e quantificação do método foram apresentados no relatório.

Justificativa: a metodologia empregada está de acordo com os objetivos propostos.

Resultados

Descrição resumida:

Os resultados encontrados para as amostras de água apontam padrões temporais distintos entre os diferentes metais analisados. De maneira geral, foi observada que para Cd, Cr, Cu e Pb o pico de concentração detectado ocorreu em Janeiro/2016, sendo que neste período muitas amostras se encontraram em NÃO CONFORMIDADE aos padrões estabelecidos na Resolução 357/2005 do CONAMA (para Cd, Cu e Pb). Para o Fe, as maiores concentrações na água foram detectadas em Janeiro e Abril/2016, com algumas amostras com valores superiores aos permitidos pela legislação brasileira. Para o Mn, as maiores concentrações foram observadas em Abril/2016.

O relatório apresenta uma inconsistência com relação aos resultados apresentados de acumulação de metais em peixes. A metodologia descreve que os resultados são expressos em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido do animal (ou mg/kg). Entretanto, os gráficos apresentam os resultados em $\mu\text{g/kg}$ de peso úmido. Ao analisar os demais relatórios preparados pela mesma equipe, nos quais alguns destes dados também são apresentados, observa-se que houve um erro de digitação da unidade de concentração dos metais nos gráficos apresentados no presente relatório. Portanto, todos os dados devem ser considerados como sendo expressos em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido e não como $\mu\text{g/kg}$ de peso úmido, como representado nos gráficos do relatório.

Os resultados de acumulação em peixes foram divididos em dois conjuntos de dados: um primeiro conjunto agrupando todas as amostras de pescada (pescadinha, pescada, pescadão, pescada foguete e oveva) coletadas e analisadas; e um segundo grupo contendo as demais espécies de peixes coletadas e analisadas. Para acumulação em pescada, os resultados demonstram que apenas para o Pb não foram observadas diferenças significativas na acumulação do metal no músculo, após o rompimento da barragem. Para todos os demais metais analisados (Cd, Cr, Cu, Fe e Mn), foram detectadas maiores concentrações nos organismos coletados após o rompimento da barragem de Fundão. Para Cd e Cr, o aumento significativo foi observado tanto para a coleta realizada em Janeiro/2016, quanto para aquela realizada em Abril/2016. Para Mn, Fe e Cu, as maiores concentrações foram observadas nos animais coletados em Janeiro/2016, do que naqueles coletados em Outubro/2015 ou Abril/2016. Para estes metais, os valores de concentração encontrados nas pescadas coletadas em Abril/2016 foram menores que aqueles observados nas pescadas coletadas em Janeiro/2016, mas ainda maiores que aquelas obtidas nas pescadas coletadas em Outubro/2015 (anterior ao rompimento da barragem).

Com relação às demais espécies de peixes analisadas, pôde-se observar, de maneira geral, um aumento na acumulação de Cd, Cu, Fe e Pb em músculo e fígado dos animais, após o rompimento da barragem (peixes coletados em Junho/2016, em relação àqueles coletados em Novembro/2015). Por outro lado, este aumento não foi observado para Mn e Cr.

Justificativa: os dados apresentados são suportados pela metodologia empregada e sustentam as conclusões apontadas no relatório.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório apresenta resultados de concentração de metais na água e em tecidos de peixes da região do estuário e foz do Rio Doce, em diferentes períodos

de coleta. De maneira geral, os resultados obtidos demonstram que as maiores concentrações de Cd, Cr, Cu e Fe na água foram observadas após a chegada da pluma de sedimentos na região (coleta de Janeiro/2016), tendo seus valores diminuídos na coleta realizada em Abril/2016. Para o Fe, as maiores concentrações na água foram observadas em Janeiro/2016 e Abril/2016, com algumas amostras apresentando valores de concentração superiores aos limites máximos estabelecidos na legislação brasileira. Para o Mn, as maiores concentrações foram observadas em Abril/2016. Com relação à acumulação de metais nos tecidos dos peixes, o padrão geral observado foi, de certa maneira, similar ao observado nas amostras de água. Neste caso, foi observado um aumento na acumulação de metais nos tecidos dos peixes após o rompimento da barragem. A cinética desta bioacumulação mostrou algumas diferenças entre os metais analisados ou ainda entre as espécies de peixes analisadas.

Justificativa: o relatório traz importantes comparações temporais em relação à concentração de metais na água e em tecidos de peixes, evidenciando o efeito do rompimento da barragem nestes parâmetros.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação - 1ª Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPSUL/ICMBio**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Profa. Dra. Juliana Zomer Sandrini – FURG; Profa. Dra. Marta Marques de Souza - FURG

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação - 1ª Expedição do Navio de Pesquisa Soloncy Moura do CEPSUL/ICMBio

Local e data de publicação: Brasília, 28 de Abril de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Universidade Federal do Rio Grande – FURG e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

Equipe (nome e nível de experiência): Equipe liderada pelo prof. Dr. Adalto Bianchini da FURG. O professor Adalto tem uma vasta experiência em estudos envolvendo qualidade ambiental, com um perfil majoritariamente científico. Entretanto, tem participado de muitas iniciativas técnicas voltadas ao monitoramento da qualidade ambiental. A equipe envolvida no relatório é formada por diversos profissionais com perfil científico, incluindo doutores, mestres e graduandos.

Resumo do escopo: O relatório agrupa os dados obtidos durante a 1ª expedição do navio de pesquisa Soloncy Moura do CEPSUL/ICMBio, realizada entre os dias 26 de Janeiro e 03 de Fevereiro de 2016. Nesta expedição foram obtidas amostras de água e material biológico em 13 pontos localizados entre a costa norte do Espírito Santo e sul da Bahia, mais precisamente entre a APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz (ES) até a região de Abrolhos (BA). As amostras de água foram utilizadas para a determinação da concentração de arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e chumbo (Pb). Quanto ao material biológico, diferentes espécies (zooplâncton, corais, poliquetos, moluscos, macrocrustáceos e peixes) foram coletados para análise de acumulação de metais e análise de biomarcador (peroxidação lipídica – LPO). Com relação ao documento analisado, os resultados são parciais para as análises na biota, uma vez que apenas os dados de metais em zooplâncton, crustáceos e peixes, e os dados de LPO em zooplâncton foram apresentados. As demais análises no material biológico ainda não haviam sido

realizadas no momento da confecção do relatório. Os resultados de concentração de metais na água estão associados com a concentração de metais e biomarcadores na biota. De maneira geral, os resultados obtidos evidenciaram concentrações elevadas de metais na água (acima dos limites máximos estabelecidos na Resolução 357/2005 do CONAMA), principalmente nos pontos mais próximos da foz do Rio Doce, o que coincide com as maiores concentrações de metais acumulados e danos em lipídios de membrana (LPO) no zooplâncton. Para crustáceos e peixes, a maioria das amostras analisadas apresentou concentrações de As, Cd e Pb acima dos limites máximos estabelecidos pela Resolução da Anvisa RDC 42/2013.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

Coleta de amostras de água: As amostras de água não filtrada (~10 mL) e filtrada (filtro 0,45 µm; 50 mL) foram coletadas em duas profundidades diferentes (superfície e fundo), através da utilização de garrafas horizontais de Niskin. Imediatamente após a coleta, as amostras foram acidificadas em ácido nítrico 1% e mantidas sob refrigeração. As amostras foram coletadas pelo menos em triplicata.

Coleta de amostras de material biológico: A metodologia e o número amostral variaram de acordo com o organismo a ser coletado, a saber: (1) zooplâncton: coleta com rede de zooplâncton após no mínimo 3 arrastos diferentes com duração entre 10 e 15 min (constituindo uma amostra), *n* amostral constituído de 3 ou 4 amostras por ponto de coleta; (2) hidrocorais/corais: coleta por mergulho autônomo, *n* amostral constituído de 6 amostras por ponto de coleta; (3) poliquetos/moluscos: coleta manual após triagem de sedimento coletado com draga, *n* amostral constituído de 6 amostras por ponto de coleta; (4) macrocrustáceos: coleta com rede de arrasto (arrastos entre 15 e 30 min) ou armadilha, *n* amostral constituído de 10 amostras por ponto de coleta; (5) peixes: coleta com redes de arrasto (arrastos entre 15 e 30 min), emalhe ou outra arte de pesca, *n* amostral constituído de 10 amostras por ponto de coleta.

Imediatamente após a coleta, os organismos foram congelados em nitrogênio líquido para posterior análise de metais e biomarcadores.

Justificativa: segundo o relatório, a metodologia utilizada na coleta está de acordo com o recomendado para esta finalidade; os pontos amostrais estão distribuídos ao longo da costa do ES e BA, considerando-se as possibilidades de dispersão da pluma de rejeitos.

Metodologia Análise

Descrição resumida:

Análise da concentração de metais: As análises foram realizadas utilizando-se forno de grafite acoplado a espectrômetro de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua (HR-CS-AAS; ContrAA 700 Analytik Jena, Alemanha). Para as amostras de água, o efeito matriz foi minimizado através da dessalinização de acordo com protocolo descrito na literatura. Para as amostras biológicas, o material foi previamente seco em estufa (45-60°C), para posterior digestão em ácido nítrico ultrapuro. O relatório aponta a utilização de “brancos”, soluções padrão e materiais de referência certificados para a verificação da acurácia e exatidão das análises. Além disto, os percentuais de recuperação, bem como os limites de detecção e quantificação do método foram apresentados no relatório.

Análise de biomarcadores: O relatório indica o método utilizado para a determinação de hidroperóxidos lipídicos, utilizando a referência que descreveu este método. Os valores foram calculados a partir de uma curva construída com uma solução padrão de tetrametoxipropano, e relativizados pela concentração de proteínas.

Justificativa: o relatório aponta os detalhes necessários, indicando a adequação da metodologia utilizada.

Resultados

Descrição resumida: os resultados apresentados são parciais para as análises na biota, uma vez que apenas os dados de metais em zooplâncton, crustáceos e peixes, e os dados de LPO em zooplâncton foram apresentados. As demais análises no material biológico ainda não haviam sido realizadas no momento da confecção do relatório. Principais resultados encontrados:

Análise da concentração de metais na água: Os resultados foram apresentados como média para os valores de superfície e fundo; e em separado para as concentrações de metal total e metal dissolvido. De maneira geral, foi observado um gradiente de concentração, sendo que as maiores concentrações foram observadas na região da foz do Rio Doce, diminuindo nos pontos ao sul e ao norte da mesma. Para alguns metais, concentrações elevadas também foram encontradas nos pontos localizados na região de Barra Nova. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (para águas salinas Classe I). A partir desta comparação, foram obtidos os seguintes resultados: (1) Cu dissolvido e Cd total - acima do limite estabelecido para os

pontos próximos à Foz do Rio Doce; (2) Pb total - praticamente todos os pontos acima do estabelecido pelo CONAMA; (3) As total - se considerar o limite para locais com pesca intensiva, praticamente todos os pontos amostrais apresentavam concentrações acima dos limites máximos permitidos pela legislação; considerando o limite “normal” para classe 1, nenhum ponto amostral apresentava concentração acima do limite máximo permitido pela legislação; (4) as concentrações dos demais metais (Cr total, Mn total, Fe dissolvido) estavam em conformidade com os limites máximos estabelecidos na legislação.

Análise da concentração de metais na biota: Para a biota, os 13 pontos de coleta foram agrupados em seis: foz do Rio Doce, sul da foz do Rio Doce, norte da foz do Rio Doce, Costa das Algas, Barra Nova e Abrolhos. Para o zooplâncton, não existem valores de referência na legislação. Portanto, pode-se realizar apenas uma análise espaço-temporal. Neste sentido, as maiores concentrações de As, Cr, Fe e Mn foram observadas nos animais coletados próximos à foz do Rio Doce. Para peixes e crustáceos, a referência utilizada foi a Resolução RDC 42/2013 da ANVISA. Para crustáceos, em média 70% das amostras analisadas apresentaram concentrações de As, Cd e Pb acima dos limites máximos permitidos pela legislação. Para peixes, em média 83% das amostras apresentaram concentrações de As, Cd e Pb acima dos limites máximos estabelecidos na legislação. Os demais metais analisados não estão regulamentados pela ANVISA. Por fim, pode-se observar que não existe um padrão espacial muito evidenciado para a maioria dos metais analisados em crustáceos e, principalmente, em peixes.

Biomarcador (LPO) na biota: As análises apresentadas foram referentes apenas ao zooplâncton. Para corais, os resultados foram apresentados apenas para a região de Abrolhos. Para o zooplâncton, podem ser observados maiores níveis de LPO (indicativo de danos nas membranas biológicas) nos organismos coletados próximos à foz do Rio Doce.

Justificativa: A metodologia empregada está adequada para a obtenção dos resultados descritos, os quais estão devidamente apresentados e analisados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: o relatório integra resultados de análise de água e biota referentes ao período de 26 de Janeiro e 03 de Fevereiro de 2016, aproximadamente 2 meses após a chegada da pluma de sedimentos na foz do Rio Doce. Neste sentido, os resultados de concentração de metais na água estão associados com a concentração de metais e biomarcadores na biota. De maneira geral, os resultados obtidos evidenciaram concentrações elevadas de metais na água (acima dos limites permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA), principalmente nos pontos mais próximos à foz do Rio Doce, o que coincide com as maiores concentrações de metais acumulados e danos em lipídios de

membrana (LPO) no zooplâncton. Para crustáceos e peixes, a maioria das amostras analisadas apresentou concentrações de As, Cd e Pb acima dos limites estabelecidos na legislação vigente (Resolução RDC 42/2013 da ANVISA).

Justificativa: considerando os resultados observados, especialmente alguns gradientes espaciais bastante evidentes, o relatório aponta para um possível efeito da chegada da pluma de sedimentos à região costeira.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Monitoramento dos efeitos ecotoxicológicos da pluma de sedimentos oriunda da foz do rio doce sobre o ambiente marinho - contaminação do pescado.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Profa. Dra. Juliana Zomer Sandrini – FURG; Profa. Dra. Marta Marques de Souza - FURG

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento dos efeitos ecotoxicológicos da pluma de sedimentos oriunda da foz do rio doce sobre o ambiente marinho - contaminação do pescado

Local e data de publicação: Rio Grande, 27 de Outubro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Equipe (nome e nível de experiência): Equipe coordenada pelo prof. Dr. Adalto Bianchini da FURG. O professor Adalto tem uma vasta experiência em estudos envolvendo qualidade ambiental, com um perfil majoritariamente científico. Entretanto, tem participado de muitas iniciativas técnicas voltadas para o monitoramento da qualidade ambiental. O relatório não apresenta os demais membros da equipe, mas deixa evidenciado que se trata da continuidade de um trabalho de monitoramento realizado a partir do rompimento da barragem. Neste sentido, presume-se que a equipe é a mesma dos demais relatórios apresentados, ou seja, formada por diversos profissionais com perfil científico, incluindo doutores, mestres e graduandos.

Resumo do escopo: o relatório apresenta os dados relacionados ao quarto cruzeiro de pesquisa e monitoramento realizado pela equipe do prof. Adalto, entre os dias 23 e 30 de Setembro de 2017. Este cruzeiro foi realizado a bordo das embarcações Abaeté e Scuba, e coletou dados abióticos e bióticos em 13 pontos amostrais ao longo da região costeira do Espírito Santo e Bahia. O relatório em questão apresenta os dados de concentração de metais em peixes e camarões obtidos nesta expedição. Para fins comparativos, o relatório apresenta também os dados para acumulação de metais em peixes e crustáceos obtidos nas expedições anteriores. A análise deste relatório, tanto em termos espaciais quanto em termos temporais, deixa evidente a contribuição do rompimento da barragem para a contaminação de peixes e crustáceos da região costeira do ES e BA. Neste sentido, percebe-se que os maiores impactos foram observados logo após o rompimento da barragem (Janeiro de 2016), sendo que para as coletas posteriores se observa, de maneira geral, um perfil que indica uma

tendência de dispersão dos contaminantes ao longo da região costeira. A frequência de pescados que apresentam concentrações de metais no músculo em desacordo com a Resolução 42/2013 da ANVISA diminuiu consideravelmente em relação aos dados obtidos nas expedições anteriores. Neste sentido, apenas para cádmio (Cd) ainda foram coletados organismos com concentrações de metais no músculo acima do limite máximo estabelecido pela legislação em questão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: o relatório não apresenta os detalhes da metodologia de coleta utilizada, informando que foram utilizados os mesmos procedimentos das expedições anteriores. Os pontos de coleta também foram os mesmos avaliados anteriormente, ou seja, desde a região da APA Costa das Algas (Aracruz, ES) até Degredo (Linhares, ES), bem como a região de Abrolhos (BA).

Justificativa: a metodologia de coleta utilizada no presente relatório é a mesma metodologia empregada nas expedições anteriores, a qual já foi validada em outros relatórios.

Metodologia Análise

Descrição resumida: o relatório não apresenta os detalhes da metodologia de análise utilizada, informando apenas que foram utilizados os mesmo procedimentos empregados nas expedições anteriores.

Justificativa: a metodologia de análise utilizada no presente relatório é a mesma empregada nas expedições anteriores, a qual já foi validada em outros relatórios.

Resultados

Descrição resumida: na presente expedição foram coletadas e analisadas 66 amostras de camarões (camarão rosa, camarão branco e camarão 7 barbas) e 118 amostras de peixes (garoupa, vermelho, peroá, salema, guaricema, maria luiza, pescadinha, roncador e linguado). De maneira geral, pode-se observar uma diminuição nas concentrações de metais no músculo de peixes e camarões na presente coleta, em relação às coletas anteriores, com exceção do cromo (Cr), onde se observou um perfil contrário. Neste caso, ainda foram coletados organismos com concentrações de Cd acima do limite máximo permitido pela Resolução 42/2013 da ANVISA. No entanto, o relatório não informa o percentual de amostras em não conformidade com a legislação. Para As e Pb, as amostras se apresentaram em conformidade com a legislação de referência (Resolução 42/2013 da ANVISA). Pode ser

observado um padrão espacial, com as maiores concentrações de metais sendo geralmente observadas nos organismos coletados próximos a foz do Rio Doce, principalmente para o Cr, e em menor grau para Pb e Cu. Com relação ao padrão temporal, pode ser observada uma tendência de diminuição nas concentrações de metais, em relação àquelas observadas nas coletas anteriores, à exceção de Cd e Cr em peixes e de Cu, Fe e Mn em camarões, onde foram observados aumentos nas concentrações dos mesmos, em relação àquelas observadas nas coletas anteriores, principalmente os dados obtidos a partir das amostras coletadas na terceira expedição (Dezembro de 2016).

Justificativa: a obtenção dos resultados apresentados está devidamente embasada pela metodologia utilizada.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: o relatório apresenta os dados de concentrações de metais em peixes e camarões coletados em Setembro de 2017, quase dois anos após o rompimento da barragem. Além destes dados, o relatório apresenta também uma análise comparativa, considerando os dados obtidos nas expedições anteriores (Janeiro, Abril e Dezembro de 2016). A análise deste relatório, tanto em termos espaciais quanto em termos temporais, deixa evidente a contribuição do rompimento da barragem para a contaminação de peixes e crustáceos da região costeira do ES e BA. Neste sentido, percebe-se que os maiores impactos foram observados logo após o acidente (Janeiro de 2016), sendo que para as coletas posteriores é notada, de uma maneira geral, uma tendência de dispersão dos contaminantes ao longo da região costeira. O percentual de pescados que apresentaram concentrações de metais no músculo em desacordo com a Resolução 42/2013 da ANVISA diminuiu consideravelmente em relação àquela observado nas expedições anteriores. Neste sentido, apenas para cádmio (Cd) ainda foram coletados organismos com concentrações acima do limite máximo estabelecido pela legislação.

Justificativa: o relatório faz uma análise espaço-temporal muito interessante, buscando entender a dinâmica do ambiente associado ao evento do rompimento da barragem.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Monitoramento de Bioacumulação (Ictiofauna, Carcinofauna e Malacofauna) por Metais, na Região Marinha Adjacente à Foz do Rio Doce e sob Possível Influência da Lama de Rejeitos Oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Adalto Bianchini – FURG; Profa. Dra. Juliana Zomer Sandrini – FURG; Profa. Dra. Marta Marques de Souza - FURG.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento de Bioacumulação (Ictiofauna, Carcinofauna e Malacofauna) por Metais, na Região Marinha Adjacente à Foz do Rio Doce e sob Possível Influência da Lama de Rejeitos Oriunda do Rompimento da Barragem de Fundão.

Local e data de publicação: Abril de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Econservation Estudos e Projetos Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência): O relatório tem como responsável a bióloga Gisele Christina Toso Kruger (Registro no CRBio-02 38100). A bióloga é formada pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e possui experiência majoritariamente com perfil técnico, ocupando o cargo de Gerente de Projetos na empresa Econservation Estudos e Projetos Ambientais.

Resumo do escopo: o relatório técnico RT ECV 065/16 apresenta dados de concentrações de elementos traços na biota (peixes, camarões e ostras) coletados ao longo de 2 meses (coletas semanais) na região adjacente à foz do Rio Doce, abrangendo os municípios de Linhares, São Mateus e Aracruz (ES). Como principal resultado do estudo, pode-se destacar a relativa alta frequência de valores de concentrações de As e Se no pescado acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira. Para os elementos Cu, Ni e Cr, as concentrações observadas estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira, sendo que para os demais elementos analisados não existem valores de referência estabelecidos na legislação.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

As coletas de organismos (ostras, camarões e peixes) foram realizadas com uma frequência semanal, no período de 14 de Dezembro de 2015 a 05 de Fevereiro de 2016, em cinco áreas distintas: Regência (separada em foz e região costeira), dois pontos ao Norte da foz do Rio Doce (Barra Seca e Barra Nova, ambos no município de São Mateus) e dois pontos ao Sul (Barra do Riacho e Santa Cruz, ambos no município de Aracruz). Os camarões e peixes foram capturados por rede de espera ou redes de arrasto. As ostras-do-mangue foram obtidas através de coleta manual nos manguezais em Santa Cruz e Barra Seca. Após a coleta, os organismos foram congelados (não é informada a temperatura) e transferidos ao Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF - Campo dos Goytacazes) para as análises.

Justificativa: a metodologia de coleta está adequada aos objetivos propostos.

Metodologia Análise

Descrição resumida:

As análises de concentração de elementos traço nas amostras foi realizada pela equipe do prof. Dr. Carlos Eduardo Rezende da UENF. Segundo o relatório, o processamento das amostras de tecidos foi realizado de acordo com os procedimentos estabelecidos pela USEPA (2000). Para todos os organismos, a determinação foi realizada em tecido muscular. Cabe ressaltar que a RDC ANVISA 42/2013 estabelece que “os conteúdos máximos permitidos especificados na Parte II se aplicarão à parte comestível dos produtos alimentícios em questão”. Portanto, os resultados obtidos a partir das análises do tecido muscular nas ostras-do-mangue não podem ser comparados com os limites máximos estabelecidos na legislação, uma vez que a maior proporção de tecido consumido deste animal não é muscular.

Os elementos analisados no presente estudo foram: arsênio (As), ferro (Fe), alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se) e zinco (Zn). Os elementos foram determinados por ICP-OES Varian 720ES, à exceção do mercúrio (Hg), o qual foi determinado por um analisador de Hg do modelo CV-AAS - Quick Trace M-7500 da CETAC. O relatório apresenta os limites de detecção e quantificação do método empregado, bem como os percentuais de recuperação após utilização de padrões certificados.

A análise estatística dos resultados foi realizada por testes não paramétricos, uma vez que os pressupostos para os testes paramétricos não foram alcançados. Para comparar as concentrações de metais observadas em camarões e peixes ao longo das áreas de coleta e entre grupos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn. Para ostras, foi utilizado o teste de Mann-Whitney (apenas dois pontos de coleta). O nível de significância

considerado foi de 0,05.

Justificativa: a metodologia de análise está de acordo com os objetivos propostos.

Resultados

Descrição resumida:

De maneira geral, foi observado que as amostras de peixes, camarões e ostras apresentaram um padrão de abundância superior a 1 mg/kg para os elementos alumínio (Al), ferro (Fe), arsênio (As), zinco (Zn) e cobre (Cu). Por outro lado, foi observado que amostras de peixes, camarões e ostras apresentaram um padrão de abundância para os elementos bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb) e mercúrio (Hg) inferior a 0,01 mg/kg. Uma análise mais aprofundada dos dados indica que alguns pontos importantes devem ser ressaltados. O arsênio (As) foi um elemento que se destacou pela alta frequência de amostras com valores de concentrações superiores aos limites estabelecidos pela RDC ANVISA 42/2013 (1 mg/kg), com medianas variando entre os pontos de coleta de 0,30 a 1,76 mg/kg para peixes, de 3,42 a 8,96 mg/kg para camarões, e de 1,06 a 1,59 mg/kg para ostras. O relatório faz uma discussão a respeito da problemática ambiental envolvendo este elemento, como por exemplo, a variação de toxicidade associada à forma química do elemento e os níveis de arsênio (As) naturalmente elevados nos sedimentos costeiros do Espírito Santo. Com relação a este último aspecto, o relatório apresenta alguns resultados de outros estudos que relatam valores de concentração acima do limite máximo permitido pela ANVISA em peixes coletados em outras regiões do país. Apesar de estes outros estudos apontarem medianas acima do limite máximo estabelecido pela legislação, os valores máximos descritos no presente relatório foram maiores do que aqueles relatados na literatura. Para Cd e Pb, outros elementos regulados pela legislação ANVISA RDC 42/2013, todas as amostras analisadas se encontraram em conformidade com os limites estabelecidos na referida legislação. Para o Hg, uma única amostra de peixe apresentou valores acima do permitido pela legislação da ANVISA. Com relação ao selênio (Se), o relatório aponta o Decreto nº 55871/1965 como a legislação de referência no Brasil, para a regulamentação da concentração deste elemento nos alimentos em geral, salientando que não existe limite máximo específico para pescados. Considerando-se o limite máximo estabelecido por esta legislação (0,3 mg/kg), 66% das amostras analisadas apresentaram concentrações superiores à este limite. Entretanto, o relatório cita que, de maneira geral, os valores de concentração encontrados nas amostras analisadas são inferiores ao valor recomendado pela OMS (1,5 mg/kg). Com relação ao Zn, algumas amostras analisadas, principalmente de ostras-do-mangue, também apresentaram concentrações acima do limite máximo estabelecido pelo Decreto 55871/1965 (50 mg/kg). Os elementos cromo (Cr), cobre (Cu) e níquel (Ni) apresentaram concentrações em conformidade com os limites máximos

estabelecidos pela legislação (Decreto 55871/1965), enquanto que para os demais elementos, não existe legislação brasileira estipulando valores de referência.

O relatório apresenta ainda uma comparação espacial nos padrões de acumulação ao longo dos pontos amostrais. Para ostras, as concentrações de alumínio (Al) foram maiores nos animais coletados em Santa Cruz, enquanto que as maiores concentrações de cobre (Cu) e níquel (Ni) foram observadas nos animais coletados em Barra Seca. Para todos os demais elementos analisados, não foram observadas diferenças de concentração entre as ostras coletadas nos dois pontos amostrais. Para camarões, de maneira geral, os menores valores de concentração foram observados nos animais coletados em Santa Cruz. Por sua vez, o padrão de acumulação em peixes foi mais variável entre os diferentes elementos analisados.

Por fim, os resultados apresentados no relatório não demonstram um padrão claro de acumulação de metais ao longo do tempo. Entretanto, é importante ressaltar o possível efeito do número amostral em cada ponto de coleta e em cada período de amostragem.

Justificativa: o relatório apresenta um conjunto de dados importante para a análise global do efeito do rompimento da barragem e consequente chegada da pluma de rejeitos na região costeira.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida:

O relatório apresenta dados de concentração de diversos elementos químicos em peixes, camarões e ostras-do-mangue coletados semanalmente entre Dezembro/2015 e Fevereiro/2016, em 5 pontos da costa do Espírito Santo. Como principal resultado do estudo, pode-se destacar a relativa alta frequência de valores de concentração acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira para arsênio (As) e selênio (Se) no pescado. Para os elementos cobre (Cu), níquel (Ni) e cromo (Cr), os valores de concentração observados estão dentro dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira, sendo que para os demais elementos não existem valores de referência estabelecidos na legislação.

Justificativa: A falta de dados para as mesmas espécies coletadas antes do rompimento da barragem dificulta a conclusão definitiva a respeito da influência da chegada da pluma de rejeitos na costa do Espírito Santo. Por esta razão, o relatório aponta a necessidade de continuidade da atividade de monitoramento na região, o que permitiria uma análise temporal mais acurada.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Relatório técnico-científico - contrato 105/2016**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Profa. Dra. Juliana Zomer Sandrini – FURG; Profa. Dra. Marta Marques de Souza - FURG

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório técnico-científico - contrato 105/2016

Local e data de publicação: Rio Grande, RS (data de publicação não informada no documento)

Órgão/Empresa executor(a): Fundação de Apoio à Universidade Federal do Rio Grande - FAURG

Equipe (nome e nível de experiência): o relatório apresenta resultados de quatro etapas associadas ao contrato 105/2016, sendo que as etapas 1 e 4 são coordenadas pelo Prof. Dr. Adalto Bianchini da FURG, e as etapas 2 e 3 pelo Prof. Dr. Heitor Evangelista e o Prof. Dr. Claudio de Morrison Valeriano da UERJ. Todos estes pesquisadores apresentam experiência nas áreas abordadas no relatório em questão, podendo ser comprovada através de seus diversos artigos científicos publicados internacionalmente. Neste sentido, todos os pesquisadores apresentam um perfil majoritariamente científico, mas com diversas atividades técnicas descritas.

Resumo do escopo: o relatório apresenta os resultados obtidos nas etapas 1 a 4 relativas ao contrato 105/2016, tendo cada etapa um escopo diferente. Para a etapa 1, o relatório apresenta os dados de concentrações de metais na água (fundo e superfície) e concentração de metais em diferentes organismos (zooplâncton, corais, macrocrustáceos e peixes) em amostras coletadas de 19 a 27 de Abril de 2016, em 21 pontos ao longo do litoral norte do Espírito Santo até o sul da Bahia. Com relação à etapa 2, o relatório apresenta dados de monitoração oceânica para o parâmetro de Sólidos Totais em Suspensão, especificamente associado ao evento de 5 a 6 de Janeiro de 2016, quando ocorreu a predominância de vento sul no litoral do Espírito Santo, transportando parte da pluma de sedimentos no sentido norte, em direção ao Parque Nacional dos Abrolhos-BA. Quanto à etapa 3, o relatório apresenta dados de monitoramento geoquímico da pluma de sedimentos sobre o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, através das razões de alguns isótopos e nas análises de micropartículas insolúveis de alguns elementos, em amostras coletadas entre os meses de Agosto a Novembro de 2016. Por fim, para a etapa 4, o relatório apresenta dados de biomarcador de dano biológico (peroxidação lipídica pelo método TBARS), em

amostras de zooplâncton e corais, coletados no mesmo momento e nos mesmos pontos utilizados na etapa 1. A principal conclusão obtida através da análise dos resultados obtidos é que, de maneira geral, os efeitos da chegada da pluma de rejeitos na região costeira foram mais evidentes nas amostras coletadas na expedição anterior realizada com o navio de pesquisa Soloncy Moura (Janeiro de 2016). Neste sentido, a maior parte das análises demonstraram uma redução nos valores de concentração, em relação à coleta anterior, tanto em termos das concentrações dos metais quanto do biomarcador de dano biológico. Além destes resultados, o relatório aponta para uma origem independente do sedimento coletado na região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, em relação ao sedimento coletado na região da foz do Rio Doce.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

ETAPA 1

As amostras foram coletadas entre 19 e 27 de Abril, em 21 pontos ao longo do litoral norte do Espírito Santo até o sul da Bahia, a saber: Vitória/ES (2 estações de coleta); Barra Nova - São Mateus/ES (2 estações de coleta); Região de Abrolhos (3 estações de coleta); Itaúnas – Conceição da Barra/ES (duas estações de coleta); Degredo – Linhares/ES (duas estações de coleta); foz do Rio Doce – Linhares/ES (6 estações de coleta); APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz – Aracruz/ES: (duas estações de coleta); APA de Setiba - Guarapari/ES (duas estações de coleta).

Coleta de amostras de água:

Amostras de água não filtrada (~10 mL) e filtrada (filtro 0,45 µm; 50 mL) foram coletadas em duas profundidades diferentes (superfície e fundo), através da utilização de garrafas horizontais de Niskin. Imediatamente após a coleta, as amostras foram acidificadas em ácido nítrico 1% e mantidas sob refrigeração e na ausência de luz. As amostras foram coletadas pelo menos em triplicata.

Coleta de amostras de material biológico:

A metodologia e o número amostral variaram de acordo com o organismo a ser coletado, a saber:

Zooplâncton: coleta com rede de zooplâncton, após no mínimo 3 arrastos diferentes, com duração entre 10 e 15 min (constituindo uma amostra); o *n* amostral é constituído de 3

ou 4 amostras por ponto de coleta.

Corais: coleta manual, através de mergulho autônomo; o n amostral é constituído de 6 fragmentos de coral, por ponto de coleta.

Macrocrustáceos: coleta com rede de arrasto (arrastos entre 15 e 30 min) ou armadilha; o n amostral foi constituído por 10 amostras, por ponto de coleta.

Peixes: as coletas foram realizadas com redes de arrasto (arrastos entre 15 e 30 min), emalhe ou outra arte de pesca; n amostral constituído de 10 amostras por ponto de coleta.

Imediatamente após a coleta, os organismos foram congelados em nitrogênio líquido para posterior análise.

ETAPA 2

Para esta parte do estudo, foram utilizadas amostras de sólidos em suspensão, provenientes de duas regiões distintas: foz do Rio Doce e Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. As amostragens na foz do Rio Doce estiveram sob a coordenação do Prof. Marcus Vinícius Licínio (UFES), e ocorreram ao longo de 22 pontos de coleta. As coletas na região do Parque Nacional dos Abrolhos foram realizadas pela equipe responsável pelo presente relatório, e foram realizadas em 12 pontos de amostragem, em 08 de Janeiro de 2016. O relatório não apresenta a metodologia utilizada para a coleta de amostras na região da foz do Rio Doce, apenas para as coletas na região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Amostras de água (20 L) foram coletadas a uma profundidade de 0,5 m e, posteriormente, filtradas a vácuo, com o uso de filtros do tipo Nuclepore de 0,4 μ m de porosidade e diâmetro de 47 mm.

ETAPA 3

As amostras foram coletadas através de armadilhas de sedimentos instaladas em 6 pontos distintos da região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. As armadilhas foram montadas entre Agosto/Setembro de 2016 e foram retiradas no final de Novembro de 2016.

ETAPA 4

A metodologia de coleta utilizada nesta etapa foi a mesma já descrita para a etapa 1.

Justificativa: as metodologias de coleta utilizadas estão embasadas na literatura. Além disto, os pontos de coleta e as épocas de amostragem escolhidos estão de acordo com os objetos propostos para cada etapa.

Metodologia Análise

Descrição resumida:

ETAPA 1

As análises foram realizadas utilizando-se forno de grafite acoplado a espectrômetro de absorção atômica de alta resolução com fonte contínua (HR-CS-AAS; ContrAA 700 Analytik Jena, Alemanha). Para as amostras de água, o efeito matriz foi minimizado através da dessalinização, de acordo com protocolo descrito na literatura. Para as amostras biológicas, o material foi previamente seco em estufa (45-60°C), para posterior digestão em ácido nítrico ultrapuro. O relatório aponta a utilização de “brancos”, soluções padrão e materiais de referência certificados para a verificação da acurácia e exatidão das análises. Além disto, os percentuais de recuperação, bem como os limites de detecção e quantificação do método foram apresentados no relatório.

ETAPA 2

As análises isotópicas foram realizadas utilizando-se um espectrômetro de massa multicoletor por ionização térmica (TIMS) TRITON - Thermo Finnigan. O relatório descreve a metodologia de preparo das amostras para a determinação das razões isotópicas, enfatizando a preocupação com a pureza dos reagentes/soluções e a limpeza da sala. Após a digestão ácida das amostras, foi realizada a separação de estrôncio (Sr) e neodímio (Nd), através de colunas com resinas de troca iônica, sendo os resíduos provenientes desta separação utilizados para a determinação das razões isotópicas. A caracterização dos sólidos em suspensão foi também realizada utilizando microscopia eletrônica de varredura com espectroscopia por energia dispersiva (MEV+EDS), possibilitando assim a determinação das abundâncias elementares relativas nas amostras. O relatório não informa os detalhes utilizados na análise por MEV+ETS.

ETAPA 3

A metodologia de análise é semelhante àquela descrita para a etapa 2.

ETAPA 4

O relatório indica o método utilizado para a determinação de hidroperóxidos lipídicos, utilizando a referência que descreveu este método. Os valores foram calculados a partir de uma curva construída com uma solução padrão de tetrametoxipropano, e relativizados pela concentração de proteínas.

Justificativa: de maneira geral, o relatório aponta os detalhes necessários à averiguação da metodologia empregada.

Resultados

Descrição resumida:

ETAPA 1

- Análise da concentração de metais na água (média entre resultados de superfície e fundo):

Os resultados obtidos para as concentrações de metais na água foram comparados com os limites máximos estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, para águas salinas Classe I. Amostras de todos os pontos analisados apresentavam concentrações de cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn) e chumbo (Pb) em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação. Para o ferro (Fe), apenas dois pontos apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela legislação. Entretanto, para o arsênio (As), foram identificados 17 pontos de amostragem cuja concentração do metaloide encontrava-se acima do limite máximo permitido pela legislação.

- Metais na biota

Para as amostras de zooplâncton, não existe valores de referência na legislação brasileira, sendo possível apenas uma comparação temporal em relação à coleta anterior. Neste sentido, foi relatada uma diminuição nas concentrações corporais de arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), manganês (Mn), cobre (Cu) e chumbo (Pb). Entretanto, para o ferro (Fe), o comportamento observado foi justamente o contrário, com maiores concentrações sendo observadas nas amostras desta coleta, em relação às coletadas em Janeiro de 2016.

Para peixes e crustáceos, foi utilizada como referência a resolução ANVISA RDC 42/2013 (para As, Cd e Pb). Com relação à comparação com a legislação, os seguintes resultados foram observados:

As: 0,8% das amostras acima do limite estabelecido pela ANVISA

Pb: 0,2% das amostras acima do limite estabelecido pela ANVISA

Cd: todas as amostras em conformidade

ETAPA 2

Os resultados preliminares apresentados demonstram que os sólidos em suspensão coletados na região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos apresentam origem diferente daqueles presentes na foz do Rio Doce. Estes resultados indicam que o evento de mudança

brusca de vento de Norte por vento de Sul, por 3 dias, não teve impacto direto no Parque Nacional Marinho de Abrolhos.

ETAPA 3

Os resultados mostraram uma nítida separação entre as assinaturas das amostras coletadas no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e aquelas coletadas na foz do Rio Doce, indicando origens independentes dos sedimentos coletados nestas duas regiões.

ETAPA 4

Os resultados obtidos através da quantificação do biomarcador de dano biológico (peroxidação lipídica) em amostras de zooplâncton mostraram reduções significativas em relação aos valores obtidos nas amostras coletadas em Janeiro de 2016. Entretanto, para as amostras de corais coletados na região de Abrolhos, os valores de LPO obtidos foram semelhantes àqueles observados na coleta de Janeiro de 2016.

Justificativa: os resultados apresentados estão bem embasados pela metodologia empregada e estão de acordo com a análise/discussão realizada.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: o relatório apresenta dados de concentração de metais na água e na biota em amostras coletadas em Abril de 2016, em 21 pontos ao longo do litoral norte do Espírito Santo até o sul da Bahia. Além disto, o relatório também apresenta resultados de biomarcador de dano biológico em zooplâncton e corais, os quais foram coletados nestes mesmos pontos amostrais. A principal conclusão obtida através da análise destes resultados é que, de maneira geral, os efeitos da chegada da pluma de rejeitos na região costeira foram mais evidenciados nas amostras coletadas na expedição anterior do navio de pesquisa Soloncy Moura (Janeiro de 2016) do que no presente estudo. Neste sentido, a maior parte das análises demonstraram uma redução nos valores de concentração, em relação à coleta anterior, tanto em termos da concentração corporal de metais acumulados quanto do biomarcador de dano biológico. Além destes resultados, o relatório aponta para uma origem independente do sedimento coletado na região do Parque Nacional Marinho de Abrolhos, em relação àquele coletado na região da foz do Rio Doce.

Justificativa: o relatório traz importantes considerações temporais a respeito dos efeitos da chegada da pluma de sedimentos na região costeira, bem considerações importantes sobre o alcance desta pluma ao longo da costa, principalmente considerando a região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Qualidade Da Água, Qualidade Do Sedimento, Resultados Dos Testes De Ecotoxicologia No Rio Doce, Referente Aos Dados Reportados Até 18, Janeiro, 2016**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini; Dra Juliana Zomer Sandrini; Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Qualidade Da Água, Qualidade Do Sedimento, Resultados Dos Testes De Ecotoxicologia No Rio Doce, Referente Aos Dados Reportados Até 18, Janeiro, 2016

Local e data de publicação: Belo Horizonte, 2 de Março de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Memorando técnico – **Golder Associates**

Equipe (nome e nível de experiência):

Kara E. Waner, PhD – Cientista Ambiental Sênior de Projeto

Experiência Técnica

J. P. Bechtold, Mestre em Biologia

Diretor, Especialista Sênior em Qualidade de Água

Experiência Técnica

Resumo do escopo:

O conteúdo do relatório refere-se a dados sobre a qualidade de água, qualidade do sedimento e sobre ecotoxicologia de amostras coletadas no Rio Doce e alguns afluentes. Além disso, o relatório ainda contempla um resumo dos dados sobre a qualidade de água da zona costeira próxima à foz do Rio Doce. De forma geral a principal alteração relatada consiste no aumento de sólidos em suspensão, porém sem apresentar toxicidade evidente. Apesar de o relatório responder às questões levantadas, o mesmo aponta para a necessidade de incremento e continuidade do monitoramento.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

As amostras de água e sedimento foram coletadas à jusante do Complexo de Germano, na bacia do Rio Doce (80 pontos de amostragem) e na região costeira adjacente à

foz do Rio Doce (20 pontos de amostragem). A frequência de análise para turbidez da água foi diária (até 2 vezes por dia em alguns pontos) e semanalmente para os demais parâmetros analisados (sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, pH, oxigênio dissolvido, contagem bacteriológica, íons, nutrientes, hidrocarbonetos e concentrações totais de alguns metais e concentrações dissolvidas de alumínio (Al), ferro (Fe) e manganês (Mn).

As amostras de sedimento foram coletadas em 25 pontos ao longo do Rio Doce e analisadas principalmente quanto às concentrações de metais. Alguns pontos de amostragem na região costeira também foram avaliados, mas até o momento da apresentação do presente relatório, estas amostras ainda não haviam sido analisadas.

Algumas amostras ambientais foram utilizadas em testes de toxicidade (agudo e crônico), com diferentes espécies. Foram utilizadas espécies de invertebrados e vertebrados que crescem em laboratório, são conhecidas como sendo sensíveis a uma variedade de contaminantes e cujos procedimentos estão padronizados para uso em testes de toxicidade.

Justificativa: A frequência e a distribuição espacial da amostragem estão de acordo com os objetivos do estudo, considerando-se o intervalo de tempo da análise realizada.

Metodologia Análise

Descrição resumida:

Para as análises dos parâmetros de qualidade de água foram utilizados como referência os padrões da qualidade da água Classe 2, estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Também foram utilizados dados anteriores ao rompimento da barragem de Fundão (Julho de 1997 a Junho de 2015), e que foram obtidos pelo Governo do Estado de Minas Gerais (IGAM, 2015).

Os rejeitos da Barragem de Fundão foram analisados com base em testes realizados em 2014, quando foram classificados como inertes, uma vez que não apresentavam metais ou compostos inorgânicos acima dos limites estabelecidos pela Norma NBR10004/04 da ABNT (ABCP, 2014).

A qualidade do sedimento foi avaliada com base na Resolução CONAMA 454/2012. Além disso, foram considerados dados pretéritos obtidos em três localidades do Rio Doce, antes da chegada da pluma de rejeitos.

Considerando-se as *Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)*, foram utilizados para os testes de toxicidade aguda os seguintes organismos:

Danio rerio - teste com duração de 96 h, com avaliação da sobrevivência, conforme a Norma 15088 da ABNT.

Daphnia similis - teste com duração de 48 h, com avaliação da motilidade, conforme a Norma 12713 da ABNT.

Vibrio fischeri - teste com duração de 30 min, com teste de bioluminescência, conforme a Norma 15411-3 (Microtox) da ABNT

Por sua vez, o teste crônico foi realizado com *Ceriodaphnia dubia* - teste com duração de 7 dias, sendo avaliadas a reprodução e a sobrevivência, de acordo com a Norma 13373 da ABNT.

Justificativa: Os critérios definidos como referência, para os parâmetros medidos, estão de acordo com a avaliação realizada.

Resultados

Descrição resumida:

De acordo com o relatório apresentado, a qualidade da água no Rio Doce se manteve alterada em função dos sólidos em suspensão (alterações de turbidez), cor, fósforo (P) total, concentrações de alumínio (Al) e ferro (Fe) dissolvidos e concentração de manganês total.

A região costeira apresentou alterações semelhantes às aquelas observadas nas amostras coletadas no Rio Doce, as quais foram caracterizadas pela presença de sólidos em suspensão, sendo que a pluma de sedimentos foi visível a uma relativa distância da costa.

As análises comparativas, antes e após a chegada da pluma de rejeitos, não indicam alterações nas concentrações de metais no sedimento após o rompimento da barragem de Fundão. No entanto, o relatório aponta que a deposição dos sólidos em suspensão poderia ainda gerar alterações, recomendando, assim, a necessidade de análises futuras.

De acordo com os testes de toxicidade aguda, a água do Rio Doce não se mostrou tóxica. No entanto, o teste crônico sugeriu uma possível toxicidade. Porém, devido ao fato de ter sido realizado com uma única espécie, o mesmo não foi conclusivo. Por isso, o relatório sugere a necessidade de realização de testes crônicos adicionais, utilizando-se outra espécie de organismo.

Justificativa: Os procedimentos realizados foram adequados aos objetivos do estudo e os resultados obtidos foram apresentados e interpretados adequadamente.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A distribuição dos pontos de amostragem, assim como a

frequência das coletas, no Rio Doce e região costeira permitiram caracterizar, em curto prazo, a interferência do rompimento da barragem de Fundão sobre a qualidade da água e do sedimento da região. Foram utilizados parâmetros de referência estabelecidos pela legislação brasileira, assim como também alguns dados prévios, que auxiliaram a indicação de alterações. De forma geral, a principal alteração consistiu no aumento de sólidos em suspensão, sem, no entanto, gerar toxicidade evidente.

Justificativa: O relatório responde às questões levantadas e aponta a necessidade de incremento e continuidade do monitoramento.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **Relatório: Concentração De Metais Em Água, Sedimentos, Tecido De Peixes E Organismos Aquáticos Coletados Na Região Marinha E Estuarina Da Foz Do Rio Doce – Memorando Técnico**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini (Coordenador); Dra Juliana Zomer Sandrini; Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Concentração De Metais Em Água, Sedimentos, Tecido De Peixes E Organismos Aquáticos Coletados Na Região Marinha E Estuarina Da Foz Do Rio Doce – Memorando Técnico.

Local e data de publicação: Belo Horizonte, 7 de Março de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates

Equipe (nome e nível de experiência): *o relatório não foi assinado*

Kara E. Waner, PhD - Cientista Ambiental Sênior de Projeto - *Experiência Técnica.*

J. P. Bechtold - Mestre em Biologia - Diretor, Especialista Sênior em Qualidade de Água - *Experiência Técnica.*

Lee Niki - Mestre em Biologia - Diretor, Especialista Sênior em Qualidade de Água *Experiência Técnica.*

Resumo do escopo:

O Memorando Técnico revê os dados da análise química dos tecidos de organismos aquáticos da região marinha e estuarina da foz do Rio Doce, realizada pela empresa *Econservation*, em 2016, face à exposição aos elementos liberados durante o rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Para tal, foram utilizados dados de qualidade da água e do sedimento. A análise visou identificar a causalidade implicada, considerando a proibição da pesca.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A empresa *Econservation* foi contratada pela SAMARCO, em Novembro de 2015, para determinar a concentração de metais em espécies aquáticas da região estuarina e costeira da Foz do Rio Doce. Foram coletados semanalmente espécies de peixes, moluscos e crustáceos que fazem parte da pesca comercial local. Os métodos de amostragem e processamento da amostra não constam do memorando. O documento

menção que tais informações são descritas pela empresa *Econservation*. Foram analisados 14 metais: arsênio (As), ferro (Fe), alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), cobalto (Co), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn).

Quanto às análises da água, a SAMARCO coletou amostras em 80 pontos de amostragem ao longo do Rio Doce e em 20 pontos de amostragem na região costeira. As análises físico-químicas na região costeira e de turbidez no Rio Doce foram realizadas mais de uma vez por dia, sendo que para os outros parâmetros foram avaliados diariamente. No início de Novembro/2015, as análises dos parâmetros físico-químicos na água do Rio Doce foram realizadas a partir de amostragens feitas duas vezes por semana, sendo que a partir de Janeiro/2016, as amostragens passaram a ser quinzenais. A SAMARCO coletou amostras de sedimentos nos mesmos pontos de amostragem onde foram coletadas as amostras de água.

Justificativa: A metodologia utilizada é indicada para a avaliação de interesse.

Metodologia Análise

Descrição resumida: As concentrações de metais nos tecidos das espécies coletadas foram comparadas àquelas estabelecidas pela Resolução nº 42/2013 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para consumo humano de pescado no Brasil. Dentre os metais analisados estão o arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn), para os quais existem orientações quanto ao consumo humano.

Os dados obtidos a partir das amostras de água, as quais foram coletadas de 06/11/2015 a 23/12/2015, foram confrontadas aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (Resolução CONAMA 375/2005). Além disso, foram também realizadas comparações entre os dados obtidos no presente estudo e aqueles obtidos a partir de medidas realizadas antes do rompimento da barragem de Fundão, os quais foram gerados a partir de análises realizadas pelo Governo do Estado de Minas Gerais, no período de Julho/1997 a Junho/2015 (IGAM2015). Por sua vez, os dados obtidos a partir das análises das amostras de sedimento foram comparados aos limites estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA 454/2012).

Justificativa: Os critérios definidos como sendo de referência estão adequados à avaliação realizada.

Resultados

Descrição resumida: De acordo com o Memorando, as concentrações de arsênio (As) e selênio (Se) nos tecidos de peixes e crustáceos tipicamente ultrapassaram os limites para

consumo estabelecidos pela legislação brasileira. Por sua vez, os demais metais analisados apresentaram concentrações inferiores aos limites estabelecidos na legislação. Os maiores valores de concentração foram registrados em amostras coletadas a 80 km da foz do Rio Doce. As concentrações de arsênio (As) e selênio (Se) foram menores em camarões coletados ao sul de Regência, enquanto as maiores concentrações foram observadas em áreas próximas ao norte de Regência. As concentrações de arsênio (As) e zinco (Zn) em moluscos foram maiores do que aqueles estabelecidos pela legislação brasileira. Por sua vez, as concentrações dos demais metais analisados foram inferiores àquelas estabelecidas na legislação. O documento destaca que as concentrações teciduais de arsênio (As), selênio (Se) e zinco (Zn), foram consistentes ao longo do tempo de monitoramento. Nas amostras de água do Rio Doce, foram observadas concentrações elevadas de alumínio (Al) dissolvido, ferro (Fe) dissolvido e manganês (Mn) total. Os metais encontrados em altas concentrações na água não são aqueles registrados como apresentando concentrações elevadas nas análises de bioacumulação realizadas pela empresa *Econservation* em 2016. As amostras de sedimento não apresentaram níveis elevados dos metais que foram registrados em concentrações elevadas nos pescados.

Justificativa: Os procedimentos realizados estão adequados aos objetivos do estudo. Os resultados obtidos foram devidamente apresentados e discutidos.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório aponta que as concentrações dos metais que se apresentaram acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira para o consumo de pescados não são consequência do rompimento da barragem de Fundão.

Justificativa: O relatório indica os metais que foram observados em concentrações elevadas em tecidos de moluscos, crustáceos e peixes coletados no Rio Doce e região costeira próxima à foz do Rio Doce.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: LEVANTAMENTO DE DADOS DE ARSÊNIO EM TECIDOS DE PEIXES E MOLUSCOS – Relatório Técnico nº 245/2017 Revisão 00**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini (Coordenador); Dra Juliana Zomer Sandrini;
Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Levantamento De Dados De Arsênio Em Tecidos De Peixes E Moluscos – Relatório Técnico Nº 245/2017 Revisão 00

Local e data de publicação: Vitória, 11 de Janeiro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): *APLYSIA Soluções Ambientais*

Equipe (nome e nível de experiência):

Diretora Técnica: Dra Tatiana Furley - Tem experiência na área de biomonitoramentos usando bentos como bioindicador; biomonitoramentos de efluentes (celulose e papel, siderurgia, mineração e petróleo) e de corpos hídricos; bioacumulação de metais pesados e organoclorados e hidrocarbonetos, ecotoxicologia de corpos hídricos continentais, estuarinos e marinhos; avaliação da qualidade dos sedimentos (Abordagem Triade); TIE (Toxicity Identification Evaluation).

Gerente de Projeto: MSc Thaís Tovar - Possui pós-graduação em Gestão e Educação Ambiental, bem como experiência em gerenciamento de projetos, gestão de qualidade, produtos e pessoas, além de requisitos de segurança do trabalho.

Elaboração do Relatório: MSc Fernando Aquinoga – Experiência Técnica

Dr Lucas Mendes - Especialização em Educação Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de São Paulo (2013), MBA em Gestão Ambiental

Revisão do Relatório: MSc Letícia de Moraes - Tem experiência na área de Zootecnia, atuando principalmente em desenvolvimento laboratorial de análises de alimentos para alimentação animal, avaliação de carcaça e qualidade de carne, saúde intestinal, aditivos nutricionais e nutrição.

Resumo do escopo:

O relatório refere-se a dados bibliográficos de bioacumulação de arsênio (As) em tecidos de moluscos e peixes na região costeira do Espírito Santo, em período anterior à chegada da pluma de rejeitos ao oceano. Foi anexado arquivo com dados brutos compilados da literatura.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Consulta a base de dados de órgãos ambientais, artigos científicos, teses, dissertações e trabalhos apresentados em Congressos, com objetivos de obter informações relativas à quantificação de arsênio (As) na área de interesse (Espírito Santo).

Justificativa: A metodologia empregada está em consonância com os objetivos do estudo, ou seja, a compilação de dados anteriores à chegada da pluma de rejeitos na região costeira do Espírito Santo.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os resultados foram tabulados e comparados aos padrões estabelecidos pela Resolução nº 42/2013 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Justificativa: Os critérios definidos como referência estão de acordo com a avaliação realizada.

Resultados

Descrição resumida: Foram identificados 7 documentos com informações relativas à bioacumulação de arsênio (As) em tecidos de moluscos e peixes, publicados entre 2007 e Agosto/2015. Os dados obtidos servirão como valores de referência da bioacumulação de arsênio (As) antes da chegada da pluma de rejeitos. Os dados referem-se a 244 amostras de tecidos de moluscos ou músculo (filés) de peixes coletados na região costeira do Espírito Santo. As análises apontaram que aproximadamente 65% das amostras de moluscos e 18% das amostras de peixe analisadas apresentavam concentrações acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira para consumo humano (1 mg/kg peso úmido de tecido), estando estas distribuídas ao longo da região costeira.

Justificativa: Os procedimentos realizados estão adequados aos objetivos do estudo. Os resultados obtidos foram apresentados e discutidos de forma adequada.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O documento relata levantamento bibliográfico acerca de dados de bioacumulação de arsênio (As) em moluscos e peixes da costa do Espírito Santo, no período de 2007 a Agosto/2015. Os dados obtidos servirão como base de referência anterior

à chegada da pluma de rejeitos. Os resultados indicaram que 65% das amostras de moluscos e 18% das amostras de peixes analisadas apresentaram concentrações de arsênio (As) superiores àquela estabelecida na Resolução nº 42/2013 da ANVISA.

Justificativa: O relatório apresenta dados reportados na literatura acerca das concentrações de arsênio (As) anteriores ao rompimento da barragem de Fundão. Além disso, ele indica que parte das amostras apresentaram concentrações de arsênio (As) superiores ao limite máximo estabelecido pela legislação brasileira (Resolução nº 42/2013 da ANVISA).

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

- **RELATÓRIO: Análise De Bioacumulação De Metais Em Tecido De Molusco – Relatório Técnico Nº 274/2017 Revisão 00**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 1

Projeto/Sub-projeto: Ecotoxicologia

Equipe avaliadora: Dr Adalto Bianchini (Coordenador); Dra Juliana Zomer Sandrini;
Dra Marta Marques de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Análise De Bioacumulação De Metais Em Tecido De Molusco –
Relatório Técnico Nº 274/2017 Revisão 00

Local e data de publicação: Vitória, Outubro/2016 (2017)

Órgão/Empresa executor(a): APLYSIA Soluções Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência):

Diretora Técnica: Dra Tatiana Furley - Tem experiência na área de biomonitoramentos usando bentos como bioindicador; biomonitoramentos de efluentes (celulose e papel, siderurgia, mineração e petróleo) e de corpos hídricos; bioacumulação de metais pesados, organoclorados e hidrocarbonetos, ecotoxicologia de corpos hídricos continentais, estuarinos e marinhos; avaliação da qualidade dos sedimentos (Abordagem Triade); TIE (Toxicity Identification Evaluation).

Gerente de Projeto: MSc Thaís Tovar - Possui pós-graduação em Gestão e Educação Ambiental, bem como experiência no gerenciamento de projetos, gestão de qualidade, produtos e pessoas, além de requisitos de segurança do trabalho.

Elaboração do Relatório: Daniele T Guimarães – Experiência Técnica

Revisão do Relatório: MSc Fernando Aquinoga – Experiência Técnica

Resumo do escopo:

O relatório refere-se a dados de bioacumulação de metais em tecidos de moluscos bivalves da espécie *Corbicula* sp. coletados no Rio Doce, antes da passagem da pluma de turbidez. Portanto, os dados obtidos podem servir de base de referência para análises comparativas de resultados obtidos após a passagem da pluma de turbidez decorrente do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Foi realizada análise de bioacumulação de metais em amostras de 100 moluscos bivalves dulcícolas da espécie *Corbicula* sp. coletados no dia 08/11/2015,

em Colatina – ES (ponto de amostragem denominado como “Colatina montante”). Após coleta, os animais foram armazenados em sacolas plásticas, as quais foram mantidas em gelo e transportadas aos laboratórios da APLYSIA, onde foram congeladas. Análises de metais em amostras pesando aproximadamente 10 g foram realizadas no Laboratório Bioagri Ambiental (Merieux NutriSciences), utilizando ICP-OES, com base no método EPA 3051 (extração por micro-ondas) para preparo das amostras e no método EPA 6010 para a determinação de arsênio (As), ferro (Fe), cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), alumínio (Al), zinco (Zn), manganês (Mn) e mercúrio (Hg). As concentrações de metais foram expressas em mg/kg de peso úmido de tecido.

Justificativa: A metodologia utilizada é indicada para a análise de metais em tecidos biológicos.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Foi realizada análise do Padrão de Referência Internacional fornecido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*), com o objetivo de se avaliar a adequação do método utilizado. Os resultados obtidos foram confrontados com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 42/2013 e o Decreto nº 55.871/1965 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), além de critérios internacionais estabelecidos pela Comunidade Européia (Comissão Regulamentadora nº 1881/2006).

Justificativa: Os critérios definidos como referência para o estudo estão adequados à avaliação realizada.

Resultados

Descrição resumida: Dentre os metais analisados nos tecidos dos moluscos bivalves coletados antes da passagem da pluma de turbidez, somente o cromo (Cr) apresentou valores de concentração acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira.

Justificativa: Os procedimentos realizados estão adequados aos objetivos do estudo. Os resultados foram devidamente apresentados e discutidos.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório indica que as concentrações de arsênio (As), ferro (Fe), cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), alumínio (Al), zinco (Zn), manganês (Mn) e mercúrio (Hg) não excedem os limites máximos estabelecidos pelas legislações adotadas como referência, à exceção do cromo (Cr), que apresentou valores de concentração superiores ao limite máximo estabelecido pela referida legislação.

Justificativa: O relatório apresenta os valores das concentrações de metais em tecidos de moluscos bivalves coletados em Colatina (ES), antes da chegada da pluma de turbidez, permitindo assim que os dados gerados no presente estudo possam ser utilizados como dados básicos de referência para futuras avaliações a serem realizadas após a chegada da pluma de turbidez.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Sim, existe a necessidade de requisição dos dados brutos.

APÊNDICE B - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Análises Químicas do Ambiente Dulcícola.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre. Capítulo 8 – Amostragem e Avaliação Físico-Química e Mineralógica de Rejeitos e Sedimentos.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre. Capítulo 8 – Amostragem e Avaliação Físico-Química e Mineralógica de Rejeitos e Sedimentos.

Local e data de publicação: 15 de Outubro de 2016 – Rio de Janeiro/RJ

Órgão/Empresa executor(a): Fundação COPPETEC

Equipe (nome e nível de experiência): Prof. João Alfredo Medeiros, Dr.rer.nat, em Química, coordenador do subprojeto; Prof. Dra. Maria Lucia Couto Corrêa Pinto, D.Sc. em Química/Química Analítica, responsável pelo laboratório; Gabriel Oliver Gonçalves, M.Sc. em Química/Geoquímica; Diego Pereira Kling, M.Sc. e doutorando em Química, UFRJ; Diana Roza de Oliveira, formanda em Química, UFRJ; Ulysses Florentino, graduando em Química, UFRJ; Daniel Machado da Silva Jr., graduando em Química, UFRJ; Diogo Puga, graduando em Química, UFRJ; Vitor Costa Madureira, graduando em Química, UFRJ.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório faz uma avaliação geoquímica e mineralógica dos rejeitos e sedimentos depositados nas bacias dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, iniciando na barragem de Santarém e córrego Santarém, em Bento Rodrigues, até a foz do Rio Doce, em Regência, no Espírito Santo.

O trabalho mostra a distribuição e o alcance dos rejeitos liberados com a ruptura da barragem e as alterações provocadas, principalmente, pelo arraste de solo e de saibro das margens e pela deposição seletiva dos sedimentos.

A análise química elementar dos sedimentos integrais incluem todos os elementos presentes nos sedimentos pesados, minério, areia e silte, bem como nas frações finas,

de saibro e argila, e mostram a influência das cidades ao longo do curso dos rios, bem como da variação da composição dos sedimentos, de acordo com a geologia dos leitos dos rios.

Ao longo dos rios Gualaxo do Norte os teores de sódio, potássio e magnésio aumentaram, e os de cálcio são praticamente os mesmos. Ao longo do rio do Carmo e do rio Doce os teores desses elementos aumentaram muito, principalmente nas cidades. Os teores de ferro total sofreram grandes variações ao longo do rio Gualaxo do Norte, a partir de Barra Longa até próximo a Naque o teor de ferro na superfície é maior que no fundo, o que pode ser atribuído à presença de minério de ferro microparticulado, bem como ao ferro presente no saibro e na arginal.

Os teores de manganês variam muito nos rejeitos de Santarém (por um fator maior do que 10) assim como ao longo do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce. A jusante de Linhares há poucas variações, com teores médios muito mais baixos do que baixos no rio Gualaxo do Norte.

As análises de rejeitos e de sedimentos integrais para os metais pesados mais importantes - cromo, níquel, cobre, zinco, cádmio e zinco - não mostraram diferenças significativas.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os locais de amostragem foram selecionados por fotos de satélite e pelos relatórios e fotos disponibilizados pela Vale e pela Samarco. Definiram-se locais onde houve, aparentemente, maior deposição de sedimentos. Foram realizadas duas campanhas de amostragem, a primeira de 18 a 24 de Setembro de 2016, e a segunda, de 16 a 22 de Outubro de 2016.

Na primeira campanha, foram coletados rejeitos depositados na barragem Santarém, e em 5 outros locais, e perfis de 50 cm de sedimentos, em 42 locais nas bacias dos rios, e também amostras de água dos locais, para caracterizar a composição mineral. Na segunda campanha, realizou-se a coleta de solos das margens erodidas e de sedimentos em suspensão nos rios visando complementar a amostragem feita em Setembro.

Foram coletados:

- a) perfis em tubos de PVC de 50 cm em 43 pontos nas margens dos rios, próximo à água;
- b) perfis em tubos de 100 cm em 19 pontos;
- c) 5 amostras de sedimentos depositados em Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira

de Baixo

- d) 1 amostra de fração superficial de rejeitos de Santarém;
- e) 12 amostras de frações superficiais de sedimentos do rio Gualaxo do Norte;
- f) 5 amostras de solos de barrancos do córrego Santarém e do rio Gualaxo do Norte.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Duas séries de amostras foram retiradas dos perfis e dos potes de sedimentos, para aberturas distintas:

- Série por fusão com bissulfato de sódio em que as soluções foram analisada por espectrometria de absorção atômica em chama de ar-acetileno/N₂O-acetileno para determinação de potássio, ferro, manganês, cálcio e magnésio.
- Série para abertura por digestão com mistura ácida contendo ácido fluorídrico, para dissolver quartzo e silicatos tridimensionais, filo-silicatos e silicatos lineares. As soluções foram analisadas por espectrometria de emissão em plasma de argônio e por espectrometria de absorção atômica em chama de ar-acetileno/N₂O-acetileno, com fonte de xenônio para determinação de sódio, potássio, magnésio, cálcio, alumínio, manganês, ferro, cromo, níquel, cobre, zinco cádmio e chumbo.

Resultados

Descrição resumida: Os sedimentos a partir de Naque praticamente não contêm mais minério de ferro; há também queda nos teores de ferro total, especialmente a jusante de Linhares, até o litoral onde predominam areia e silte, contendo saibro.

Os teores de manganês nas três amostras de rejeitos da barragem de Santarém são muito distintos, entre si e entre superfície e profundidade.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Ao longo dos rios Gualaxo do Norte os teores de sódio, potássio e magnésio aumentaram, e os de cálcio são praticamente os mesmos. Ao longo do rio do Carmo e do rio Doce os teores desses elementos aumentaram muito, principalmente nas cidades. Os teores de ferro total sofreram grandes variações ao longo do rio Gualaxo do Norte, a partir de Barra Longa até próximo a Naque o teor de ferro na superfície é maior que no fundo, o que pode ser atribuído à presença de minério de ferro microparticulado, bem como ao ferro presente no saibro e na arginal.

Os teores de manganês variam muito nos rejeitos de Santarém (por um fator maior do que 10) assim como ao longo do rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce. A jusante de Linhares há poucas variações, com teores médios muito mais baixos do que baixos no rio

Gualaxo do Norte.

As análises de rejeitos e de sedimentos integrais para os metais pesados mais importantes - cromo, níquel, cobre, zinco, cádmio e zinco - não mostraram diferenças significativas.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não

- **RELATÓRIO: Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de fundão em Mariana nove meses após o desastre.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de fundão em Mariana nove meses após o desastre.

Local e data de publicação: Rio de Janeiro/RJ, 06 de Janeiro de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Fundação COPPETEC.

Equipe (nome e nível de experiência): Prof. Isaac Volschan Jr.: Engenheiro Civil e Sanitarista, M.Sc. em Engenharia Sanitária, D.Sc em Engenharia de Produção. Professor Titular do Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ; Prof. Ana Silvia Pereira Santos: Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (2002) - UFMG. Mestrado (2005) e Doutorado (2010) em Engenharia Civil - Tecnologia de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela COPPE/UFRJ.

Resumo do escopo: O presente documento consiste no relatório final do capítulo “qualidade de água superficial – análise de conformidade”, objeto do estudo “avaliação dos impactos da ruptura da Barragem de rejeitos de fundão em mariana nove meses após o desastre”, de acordo com o contrato estabelecido entre a empresa vale do rio doce (vale) e a fundação COPPETEC. Este estudo tem como principal objetivo a análise dos resultados do monitoramento da qualidade da água superficial do rio Doce, com ênfase na conformidade ambiental, no trecho compreendido entre o município de Mariana e a foz no oceano atlântico, considerando os períodos precedente e subsequente ao rompimento da barragem de fundão (samarco), ocorrido em 5 de Novembro de 2015. Foram considerados os resultados registrados pelos programas ordinários e regulares de monitoramento - a partir de Janeiro de 2014, para os dados precedentes e para análise do período subsequente, os resultados então registrados pelos diversos programas e campanhas especiais de monitoramento - até Agosto de 2016.

A COOPETEC monitorou 22 pontos contemplando 42 parâmetros de qualidade de água (23 avaliavam o teor de metais e fenóis totais), os quais foram utilizados para avaliação da conformidade ambiental da Qualidade da água da calha principal do rio Doce.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A COPPETEC selecionou 22 pontos de monitoramento baseando-se em uma base de dados do “Programa de monitoramento quanti-qualitativo da água e dos sedimentos do rio Doce”, o qual contemplava 103 pontos de amostragem que são coincidentes àqueles que o IGAM já conduzia em seu programa regular de monitoramento. O critério para a redução dos pontos foi a associação por proximidade dos pontos. Desse 22 pontos, 16 localizavam-se no estado de Minas Gerais e 6 pontos no Estado do Espírito Santo.

Justificativa: Estações amostrais: embasamento de localização bem justificado e com geo-referenciamento, entretanto não descreve procedimento de coleta como: profundidade, frasco coletor, forma de preservação da amostra.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não informada. Apenas descreveram que avaliaram a conformidade de acordo com a Resolução CONAMA nº357/2005.

Entre os parâmetros avaliados, eles contemplaram fenóis totais para orgânicos e para metais: Alumínio dissolvido, Arsênio dissolvido, Arsênio total, Bário dissolvido, Bário total, Berílio dissolvido, Berílio total, Boro dissolvido, Boro total, Cádmio dissolvido, Cádmio total, Cálcio, Chumbo dissolvido, Chumbo total, Cobalto dissolvido, Cobalto total, Cobre dissolvido, Cromo dissolvido, Cromo total, Ferro dissolvido, Magnésio total, Lítio dissolvido, Lítio total, Magnésio dissolvido, Manganês dissolvido, Manganês total, Mercúrio dissolvido, Mercúrio total, Níquel dissolvido, Níquel total, Potássio total, Prata dissolvido, Prata total, Sódio, Vanádio dissolvido, Vanádio total, Zinco dissolvido, Zinco total.

Justificativa: Não informou metodologia utilizada. Apenas descreveu que avaliaram a conformidade de acordo com a Resolução CONAMA nº357/2005.

Resultados

Descrição resumida: Ao longo dos períodos subsequentes ao acidente, observou-se o decaimento da concentração de fenóis. Em nov-dez de 2015 a concentração de fenóis totais chegou a 0,002 mg/L e posteriormente manteve-se a 0,001 mg/L (até jul-ago16), mantendo-se o valor em conformidade com o padrão de qualidade que estabelece a resolução Conama nº357(valor máximo permitido 0,003 mg/L).

Segundo o relatório, observou-se também o decaimento da concentração de ferro. Uma média de 0,19 mg/L em nov-dez de 2015, 0,28 mg/L em jan de 2016, 0,07 mg/L mar-

Abril de 2016 até 0,01 mg/L em Agosto de 2016, atendendo o padrão de qualidade que estabelece a resolução Conama nº357(valor máximo permitido 0,3 mg/L).

Comparou-se o percentual de atendimento do conjunto dos 42 parâmetros de qualidade de água aos padrões que estabelece a resolução Conama nº357 por estação de amostragem e períodos de avaliação (anterior ao acidente, período seco e chuvoso entre 2014 e 2015, período posterior ao acidente, períodos bimestrais de nov a Agosto de 2016). E constatou-se que:

(I) Antes do acidente, o monitoramento do rio Doce contemplava somente 30 dos 42 parâmetros de qualidade da água que compõem a base do estudo COPPE;

(ii) Considerando de forma conjunta os 22 pontos de monitoramento, dentre os 30 parâmetros de qualidade de água efetivamente monitorados antes do acidente (2014/2015), somente em 17 deles era satisfeita plena e integralmente as condições que estabelece a resolução Conama nº357;

(iii) Antes do acidente, os parâmetros alumínio, cianeto, ferro, fósforo e mercúrio apresentavam-se em severa desconformidade;

(iv) No período imediatamente posterior ao acidente – nov/dez16, excetuando os parâmetros lítio, selênio e fenóis, verifica-se para os demais parâmetros de qualidade de água, de uma forma geral, a contundente redução da quantidade relativa de pontos de monitoramento que ainda satisfaziam ao que estabelece a resolução Conama nº357;

(v) No período jul/ago16 (ou mai/jun16, quando não disponíveis dados em jul/ago16), em todos os 42 parâmetros de qualidade de água da base do estudo COPPE, observa-se significativa elevação da quantidade relativa de pontos de monitoramento em conformidade com a legislação ambiental; 31 dos 42 parâmetros de qualidade de água alcançam plena e integral conformidade na totalidade dos pontos de monitoramento. Entretanto, segundo os autores do relatório, a maior ou menor quantidade relativa de pontos de monitoramento em conformidade ambiental, não deve significar melhora ou piora da qualidade da água em relação ao período 2014/2015 anterior ao acidente e que somente testes estatísticos, que levassem em consideração igual conjunto de pontos de monitoramento e o respectivo universo de dados disponíveis em cada um dos dois períodos, é que poderiam indicar haver ou não significativa diferença entre os mesmos.

Justificativa: Comparou-se os resultados obtidos com dados anteriores. Os seguintes documentos e bases de dados serão utilizados como Referências de registros de qualidade de água: os *relatórios IGAM, banco de dados Samarco, e banco de dados IGAM.*

Descrição resumida: Não descreveu.

Justificativa: O relatório não descreve quais foram as principais mudanças ocorridas no ambiente após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Interessante para metais e desnecessário para compostos orgânicos.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre. Capítulo 6 - Qualidade da Água Superficial – Caracterização.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos Impactos da Ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre. Capítulo 6 - Qualidade da Água Superficial – Caracterização.

Local e data de publicação: 14 de Outubro de 2016 – Rio de Janeiro/RJ

Órgão/Empresa executor(a): Fundação COPPETEC

Equipe (nome e nível de experiência): Prof. Cristiano Borges (Coordenador); Prof. Claudio Habert; Prof. Frederico Kronemberger; Prof. Fabiana Valéria da Fonseca; Prof. Juacyara Carbonelli Campos; Prof. João Paulo Bassin; Prof. Isabelli do Nascimento Dias; D.Sc. Sarah Dario; M.Sc. Aline Marques Ferreira; M.Sc. Everton Gripa; M.Sc. Omayra Ferreira; M.Sc. Alyne Moraes; M.Sc. Larissa Loureiro Salgueiro Silva; Roberto Bastos; Rosana Mello Forte da Silva; Leandro Matosinhos; Victor Maia Fernandes; Kleby Soares do Nascimento; Pedro Henrique Rossi de Queiroz do Cabo. Não foi informado a formação e nível de experiência da equipe, desta maneira não é possível fazer uma avaliação adequada.

Resumo do escopo: Foram realizadas três campanhas de coletas de amostras que possibilitaram a análise físico-química para a avaliação da qualidade da água superficial. Em alguns pontos de coleta, observou-se que os níveis dos metais Ferro, Manganês e Alumínio estavam acima da resolução CONAMA 357 para águas doces de padrão classe 2. Entretanto, após a clarificação por microfiltração os teores de todos os metais ficaram abaixo do limite analítico. Este resultado caracteriza que os metais encontrados estão na forma suspensa ou coloidal;

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: As amostras foram coletas em 13 diferentes pontos do Rio Doce incluindo o Rio do Carmo, seu afluente, e o Rio Gualaxo do Norte, seu subafluente,

compreendendo regiões mais densamente povoadas e com coleta de água para abastecimento público no Estado de Minas Gerais. Outros 5 pontos de amostragem, dentro do Estado do Espírito Santo, foram estabelecidos com base em relatórios anteriores apresentados pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e pelo IEMA-ES (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Três diferentes campanhas de amostragem foram conduzidas durante o decorrer do presente projeto, perfazendo um total de 54 amostras brutas.

Foram coletados 52,6 litros de água em cada ponto de amostragem, fracionados e armazenados de acordo com a sua destinação, seja análise direta ou posterior clarificação e concentração. A coleta foi realizada pelo Laboratório Certificar Ltda. (Ipatinga-MG) com o acompanhamento de dois membros da equipe responsável pelo projeto. As metodologias para a coleta e preservação das amostras seguiram o estabelecido no o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. As amostras foram mantidas refrigeradas desde o momento da coleta, após a devida embalagem e adição de agentes para sua correta preservação, caso necessário de acordo com a análise em questão. As amostras coletadas nos diferentes dias de uma mesma campanha foram agrupadas e enviadas de Ipatinga-MG para o Rio de Janeiro-RJ em caminhão refrigerado, sendo conservadas a uma temperatura baixa entre seu recebimento e processamento.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Clarificação: As amostras foram pré-tratadas por microfiltração para a remoção do material em suspensão. Para elevar a concentração dos possíveis contaminantes, a água foi removida seletivamente das amostras através de um processo de Osmose Inversa.

Análises: O preparo das amostras consiste na filtração em membranas de diâmetro médio de poro de 0,45 μm e acidificação até $\text{pH} < 2$ com ácido nítrico (HNO_3).

- Espectrometria de absorção atômica com chama (Método 3111):
 - Para os metais cromo, cobre, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, níquel e prata, utilizou-se o método com chama de acetileno-ar (Método 3111-B);
 - Para os metais alumínio e bário, utilizou-se o método com chama acetileno-óxido nítrico (Método 3111-C);
- Espectroscopia de emissão por plasma (Método 3120-B): Este método é utilizado para os metais alumínio, antimônio, arsênio, berílio, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, lítio, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, urânio, vanádio, zinco.

Resultados

Descrição resumida: Os principais elementos encontrados em concentração significativa foram o Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Alumínio (Al). Observou-se um aumento no teor de Ferro nos primeiros pontos de coleta, estendendo-se até o ponto 7 (município de Belo Oriente). Comportamento similar é observado no caso do Manganês, embora na segunda coleta a concentração deste metal ficou limítrofe após o ponto 7. Para o Alumínio, apenas na segunda coleta, a concentração ficou acima do limite estabelecido pela resolução do CONAMA entre os pontos de coleta 4 (entre os municípios de Rio Casca e São Domingos do Prata) e 9 (município de Governador Valadares).

Após a clarificação por microfiltração e após o processo de concentração por osmose inversa, nenhum destes elementos (Ferro, Manganês e Alumínio) foi detectado. Este resultado demonstra que os elementos observados nas amostras de água bruta encontram-se suspensos ou na forma coloidal, sendo retidos pela membrana de microfiltração cujo tamanho de poro máximo é de 0,4 micrometros. Os demais elementos pesquisados não foram detectados nas amostras de água bruta, estando ausentes da água de superfície ou abaixo do limite de detecção,

- **RELATÓRIO: Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão - Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (RT-015_159-515-2282_03-J)**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão -Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (RT-015_159-515-2282_03-J)

Local e data de publicação: Belo Horizonte - Outubro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): SGS Geosol Laboratórios Ltda (Vespasiano – MG) – Laboratório acreditado junto ao INMETRO para análises químicas (CRL0386); Analytical Technology (São Paulo – SP) – Laboratório acreditado junto ao INMETRO para análises químicas (CRL0212); SGS Canada Inc. (Lakefield - Ontario – Canadá); Laboratório de Processamento Aquoso e Caracterização de Sólidos Particulados - UFMG (Belo Horizonte – MG); Laboratório de Raios-X – UFMG (Belo Horizonte – MG); Centro de Microscopia da UFMG (Belo Horizonte – MG); Fernando Luiz Pantuzzo - Geoquímico Sênior – Golder Associates Brasil; Antônio Freitas - Engenheiro Químico, Associate – Golder Associates Brasil; Rens Verburg – Geoquímico Principal - Golder Associates Brasil; Cheryl Ross – Hidrogeoquímica – Golder Associates Brasil; Kristin Salzsauler – Geoquímica, Associate – Golder Associates Brasil; Thais Amaral Moreira - Engenheira Ambiental Júnior - Golder Associates Brasil.

A empresa de consultoria Golder Associates foi a responsável pelo desenvolvimento do Plano de Amostragem e Análise; execução das investigações de campo (isto é, amostragem e documentação das atividades de campo); contatos e comunicação com os laboratórios que executaram os programas analíticos da Fase I e Fase II; análise de dados, avaliação e interpretação de QA/QC; preparação do relatório do estudo; revisão do relatório do estudo;

A equipe responsável pela elaboração do relatório é composta basicamente por geoquímicos por possuírem um perfil mais adequado para a análise dos resultados das amostras de rejeitos, solos e sedimentos.

As análises químicas foram realizadas por laboratórios que possuem acreditação junto ao INMETRO, conferindo maior credibilidade aos resultados obtidos.

Outros três laboratórios da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foram utilizados nos ensaios de célula úmida e análise mineralógica por difração de raios-x e analisador de liberação mineral. São laboratórios com experiência nestes tipos de estudos, coordenados por pesquisadores de reconhecida capacidade técnica.

Resumo do escopo: Revisão do conteúdo da Seção 4 (Avaliação dos Resultados de Investigação Geoquímica e Aspectos Biogeoquímicos) do relatório RT-023_159-515-2282_00-J (Avaliação dos Impactos do Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão), emitido em Julho de 2016, onde 311 amostras foram coletadas, entre 23 de Janeiro e 12 de Abril de 2016, para testes geoquímicos com o intuito de servir como subsídio para a tomada de decisões relativas ao manejo dos rejeitos liberados e mais duas amostras de solo não afetado foram coletadas no Espírito Santo entre 11 e 12 de Abril de 2017.

O programa de testes geoquímicos foi executado em duas fases. Os objetivos das análises realizadas na Fase I do Programa de Caracterização Geoquímica foram:

- 1) caracterizar os rejeitos-fonte;
- 2) determinar a composição química das misturas de solo e sedimentos depositadas nas redes de drenagem a jusante da Barragem de Fundão;
- 3) avaliar os rejeitos, solos e sedimentos com relação as normas regulatórias aplicáveis a solos e sedimentos.

O programa de análises da Fase I incluiu a análise de todas as amostras quanto a composição química, distribuição granulométrica, e contagem ácido-base, para determinar as características químicas e físicas dos materiais coletados.

Na Fase II visou determinar a estabilidade química (isto é, o potencial de mobilização de metais a partir da fase sólida para a fase aquosa) dos rejeitos, dos solos e sedimentos afetados.

Os resultados do programa Fase II foram utilizados para avaliar o potencial de mobilização de metais que resultassem em excedências quanto aos padrões brasileiros de qualidade de água aplicáveis, no curto prazo (meses a anos) e no longo prazo (anos a décadas). Foram realizados testes geoquímicos em um subconjunto de 50 amostras, selecionadas com base nas características composicionais e espaciais, verificadas a partir dos resultados das análises da Fase I.

As amostras de rejeito coletadas na Barragem de Rejeitos de Germano consistiam, principalmente, do silicato mineral quartzo, com menores quantidades dos (hidr)óxidos de ferro hematita e goethita. Os rejeitos não continham minerais sulfetados e, por

consequente, foram classificados como não geradores de ácido. Os principais elementos detectados nas amostras de rejeito foram sílica e óxido de ferro. No conjunto de dados geoquímicos, os rejeitos apresentaram as menores concentrações para muitos metais-traço (isto é, arsênio, bário, cobalto, cobre, chumbo, níquel, prata, vanádio e zinco). Os resultados da análise de fase sólida não excederam os padrões de prevenção ou de investigação estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2009, além de terem um baixo potencial de mobilização de metais, inclusive ferro, nas condições de pH circum-neutrais existentes nos rios a jusante da barragem do Fundão. A composição mineralógica das amostras de solo não afetado era mais complexa do que a das amostras de rejeitos, composto de minerais como quartzo, hematita, goethita e gibbsita. Diferentemente das amostras de rejeitos, os solos não afetados continham elevadas concentrações de vários metais referentes aos valores de prevenção (arsênio, bário, antimônio, cromo, cobalto, níquel e cobre) e valores de investigação para agricultura (arsênio, cobalto, bário e cromo) estabelecidos na Resolução CONAMA 420/2009.

As amostras de sedimentos não afetados consistem de quartzo e minerais de ferro, incluindo hematita, goethita e magnetita. Amostras de sedimentos não afetados coletadas em ambientes de água doce, (isto é, das calhas dos rios e reservatórios) excederam os critérios de sedimento estabelecidos na Resolução CONAMA 454/2012 para arsênio, cromo e níquel, enquanto as amostras de sedimentos coletadas no oceano excederam os critérios para arsênio e níquel, e demonstraram um potencial para a lixiviação de alumínio, bário, manganês, ferro e níquel.

A composição mineralógica das amostras de sedimentos e solos afetados é controlada pelo grau de mistura entre os rejeitos com os solos e/ou sedimentos. Em alguma medida, os minerais presentes nestes materiais refletem, também, a origem geológica dos solos e sedimentos. De modo similar ao que ocorre com sedimentos e solos não afetados, os materiais afetados excederam os padrões para solo e sedimento para vários metais (isto é, chumbo, cobalto, bário, vanádio, arsênio, cobre, zinco, cromo e níquel).

O relatório conclui que a avaliação de perigo identificou alumínio, ferro e manganês como constituintes de potencial interesse (COPIs) relacionados com os rejeitos em sedimentos, solos e água, enquanto cromo, vanádio e mercúrio foram identificados como COPIs relacionados com a possível redistribuição de contaminação pré-existente na água. Entretanto, em todos os casos, quaisquer concentrações de COPI acima dos padrões ou valores de referência adotados ocorreram em uma extensão tal, ou com uma frequência ou probabilidade tal, que não se espera que causem efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A amostragem em Minas Gerais foi realizada entre 23 de Janeiro e 12 de Abril de 2016, por equipes da Golder Associates ou por subcontratados sob a supervisão dela. Os subcontratados e suas funções são descritos abaixo:

- Rio Doce Marítima Ltda / AFC Geofísica Ltda.: Forneceu barcos e pessoal com experiência na coleta de amostras em leitos fluviais e marítimos;

- Husky Duck Ltda.: Forneceu equipamentos e pessoal com experiência em coleta de sedimentos profundos;

- Século 21 Ltda.: Forneceu pessoal de apoio para as atividades de coleta de amostras em terra.

Foram coletadas 155 amostras de solos de áreas afetadas, planícies de inundação de córregos e rios, além de outras 35 amostras de áreas não afetadas sendo duas destas, coletadas em Colatina e Linhares no estado do Espírito Santo.

Os pontos de coleta de amostras incluíram a Barragem de Rejeitos de Germano (para representar o material fonte, uma vez que questões de segurança impediam a coleta de amostras na Barragem de Rejeitos de Fundão) e as áreas afetadas a jusante da barragem de Fundão. A deposição de rejeitos se estendeu desde a barragem de Fundão até o litoral do ES.

Em geral, as amostras de solo foram obtidas usando um testemunhador manual nas áreas afetadas e uma cavadeira manual nas áreas não afetadas. Geralmente, as amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 0 a 0,3 metros abaixo da superfície do solo.

Foram coletadas 97 amostras de sedimentos em rios, córregos e tributários, além de 11 amostras da praia do Oceano Atlântico em áreas afetadas, além de outras 18 amostras de sedimentos de rios, córregos e tributários de áreas não afetadas e mais 5 amostras no Oceano Atlântico.

Amostras de sedimentos foram, geralmente, coletadas usando um testemunhador manual em águas rasas (profundidade máxima de amostra de 1,2 m abaixo da superfície do solo). No caso de águas profundas, (isto é, rios, reservatórios e oceano), as amostras de sedimento foram coletadas usando dispositivos amostradores específicos (profundidade máxima de amostragem de 2,6 m abaixo da superfície do solo); esta amostragem foi realizada a partir de um barco.

Para os rejeitos foram obtidas quatro amostras compostas a partir de 163 amostras

simples coletadas de 35 testemunhos de sondagem, que fizeram parte de uma avaliação de recursos realizada pela Samarco. As amostras foram quarteadas pela SGS Geosol, sendo um quarto utilizado para análise.

Outras duas amostras de rejeito foram coletadas na pilha de detritos localizada no Parque de Exposições do município de Barra Longa (MG).

As amostras foram armazenadas em recipientes ou sacos plásticos e identificadas. As amostras foram mantidas sob refrigeração em caixas de poliestireno por um período máximo de três dias antes do transporte para o laboratório. Cada amostra consistia de aproximadamente oito quilos de material.

Para a Fase I foram coletas no estado do Espírito Santo duas amostras de solo não afetado pela Golder Associates nas cidades de Colatina e Linhares e uma amostra de água pela Tommasi Ambiental sob a supervisão da Golder Associates para ser usada no teste de elutriação, entre Fevereiro e Julho de 2017. Além disso foram coletadas 8 amostras de sedimentos no oceano e mais 3 amostras de sedimentos em praias, dentro da área afetada.

Para a Fase II foram selecionadas duas amostras de solo nas planícies de inundação do Baixo Guandu e Linhares, dentro da área afetada, e mais duas de encostas, fora da área afetada em Colatina e Linhares, e uma de sedimento na calha de Linhares dentro da área afetada. Além destas foram estudadas duas amostras de sedimentos dentro da área afetada, uma na praia e outra no oceano, e mais duas amostras em áreas oceânicas não afetadas.

Justificativa: Não há a descrição se a amostragem e o armazenamento das amostras seguiram algum protocolo já reconhecidamente adequado para os tipos de amostras coletadas.

Especificamente no que diz respeito aos rejeitos os estudos objetivavam conhecer a composição química, para determinar a assinatura geoquímica dos rejeitos em sua fonte, as concentrações de metais nos rejeitos e a estabilidade química dos rejeitos remanescentes na Barragem de Rejeitos de Fundão.

No entanto, por alegados motivos de segurança, as coletas dos rejeitos foram realizadas na Barragem de Rejeitos de Germano, localizada adjacente à Barragem de Rejeitos de Fundão. Os “Rejeitos de Germano”, despejados entre 1977 e 2015, são considerados pela **Samarco** como muito similares em termos de composição química e física aos “Rejeitos de Fundão”, uma vez que, segundo a Samarco, se originam do mesmo processo de beneficiamento de minério e provêm dos mesmos depósitos.

Desta forma todos os resultados obtidos com estes rejeitos podem não refletir a realidade dos fatos, comprometendo sua aplicabilidade nos diferentes estudos que foram

realizados e por outros serão realizados futuramente.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A secagem das amostras foi feita tanto pela SGS Geosol como pela AnaTech como se segue:

- SGS Geosol: As amostras foram secas a 55 graus Celsius (°C);
- AnaTech4: As amostras foram secas a 105 °C.

As amostras coletadas foram analisadas quanto à sua composição química e submetidas à uma série de ensaios para avaliar as características de liberação de elementos tóxicos para o ambiente:

- Difração de Raios-X;
- Analisador de Liberação Mineral
- Granulometria (sete diferentes frações entre abaixo de 0,025 mm e até 2 mm)
- Teste de Lixiviação baseado na norma ABNT NBR 10.005;
- Teste de Solubilização baseado na norma ABNT NBR 10.006;
- Teste de Elutriação com águas de rio e marinha segundo a norma USEPA (1998);
- Teste de Coluna segundo o método de MEND (2009)
- Teste de Célula Úmida segundo a norma ASTM D5744-13;
- Extração Sequencial segundo o Teste de Tessier;
- Digestão ácida das amostras sólidas segundo as normas USEPA 3050B ou Standard Methods 3030
- Análise dos metais presentes nas diferentes amostras pelos métodos Standard Methods 3120B ou USEPA 6010C que utilizam o ICP-OES para Al, Ba, Be, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mn, Mg, Mo, Na, Ni, Ag, Ti, V, U e Zn.
- Análise de As, Sb e Se pelo método Standard Methods 3125 que utiliza o ICP-MS
- Análise de Mercúrio por vapor frio segundo as normas USEPA 1631E e Standard Methods 3112B

Justificativa: Os laboratórios que realizaram as análises dos metais presentes nas

amostras sólidas são acreditados junto ao INMETRO para as metodologias empregadas. No entanto, a análise de mercúrio em amostras sólidas foi realizada segundo a norma USEPA 1631E, apropriada para águas, e não com a metodologia USEPA 7171B, apropriada para sólidos, prevista na resolução do CONAMA.

Somente os metais As, Sb e Se foram analisados pela técnica de ICP-MS, sendo os demais pela técnica de ICP-OES.

O modo de secagem das amostras realizado pelos dois laboratórios de análise é diferente, tendo uma diferença de 50 °C entre elas, podendo inviabilizar a interpretação dos resultados de vários parâmetros, principalmente o mercúrio. As amostras deveriam ter sido liofilizadas antes dos procedimentos de abertura para garantir que não houvesse perda de elementos por volatilização.

Resultados

Descrição resumida: As principais conclusões do Programa de Caracterização Geoquímica foram:

- O estudo geoquímico se baseou em amostras que são representativas, tanto em termos espaciais como do ponto de vista da composição, dos materiais presentes nas regiões impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão;
- Os rejeitos possuem a mais baixa reatividade dentre o conjunto materiais incluídos nos dados geoquímicos, devido ao fato de que eles consistem de fases minerais insolúveis. Os rejeitos geralmente contêm as menores concentrações de metais-traço, não resultando em nenhum parâmetro excedente em relação aos padrões para solo;
- Os sedimentos e solos não afetados pela liberação de rejeitos contêm algumas das maiores concentrações de metais-traço, no conjunto de dados geoquímicos. Uma maior proporção de fases minerais solúveis encontra-se presente nos sedimentos e solos não afetados, fazendo com que os materiais não afetados frequentemente excedam os critérios regulatórios;
- Os sedimentos e solos afetados pela deposição de rejeitos constituem uma mistura química e fisicamente heterogênea de solos e/ou sedimentos e rejeitos, contendo concentrações de muitos metais acima dos critérios regulatórios. Estas concentrações resultam do componente solo/sedimento das misturas;
- Em muitos casos, a mistura de rejeitos com sedimentos e solos naturais resultou em materiais com menores concentrações de metais-traço do que nas condições não afetadas pela deposição de rejeitos;
- Os rejeitos, solos e sedimentos não afetados e solos e sedimentos afetados pela deposição de rejeitos são tipos de materiais para os quais algumas amostras são classificadas como materiais não inertes, devido ao fato de que excedem o padrão de solubilização da Norma ABNT NBR 10.004/2004 para Fe, Mn e Al;

- Os resultados de testes de lixiviação e mineralógicos confirmam a presença de fases minerais insolúveis nos rejeitos (i.e., hematita e goethita) e fases minerais mais solúveis nos solos/sedimentos (isto é, (hidr)óxidos de Fe/Mn redutíveis);
- Os resultados de testes de lixiviação e mineralógicos confirmam o sequestro de metais-traço nas fases minerais insolúveis de rejeitos, enquanto a proporção de metais-traço em solos e sedimentos ocorre geralmente em frações minerais mais lábeis;
- A qualidade da água do rio é controlada pelo comportamento de dissolução/sorção dos solos/sedimentos naturais. Os rejeitos não são uma fonte significativa de mobilização adicional de metais;
- Tendo como base uma avaliação formal de perigo e uma avaliação qualitativa em nível de triagem, a mobilização de metais dos rejeitos não constitui uma preocupação do ponto de vista biogeoquímico;
- Os resultados do Programa de Caracterização Geoquímica estão em total consonância com os resultados de estudos de terceiros relativos à qualidade das águas superficiais, solos e sedimentos realizados na área afetada pelo despejo de rejeitos, tanto antes como depois do rompimento da barragem.

Justificativa: Todas as análises de mercúrio foram feitas com metodologia adversa da prevista na resolução do Conama e todos os rejeitos analisados não tiveram origem na Barragem do Fundão, local do vazamento, comprometendo toda a interpretação dos resultados por não haver nenhuma comprovação de que realmente os resíduos das Barragens de Germano e Fundão apresentam características semelhantes.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Por se tratar de um estudo geoquímico de caracterização dos solos, sedimentos e rejeitos de áreas afetadas e não afetadas somente a utilização de ferramentas analíticas corretas poderá levar a uma interpretação dos resultados obtidos, principalmente no que diz respeito ao conteúdo de metais nas diferentes amostras e frações de amostras.

Neste relatório existe um parecer do IBAMA (PAR 02022.00510/2016-20) sobre um relatório anterior que traz vários questionamentos sobre as metodologias empregadas nas análises e que pediam explicações de vários aspectos. A imensa maioria deles não é respondida, como por exemplo a questão da secagem das amostras antes da abertura, que pode influenciar os resultados de vários elementos, principalmente o mercúrio, comprometendo a interpretação correta dos estudos.

No que diz respeito aos rejeitos, a falta de comprovação da semelhança dos resíduos

vazados da Barragem do Fundão com aqueles coletados na Barragem do Germano, comprometem a correta interpretação dos resultados obtidos nos estudos destas amostras.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não

- **RELATÓRIO: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. RT-015 159-515-2282 03-J.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Química - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vanya Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos. NÚMERO DO RELATÓRIO: RT-015_159-515-2282_03-J.

Relatório 1:

- ANEXO U1 -Dados Geoquímicos da Fase I – Garantia de Qualidade/ Controle de Qualidade.

Relatório 2:

- RT1700082- Relatório Técnico de Classificação de Resíduos Sólidos Avaliação de Corrosividade, Reatividade e Toxicidade (parâmetros inorgânicos e alguns orgânicos) ABNT NBR 10.004: 2004.

Local e data de publicação:

Geral: São Paulo, Outubro de 2017.

Relatório 1: São Paulo, 25 de Maio de 2016.

Relatório 2: Belo Horizonte, 31 de Maio de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Geral: Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos LTDA. **Relatório 1:** Analytical Technology Serviços Analíticos Ambientais LTDA.

Relatório 2: SGS- Geosol.

Equipe (nome e nível de experiência): Geral: Rens Verburg (Revisor): Geoquímico, Principal PhD, PGeo, LG. Cheryl Ross: Hidrogeoquímica, Associate MSc, LHG. Kristin Salzsauler: Geoquímica, Associate MSc, PGeo; Fernando Pantuzzo: Geoquímico Sênior PhD; Thais Amaral Moreira Engenheira Ambiental Júnior BSc; **Relatório 1:** Fernanda Rodrigues da Silva - Analista Químico; Ana Paula Ahualli - Responsável técnica: CRQ 4a Região nº 04121814; **Relatório 2:** Silvanio Eduardo da Silva - Supervisor Meio Ambiente: CRQII 02405203.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório consiste em uma revisão do conteúdo da Seção 4 (Avaliação dos Resultados de Investigação Geoquímica e Aspectos Biogeoquímicos) do relatório RT-023_159-515-2282_00-J (Avaliação dos Impactos do Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão), emitido em Julho de 2016.

Após o rompimento da barragem de rejeitos de fundão, na unidade industrial de Germano, em 05 de Novembro de 2015, 311 amostras foram coletadas para testes geoquímicos com o intuito de servir como subsídio para a tomada de decisões relativas ao manejo dos rejeitos liberados. A coleta de amostras ocorreu durante as investigações de campo, entre 23 de Janeiro e 12 de Abril de 2016. Adicionalmente, duas amostras de solo não afetado foram coletadas no espírito santo entre 11 e 12 de Abril de 2017, em função de uma solicitação do Instituto Estadual Do Meio Ambiente Do Espírito Santo (IEMA-ES).

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: **Geral:**

Os pontos de coleta de amostras incluíram a barragem de rejeitos de Germano (para representar o material fonte, uma vez que questões de segurança impediam a Coleta de amostras na barragem de rejeitos de fundão) e as áreas afetadas a jusante da barragem de Fundão. A deposição de rejeitos se estendeu desde a barragem de fundão até o litoral do ES. Listados em Ordem de localização a partir da barragem de fundão, os principais pontos de amostragem compreenderam: O reservatório de Santarém, córrego santarém, Rio Gualaxo do norte, Rio do carmo e Rio doce, Reservatório De candonga (usina hidroelétrica risoleta neves), Reservatório de Baguari e a foz do Rio Doce no oceânico Atlântico. Além disto, foram coletadas amostras de vários tributários.

Amostras simples e compostas foram coletadas durante as investigações de campo, sendo definidas como se segue:

- Amostra simples: Uma amostra simples é uma amostra que contém material coletado em um único ponto no espaço e no tempo;

- Amostra composta: Uma amostra composta é uma amostra contendo uma mistura de materiais coletados de múltiplos pontos. Várias amostras simples individuais são coletadas dentro de um curto espaço de tempo e combinadas em uma única amostra composta, de modo a obter uma amostra cuja composição seja representativa de uma área maior.

A coleta de amostras foi feita durante a estação chuvosa. A amostragem foi realizada por equipes da Golder ou por subcontratados sob a supervisão da golder. Os subcontratados e suas funções são descritos abaixo:

- Rio Doce Marítima Ltda / AFC Geofísica Ltda.: Forneceu barcos e pessoal com experiência na coleta de amostras em leitos fluviais e marítimos;

- Husky Duck Ltda.: Forneceu equipamentos e pessoal com experiência em coleta de sedimentos profundos;

- Século 21 Ltda.: Forneceu pessoal de apoio para as atividades de coleta de amostras em terra.

Entretanto não descreve procedimento de coleta como: tipo de coletor, armazenamento, forma de preservação da amostra.

Relatório 1: Não realizada pela empresa.

Relatório 2: Não realizada pela empresa.

Justificativa: A empresa *Golder Associate* reporta que os resultados da avaliação estatística confirmaram que o conjunto de dados representa a gama de composições dos solos e sedimentos afetados. Portanto, o conjunto de dados geoquímicos é apropriado para subsidiar o processo de tomada de decisão quanto às medidas de remediação. Entretanto, o IBAMA comenta que não está claro que em decorrência da Remobilização dos sedimentos das margens e leito dos Rios muitos materiais que se encontravam depositados nos sedimentos, muitas vezes compostos inertes ou Indisponíveis, ficaram disponíveis e alteraram a Composição original destes solos e sedimentos, e por isso haveria a necessidade do estudo da mistura do rejeito com os solos e sedimentos.

IBAMA solicita: que sejam apresentados os argumentos Técnicos e testes estatísticos, se utilizados, para caracterizar. As amostras como representativas, bem como os critérios de escolha dos pontos de coleta e mapas adequados com indicações claras dos mesmos.

Solicita-se ainda a complementação deste relatório inclua uma tabela com as coordenadas dos pontos de coletas, mapas completos. Indicando os pontos de coleta, bem como os correspondentes resultados das análises realizadas onde seja possível a identificação das amostras conforme o mapa.

Metodologia Análise

Descrição resumida: **Relatório 1:** Mencionou apenas as normas: USEPA 8270D:2007; USEPA 8081B:2007; USEPA 7473:2007 ; USEPA 6010C:2007; USEPA 9056A:2007; USEPA 9040C:2004; SMEWW - 22nd Ed. 2012 - 4500CN; SMEWW - 22nd Ed. 2012 - 4500F; SMEWW - 22nd Ed. 2012 - 4500F-C; SM - 22nd Ed. 2012 - 5530D; USEPA 8260C:2006; USEPA 3550C:2007; SMEWW - 22nd Ed. 2012 - 4500. S2-H. **Relatório 2:** Apenas cita as seguintes referências analíticas: ABNT NBR; ABNT NBR Obtenção de extratos solubilizados de resíduos sólidos (2004); [in] Instrução de trabalho da SGS GEOSOL laboratórios; Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22nd (2012).

Justificativa: Utiliza normas internacionais.

Resultados

Descrição resumida: **Relatório 1:** Os parâmetros orgânicos avaliados encontravam-se conformes, ou seja, abaixo do VPM estipulado pela VMP: Valor Máximo Permitido segundo ABNT 10004:2004, anexo F. Os parâmetros avaliados foram: 1,1-Dicloroetano; 1,2-Dicloroetano; 1,4-Diclorobenzeno; 2,4,5-T; 2,4,5-TP; 2,4,5-Triclorofenol; 2,4,6-Triclorofenol; 2,4-D; 2,4-Dinitrotolueno; Aldrin + Dieldrin; Benzeno; Benzo(a)pireno; Clordano (Isômeros); Cloreto de Vinila; Clorobenzeno; Clorofórmio; DDT (Isômeros); Endrin; Heptacloro e Heptacloro; Epóxido; Hexaclorobenzeno; Hexaclorobutadieno; Hexacloroetano; Lindano (g-BHC); m,p-Cresol; o-Cresol; Metiletilcetona; Metoxicloro; Nitrobenzeno; Pentaclorofenol; Piridina; Tetracloroeto de Carbono; Tetracloroetano; Toxafeno; Tricloroetano. **Relatório 2:** Foram avaliados apenas Fenóis totais, todos as amostras abaixo do VMP.

Justificativa: Não conclusivos, apenas alguns pontos foram avaliados para uma avaliação mais abrangente da qualidade do solo das estações amostrais em relação aos compostos orgânicos.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os resultados do programa de caracterização geoquímica foram usados para uma avaliação formal de perigo (bio) químico e uma avaliação qualitativa biogeoquímica em nível de triagem para identificar parâmetros que Possam resultar em impactos ambientais, e para subsidiar a tomada de decisões quanto à remediação. Tanto a avaliação de perigo como a avaliação em nível de triagem se concentraram em parâmetros que possam Afetar adversamente os receptores ecológicos, sendo que a primeira foca em espécies terrestres ameaçadas de extinção, enquanto a segunda adota uma abordagem mais holística.

Justificativa: Aborda apenas para metais.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Desnecessário para compostos orgânicos.

- **RELATÓRIO: Encarte técnico – 02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do Rio Doce**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vanya Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Encarte técnico – 02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do Rio Doce

Local e data de publicação: Não informado

Órgão/Empresa executor(a): IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; Governo do estado do estado do Espírito Santo; Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Equipe (nome e nível de experiência): Não informado.

Resumo do escopo: O relatório apresenta os dados de coletas de água realizadas após a chegada da lama de rejeitos no trecho capixaba do rio Doce, contemplando dados de Novembro de 2015 a Agosto de 2017. O monitoramento realizado compreende uma longa série de parâmetros de qualidade de água e sedimentos, tendo como base a Resolução CONAMA Nº 357/2005. Com a análise dos dados monitorados tanto a frequência como os parâmetros foram alterados. No início, a frequência de monitoramento para água bruta era a cada 48 horas, e foi se espaçando até chegar a mensal. Os parâmetros também foram sendo alterados, e permanecendo no monitoramento os que eram relevantes para a avaliação do impacto ambiental causado pelo rompimento em questão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Selecionou-se 10 estações amostrais ao longo da bacia do Rio Doce sendo 6 estações ao longo do Rio Doce e 4 localizadas em lagoas, as quais algumas foram avaliadas em diferentes profundidades. Totalizando 14 amostras por coleta. A localização e coordenadas geográficas dos pontos avaliados são, respectivamente: Baixo Guandu (P01):288653/7841918; Itapina/Dist. Colatina (P02): 305073/7841642; Colatina (P03):331786/7841376; Linhares (P04):388120/7853419; Regência (Dist. Linhares) (P05): 413627/7827501; Vila de Povoação (P06):414236/7826140. Lagoa de Monsarás M1:

0415914/7837148; Lagoa de Monsarás M2: 0415914/7837148; Lagoa do Areal: 0412962/7834277; Lagoa Nova N1: 0378738/7852585; Lagoa Nova N2: 0377312/7855922; Lagoa Nova N3:0379171/7855205; Lagoa do Pandolfi - P1:411574/7835916; Lagoa do Pandolfi - P2:não tem. A frequência de monitoramento para água bruta era a cada 48 horas, e foi se espaçando até chegar a mensal.

Justificativa: A amostragem foi válida visto que os a frequência de amostragem foi satisfatória. Os pontos de monitoramento foram bem distribuídos ao longo do território capixaba levando em consideração a proximidade a centros urbanos, ambientes de interesse e o monitoramento anterior de qualidade da água realizado pelo IEMA no período de 2004 a 2014. Entretanto, não descreve procedimento de coleta como: profundidade, frasco coletor, forma de preservação da amostra.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não informada.

Justificativa: Os parâmetros foram sendo alterados, e permanecendo no monitoramento os que eram relevantes para a avaliação do impacto ambiental causado pelo rompimento em questão.

Resultados

Descrição resumida: O parâmetro Fenóis totais foi avaliado em todas as estações amostrais e seu valor foi abaixo do VMP (0,003 mg/L) variando de <0,001 a 0,002 mg/L.

P02 avaliou a concentração de tricloroeteno que estava abaixo do VMP (30µg/L) variando de 0,03 a 0,2 µg/L, tendo um valor atípico de 1,82 na coleta de 20/11/2015. Esse parâmetro foi avaliado até a coleta ocorrida em 30/01/2016.

P05: analisou-se maior número de parâmetros em 2 coletas (14/11/2015 e 11/02/2016). A coleta realizada no dia no dia 14/11/2015 apresentou apenas os parâmetros: toxafeno e aldrin e dieldrin um pouco acima do VMP (0,002 µg/L e 0,0019 µg/L, respectivamente) apresentando valores 0,01 µg/L e 0,003 µg/L, respectivamente. E a coleta realizada no dia 11/02/2016 apresentou não conformidade para os parâmetros: clordano (VMP=0,004 µg/L), gama BHC (lindano) (VMP=0,004 µg/L), Heptacloro e Heptacloro Epóxido (VMP=0,001 µg/L) e toxafeno (VMP=0,0002 µg/L), os quais apresentaram valores menores que 0,01 µg/L.

P06: analisou maior número de parâmetro em 3 coletas (22/11/2015, 25/11/2015, 27/11/2015 12:20) sendo seus valores semelhantes. Pode-se constatar que apenas 3 parâmetros estavam não conformes; Aldrin e Dieldrin (VMP=0,0019 µg/L) < 0,003 µg/L;

Heptacloro e Heptacloro Epóxido (VMP=0,001 µg/L) < 0,003; Toxafeno (VMP=0,0002 µg/L) < 0,01 µg/L.

As estações sediadas nas lagoas: Lagoa de Monsarás (M1 e M2), Lagoa do Areal, Lagoa Nova (N1, N2 e N3), Lagoa do Pandolfi (P1 e P2) não foram contempladas com as análises de fenóis totais e nem demais compostos orgânicos.

Justificativa: Não conclusivos para os compostos orgânicos visto discordância na frequência de análise.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Seama), o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema) e a Agência Estadual de Recursos Hídricos (Agerh), mobilizaram equipes internas multidisciplinares para atuarem em várias frentes, culminando na criação do Grupo Técnico de Enfrentamento da Crise Ambiental no Rio Doce (GTECAD), instituído por meio da Portaria Conjunta Seama/Iema/Agerh Nº 016-S/2015, publicada em 23 de Novembro de 2015. Atualmente o GTECAD está organizado para atuar em quatro áreas temáticas, sendo que possui equipe multidisciplinar nas áreas de Monitoramento das Águas Interiores, Monitoramento Marinho, Tecnologias e Tratamento e Biodiversidade.

Justificativa: O relatório não descreve quais foram as principais mudanças ocorridas no ambiente após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Desnecessário para compostos orgânicos.

- **RELATÓRIO: Encarte Técnico – 02 Anos De Monitoramento Da Qualidade Da Água Bruta Do Rio Doce**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Encarte Técnico – 02 Anos De Monitoramento Da Qualidade Da Água Bruta Do Rio Doce.

Local e data de publicação: Não consta no relatório.

Órgão/Empresa executor(a): Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA - ES) durante o período de 11/2015 à 08/2016. Smarco / Fundação Renova após 08/2016.

Equipe (nome e nível de experiência): Grupo Técnico de Acompanhamento do Programa (GTA-PMQQS), composto por técnicos dos órgãos federais e estaduais de meio ambiente e recursos hídricos.

Resumo do escopo: Comparação entre os valores de Alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total e turbidez durante os períodos chuvosos (Novembro a Março) e secos (Abril a Outubro).

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os pontos de monitoramento foram distribuídos ao longo do território capixaba levando em consideração a proximidade a centros urbanos, ambientes de interesse e o monitoramento anterior de qualidade da água realizado pelo IEMA-ES no período de 2004 a 2014.

No início, a frequência de monitoramento para água bruta era a cada 48 horas, e foi se espaçando até chegar a mensal.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O monitoramento realizado compreende uma longa série de parâmetros de qualidade de água e sedimentos, tendo como base a Resolução CONAMA Nº 357/2005. Com a análise dos dados monitorados tanto a frequência como os parâmetros foram alterados.

Os parâmetros foram sendo alterados, e permanecendo no monitoramento os que eram relevantes para a avaliação do impacto ambiental causado pelo rompimento em questão.

Resultados

Descrição resumida: Inúmeros parâmetros foram monitorados na água bruta do rio Doce após o rompimento da barragem de Fundão. Após análise da evolução e comportamento destes parâmetros ao longo do rio Doce, observou-se que 04 parâmetros possuem relação direta com o rejeito: Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido, Manganês Total e Turbidez.

- **RELATÓRIO: Qualidade Da Água, Qualidade Do Sedimento, E Resultados Dos Testes De Ecotoxicologia No Rio Doce, Referente Aos Dados Reportados Até 18, Janeiro, 2016.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Qualidade Da Água, Qualidade Do Sedimento, E Resultados Dos Testes De Ecotoxicologia No Rio Doce, Referente Aos Dados Reportados Até 18, Janeiro, 2016.

Local e data de publicação: 02/03/2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e SGS Geosol.

Equipe (nome e nível de experiência): Dr^a Kara E. Warner (Cientista Sênior de Projetos Ambientais) e MAsc.J.P. Bechtold (Especialista Sênior de Qualidade de Água).

Resumo do escopo: Apresenta um resumo dos dados de qualidade de água, qualidade de sedimento, e de ecotoxicologia coletados no Rio Doce e em alguns tributários no período que vai de Novembro de 2015 a Janeiro de 2016. O relatório inclui ainda um resumo da qualidade da água na zona costeira próximo a foz do Rio Doce até Dezembro de 2015

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Amostras para análise da qualidade da água e sedimentos foram coletadas à jusante da área do Complexo de Germano ao longo dos cursos d'água afetados pelo rompimento da barragem de Fundão na bacia do Rio Doce até o Oceano Atlântico. Foram selecionados pontos dessa malha de amostragem próximos à área da barragem de Fundão, no município de Barra Longa e de Rio Doce, e aqueles com maior quantidade de dados disponíveis ao longo do Rio Doce, sendo no Espírito Santo realizado as coletas em Baixo Guandu, Colatina e Linhares.

A frequência de amostragem varia em termos de ponto de amostragem e de parâmetros, de duas vezes por dia para a determinação de turbidez em alguns pontos até amostragens semanais para um número maior de parâmetros em outros pontos. Amostras de sedimento foram coletadas com frequência variada e analisadas primariamente em termos de

seu teor de metais. Segundo o relatório foram feitas também amostragens de sedimentos na zona costeira, contudo os resultados não foram apresentados.

Justificativa: No trabalho a frequência de coleta se mostrou elevada, mas foi sendo corrigida ao longo do tempo após uma avaliação. Os pontos amostrais selecionados foram aqueles que possuíam dados de monitoramento anteriores, sendo uma escolha sensata.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O relatório não descreve as metodologias de análises químicas, pois as mesmas foram terceirizadas pela SGS Geosol.

Justificativa: Devido à ausência de citação dos métodos empregados, não é possível avaliar criticamente.

Resultados

Descrição resumida: As qualidades das águas e sedimentos coletados foram avaliadas conforme as resoluções CONAMA 357/05 e 454/12. Como dados anteriores ao rompimento foram utilizados resultados do IGAM entre Julho de 1997 e Junho de 2015 no que se refere à matriz água e os dados da CPRM de 2015 para a matriz sedimentos.

Os resultados para a matriz água foram organizados em três categorias:

1. Resultados com alterações após o rompimento e que permanecem alterados;
2. Resultados com alterações por curto período de tempo e consequente retorno aos valores anteriores ou que atendem aos padrões de qualidade.
3. Resultados que não apresentaram alterações significativas, ou seja, mantiveram o mesmo valor ou ainda permanecem dentro dos padrões de qualidade.

Para primeira categoria foram incluídos os seguintes parâmetros:

Turbidez; Sólidos em suspensão; Cor; Fósforo total; Alumínio dissolvido; Ferro dissolvido; Manganês total;

Foram enquadrados na segunda categoria os parâmetros:

Concentração de amônia; Íons majoritários; Arsênio total; Cobalto total;

Já na terceira categoria foram enquadrados os seguintes parâmetros:

Fenóis totais; pH; Temperatura da água; Cloreto; Cianetos; Sulfetos; Óleos e graxas; Selênio, cádmio, boro, berílio, bário e antimônio totais; Nitratos e nitritos; Coliformes Fecais; Microcistina; Algas verdes-azuis;

O relatório afirma que: “As concentrações de metais nos sedimentos dos cursos

d'água impactados na bacia do Rio Doce estavam frequentemente mais altas em locais a montante (Barra Longa a Governador Valadares) do que em locais a jusante (Baixo Guandu até o litoral). As concentrações em amostras coletadas após o rompimento raramente excederam os níveis de classificação e na maior parte dos casos equivaliam às condições anteriores ao rompimento.”

Justificativa: As conclusões são questionáveis pelos seguintes motivos:

- Foi padronizado para todos os pontos de coleta de água como valores de corte para considerar como parâmetros de interesse resultados 25% maiores dos que os dados pretéritos obtidos pelo IGAM. Ou seja, para a bacia do Rio Doce na porção do Espírito Santo foram utilizados dados da porção de Minas Gerais.

- Assim como na matriz água, foram considerados como comparação para todos os pontos de coleta os resultados anteriores ao desastre para a matriz sedimento apenas os valores de três localidades: Aimorés, Ipatinga e Governador Valadares.

- Dados discrepantes obtidos nas coletas entre 26 de Novembro e 2 de Dezembro de 2015 foram excluídos do relatório alegando-se erro instrumental.

Valores alterados dos metais pesados níquel, chumbo, cromo, arsênio e cobalto não foram apresentados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Na avaliação das amostras de água o relatório diz que “a qualidade da água do Rio Doce permanece alterada para o caso de alguns parâmetros. As concentrações dos parâmetros com alterações ainda verificadas parecem estar relacionadas com os sólidos em suspensão que ainda estão sendo liberados a partir da área da barragem de Fundão. Portanto, o controle da liberação de sólidos em suspensão provenientes da área da barragem e de áreas perturbadas inicialmente com o rompimento da barragem é uma medida de mitigação fundamental que deverá levar a uma melhoria da qualidade da água no Rio Doce.”

Para a matriz sedimentos, o relatório afirma que “tendo como base as concentrações de metais totais, as informações avaliadas sugerem que o rompimento da barragem teve pouco efeito sobre a qualidade dos sedimentos nos cursos d'água impactados na bacia do Rio Doce.” Mas avalia que se deve “considerar a influência da supressão física de habitats resultante do rompimento da barragem de Fundão além das concentrações de metais dos sedimentos”.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

- Dados Históricos de Qualidade de Água publicado pelo IGAM devido à indisponibilidade do link informado no relatório. <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/serie-historica>.
- Metodologias de preparo de amostras de água e sedimento, bem como as metodologias de análises com os limites de quantificação dos parâmetros inorgânicos.
- Resultados dos metais analisados, tais como selênio, cádmio, boro, berílio, bário e antimônio, arsênio, cobalto, níquel, chumbo e cromo.

- **RELATÓRIO: Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS - Relatório Parcial Junho 2018**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Análises Químicas - Dulcícola

Equipe avaliadora: Doutora Vânia Márcia Duarte Pasa

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS - Relatório Parcial Junho 2018

Local e data de publicação: Junho 2018

Órgão/Empresa executor(a): Fundação Renova / Ecology Brasil / Laboratório ALS Corplab

Equipe (nome e nível de experiência): Gina Luísa Carvalho Boemer (Bióloga (UFSCar), mestre e doutora em Engenharia Ambiental (USP)); Michele Lima Bióloga (mestre em Ecologia (UFJF)); Rafael Azevedo (Biólogo (UNIGRANRIO), mestre em Ecologia (UFJF) e doutor em Ecologia e Evolução (UERJ)); Vinicius Neres de Lima (Biólogo (UERJ), mestre e doutor em Ecologia e Evolução (UERJ)); Maria Isabel de Almeida Rocha (Bióloga (UNIRIO), mestre e doutora em Biofísica (UFRJ)); Carolina Davila Domingues (Bióloga (UNISINOS/RS), mestre em Botânica (UFRGS) e doutora em Botânica (UFRJ)); Déborah Regina de Oliveira e Silva (Bióloga, mestre e doutora em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG)); Petrus Magnus Amaral Galvão Biólogo (mestre em Ecologia e doutor em Biofísica (UFRJ)); Jefferson Rocha da Silva (Oceanógrafo (UERJ)); Vanessa Souza Romão (Analista de sistemas Editoração)

Resumo do escopo: O relatório faz parte do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS), realizado pela Fundação Renova. As coletas manuais são realizadas com frequência mensal em 92 pontos de monitoramento. Os resultados medidos em 22 estações automáticas de monitoramento são transmitidos on-line com frequência horária para o poder público, formando uma rede de informação e alerta para subsidiar o planejamento preventivo dos principais sistemas de abastecimento público de água e também direcionar as ações de recuperação e acompanhamento da qualidade da água do rio Doce, aumentando a segurança da informação relativa à qualidade da água. Foram monitorados os metais arsênio, alumínio, ferro, manganês, cobre, cromo, chumbo, cádmio, níquel, mercúrio e

zinco. Foram utilizados como valores referência para esses parâmetros aqueles preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 ou da Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008. Além disso, valores de médias e máximas históricas registradas pelos órgãos IGAM e AGERH foram utilizados como comparação para aqueles pontos em que esses dados eram existentes para Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: O Relatório Parcial abrange o período de Agosto/2017 a Janeiro/2018 com frequência mensal de amostragem em 15 pontos de coleta, sendo 10 em Minas Gerais e 5 no Espírito Santo. Os Pontos são:

CIDADE	COORDENADAS UTM (ZONA 23K) DATUM SIRGAS2000	
	LESTE	NORTE
Rio Doce	718263,59	7758814,59
São D. Prata	735947,96	7785335,22
Bom J Galho	760057,88	7835967,3
Belo Oriente	776918,75	7861579,02
Periquito	799361,95	7886166,12
Periquito	806612,2	7899868,14
G. Valadares	188912,37	7909486,66
Tumiritinga	221845,75	7900244,83
Resplendor	263318,88	7861251,39
Baixo Guandu	288650,08	7841937,06
Colatina	315429,22	7842979,94
Colatina	328395,12	7839121,87
Colatina	336836,94	7841931,34
Linhares	388224,85	7853704,3
Linhares	413701,23	7827444,4

Para a realização das coletas de água superficial, o laboratório contou com pessoal qualificado, além de acreditação nos termos da ABNT NBR-ISO/IEC 17025/2015 junto ao INMETRO. Os procedimentos técnicos de amostragem e preservação das amostras de água estão de acordo com as seguintes normas:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR-9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores;
- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas da Agência Nacional das Águas – ANA e CETESB (2012);
- Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, APHA (2012).

Justificativa: A metodologia de coleta, seja no quesito pontos e frequência amostral, bem como procedimentos de conservação de amostras foram muito bem aplicadas e referenciadas.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Foram utilizados os métodos de análises USEPA 6010C ou 6020A para todos os elementos, exceto para mercúrio que foi utilizado também o método de análise USEPA 7470A.

Justificativa: Como a técnica utilizada no método USEPA 6010C é pouco sensível para alguns elementos se comparado à técnica do método USEPA 6020A, a modificação de método de análise ao longo do monitoramento foi muito bem vinda. Contudo, para alguns elementos o valor de LQ era o mesmo do limite máximo permitido conforme resoluções vigentes.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados podem ser consolidados na tabela abaixo, em que se comparam os valores obtidos para os parâmetros com os valores máximos permitidos (VMP) segundo CONAMA 357/2005 e a máxima histórica segundo órgãos governamentais.

Parâmetro	CONAMA	IGAM/AGERH
Arsênio	Todos os resultados são menores que VMP	-
Alumínio	Diversos resultados são maiores que VMP	Acima para todos os pontos que possuíam dados
Ferro	A maioria dos resultados são maiores que VMP	Acima para todos os pontos que possuíam dados
Manganês	A maioria dos resultados são maiores que VMP	Apenas um ponto acima do valor histórico
Cobre	Todos os resultados são menores que VMP	-
Cromo	Todos os resultados são menores que VMP	Todos menores que máxima histórica
Chumbo	Diversos resultados são maiores que VMP	Todos menores que máxima histórica

Cádmio	Menores que LQ	-
Níquel	Todos os resultados são menores que VMP	Todos menores que máxima histórica
Mercurio	Menores que LQ	-
Zinco	Apenas um ponto apresentou resultado maior que VMP	-

* VMP: Valor máximo permitido; LQ: Limite de quantificação

Vale ressaltar que nem sempre os resultados abaixo das máximas históricas são aqueles não conformes segundo resolução CONAMA.

Justificativa: Não são discutidas as médias históricas dos parâmetros monitorados, foi feito apenas uma comparação com os valores de máximo histórico.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A única discussão sobre o impacto do desastre é a citação da contaminação das margens dos rios avaliados pela lama de rejeitos, que quando é período chuvoso ocorre o aumento nos teores de alguns parâmetros, devido a lixiviação desse rejeito para o leito.

Justificativa: O relatório não faz uma avaliação sobre o impacto ambiental, reservando-se apenas para apresentação dos resultados dos parâmetros químicos dos rios avaliados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Anexo 2 Arquivo Excel - Tabela de dados parciais do PMQQS de Agosto/217 a Janeiro/2018.

APÊNDICE C – Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Fitoplanctônicas Dulcícolas.

- **RELATÓRIO: AL12345_2015**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton - Dulcícola

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Alessandra Delazari, Msc. Larissa Bassani

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Al12345_2015

Local e data de publicação: 2016/2017

Órgão/Empresa executor(a): IEMA

Equipe (nome e nível de experiência): IEMA

Resumo do escopo: Não apresenta relatório, apenas um encarte técnico e dados brutos, os dados de densidade de cianobactérias são apresentados apenas no anexo dados brutos.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida e Justificativa: Não apresentado.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não apresentado.

Resultados

Descrição resumida: Apenas dados brutos apresentados para a variável analisada.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não existe detalhamento, apenas dados apresentados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Os dados brutos já estão contemplados no anexo.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos impactos de ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre → Cap. 5**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton - Dulcícola

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Alessandra Delazari, Msc. Larissa Bassani

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos impactos de ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre → Cap. 5

Local e data de publicação: Rio de Janeiro, 06 de Janeiro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): COPPE

Equipe (nome e nível de experiência): Coordenador Prof. Rogério Valle COPPE/UFRJ Autores: Prof. Rogério Valle Prof. Fabiano Thompson Prof. Paulo Carneiro Prof. Cristiane Thompson Prof. Gizele Garcia Prof. Paulo Salomon Prof. Carlos Rezende Prof. Ilana Zalmon Prof. Ronaldo Francini-Fo Prof. Telton Ramos Dra. Claudia Omachi Oc. Felipe Chagas Bióloga Ana Carolina Soares Biólogo Braulio Cherene Vaz de Oliveira Biólogo Eric Mazzei Biólogo Rafael Menezes Biólogo Leonardo Lopes Costa Biólogo Thiago Pessanha Rangel Biólogo Marcelo Gomes de Almeida Biólogo Rafael Menezes Biólogo Mario Mascagni

Resumo do escopo: O relatório sintetiza os conhecimentos acerca dos padrões de biodiversidade após o rompimento da Barragem de Fundão. Traz informações em relação a metagenômica para detecção de contaminação fecal e floração de cianobactérias, análise de comunidades bentônicas, ictiofauna, ambiente coralíneos, análise de fatores climáticos ambientais e suas influências no comportamento das comunidades.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida e Justificativa: A expedição do rio Doce aconteceu entre os dias 11 a 19 de Setembro de 2016, totalizando 9 pontos amostrados entre as cidades de Mariana e o mar, sendo 5 pontos no rio Doce, 2 no estuário, 2 no mar. Os parâmetros físico químicos foram medidos em campo, através de sondas. A contagem de procariontes e eucariontes foi feita em cada ponto de coleta em 3 amostras, réplicas, na superfície da água. As amostras de 1,5mL foram preservadas com adição de glutaraldeído, estocados em nitrogênio líquido. Para contagem de eucariontes em microscópios as amostras foram também preservadas com o

mesmo fixador e armazenadas em nitrogênio e a contagem se deu por citometria de fluxo. Picocianobactérias e protistas autotróficos foram fixados para serem avaliados de acordo com a fluorescência de pigmentos naturais (clorofila e ficoeritrina).

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não descrita, apenas cita que as quantificações dos organismos e determinação da fluorescência foram realizadas através de citometria de fluxo com o aparelho C6 Accuri e SYBR Green I, respectivamente.

Resultados

Descrição resumida: A abundância de procariontes é menor no rio Doce do que no mar, em Bento Rodrigues foi observada floração de cianobactérias e alta concentração de pigmentos, que pode estar relacionada a processos de florações promovidos pela alta disponibilidade de nutrientes. A abundância de eucariontes autotróficos também foi mais alta. Sugere-se que em Bento Rodrigues, o maior aporte de nutrientes tenha causado a maior proliferação de organismos.

Justificativa: Poucos dados evidenciados.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A presente pesquisa científica permitiu identificar os possíveis impactos sobre a biodiversidade. Porém, a identificação mais precisa das causas desses impactos e do grau de resiliência dos novos recifes frente às mudanças ambientais dependem de estudos abrangentes (do gene ao sistema) e de longo termo. Não traz relação dos dados de eucariontes e procariontes para avaliação de impactos, apenas traz seus resultados ao longo do texto, no qual infere a ocorrência de florações ao aporte de nutrientes em Bento Rodrigues. Traz mais referência aos dados apresentados nas áreas costeiras e recifais.

Justificativa: Não é apresentada uma justificativa mais consistente, apenas inferência e pouca exploração dos dados apresentados.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

O relatório traz um curto período de tempo coletado, as análises são feitas por metodologias que divergem das que serão adotadas nos próximos estudos e traz mais ênfase

em relação aos dados obtidos na região costeira e recifal, faz-se pouco interessante a utilização dos dados ora apresentados.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do rio Doce – atualização de Julho de 2017**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton - Dulcícola

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Alessandra Delazari, Msc. Larissa Bassani

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos resultados de qualidade de água e sedimento do rio Doce – atualização de Julho de 2017

Local e data de publicação: Julho de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associate

Equipe (nome e nível de experiência): -

Resumo do escopo: O relatório foi elaborado para atualizar o relatório de Fevereiro de 2017, apresenta e discute os resultados de qualidade de água e sedimentos obtidos durante o monitoramento nos cursos de água afetados e não afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão, no período de 06 de Novembro de 2015 a 31 de Março de 2017. Os resultados incluem parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, além de testes de ecotoxicidade.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida e Justificativa: Como o relatório foi uma compilação de dados coletados de Novembro de 2015 a Março de 2016, por diferentes empresas, que apresentaram especificidades técnicas diferenciadas, não há detalhamento de metodologias de amostragem, apenas das estações de amostragem, acreditando que os relatórios específicos enviados pela empresa apresentem esse detalhamento. O fitoplâncton foi avaliado apenas no T4 entre 01/out/2016 a 30/set/2016. Enquanto a densidade de cianobactérias foi realizada nos 4 períodos analisados, T1 a T4.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não houve detalhamento, idem item anterior.

Resultados

Descrição resumida: Dentre os 42 parâmetros analisados o resultado da densidade de cianobactérias apresentou conformidade com o padrão de qualidade aplicável em todos as

amostras coletadas ao longo de todo o período de monitoramento, as cianobactérias foram agrupadas no Grupo 1, que contempla parâmetros que não apresentaram evidências de alteração com a chegada da pluma de rejeitos, estando com os limites iguais ou inferiores aos preconizados pelos CONAMA 357/2000. Assim como, as microscistinas, toxinas decorrentes da ocorrência de cianobactérias, foram identificadas como abaixo do LQ ao longo de toda a amostragem. Considerado pelos próprios autores como com dados insuficientes e dessa forma sendo incluídas também num Grupo 4, por eles delimitado, por ou ter sido monitorado por um intervalo de tempo muito curto, que não permitisse conclusões significativas, ou por ser analisado por um método que apresenta limite de quantificação muito elevado.

Justificativa: Os próprios autores alegam insuficiência no número de dados por amostragem considerada pequena.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida e justificativa: Em relação ao parâmetro densidade de cianobactérias é ressaltado uma variação com tendência a redução, que não pode ser confirmada pela pouca disponibilidade de dados apresentados, segundo os autores. Logo, não consegue fazer nenhuma inferência consistente em relação a densidade de cianobactérias e os impactos encontrados nos ecossistemas avaliados. Em relação aos dados quantitativos de fitoplâncton, é informado que ocorreu amostragem no T4, que compreende o período de Outubro de 2016 a Março de 2017, porém os dados brutos não se fizeram presentes no relatório.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Os dados brutos de densidade de cianobactérias são apresentados no próprio anexo do relatório não trazendo uma informação ou planilha que contenha a lista de organismos ou grupos taxonômicos evidenciados, porém da forma que é apresentado já oferece um pequeno parâmetro de comparação para as próximas análises. Os dados quantitativos do fitoplâncton que não foram apresentados compilados nos anexos e nem no relatório apresentado.

APÊNDICE D - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Hidroquímica dulcícola.

- **RELATÓRIO: Plano de Recuperação Ambiental - RT-002 159-515-2282 01-J**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Plano de Recuperação Ambiental - RT-002_159-515-2282_01-J

Local e data de publicação: Belo Horizonte, MG, Fevereiro, 2016

Órgão/Empresa executor (a): Golder Associates

Equipe (nome e nível de experiência): Antonio Henrique Araujo Freitas (Engenheiro Químico)

Resumo do escopo:

Este relatório apresenta uma identificação inicial dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem de Fundão, que serviu para orientar ações iniciais relacionadas ao controle e mitigação desses impactos, bem como para subsidiar a definição de levantamentos complementares de informações que são necessárias para a especificação e detalhamento das demais ações de recuperação. Apresenta um programa para levantamento e avaliação dos impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão, visando obter um nível de conhecimento suficiente sobre esses impactos para a definição das ações de recuperação ambiental. Para fins de referência dessa identificação inicial de impactos, os aproximadamente 640 km de comprimento de cursos d'água, a partir da barragem Santarém até a foz do Rio Doce, foram divididos em 3 zonas, baseadas nas mudanças das características desses cursos d'água e diferenças nos tipos de impactos esperados; a Zona B compreende o trecho entre a barragem de Candonga e a foz do Rio Doce sendo que, no Espírito Santo, os pontos amostrais estão localizados nos municípios de Baixo Guandu, Colatina e Linhares.

Os parâmetros medidos e analisados (inerentes ao Anexo 3 – Dulcícola) incluem turbidez, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, pH, oxigênio dissolvido e nutrientes (i.e. nitratos, nitritos, amônia e fósforo total). Os parâmetros analisados para o sedimento foram os metais em fração total.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: não é apresentada. Não são apresentadas as coordenadas geográficas dos pontos amostrais.

Justificativa: Não possibilidade de avaliação

Metodologia Análise

Descrição resumida: não apresentada

Justificativa: Não possibilidade de avaliação

Resultados

Descrição resumida:

Pelos resultados apresentados, o rompimento da barragem de Fundão resultou em alterações em alguns parâmetros de qualidade de água. A partir da magnitude das alterações, os parâmetros foram classificados de três formas:

Parâmetros com alterações ainda verificadas (até 25/01/2015 para turbidez e até 23/12/2015 para os demais parâmetros): Turbidez, Sólidos em suspensão e Fósforo total.

São apresentados gráficos com as variações temporais dos parâmetros, comparando antes e após a passagem da pluma de rejeitos.

Após a passagem da pluma os valores ficaram acima da resolução CONAMA 357/2005 para turbidez. Para a concentração de sólidos totais em suspensão houve um aumento após a passagem da pluma de rejeito, mas não é apresentada a linha comparativa para a CONAMA 357/2005. Para fósforo total também houve um aumento nas concentrações acima da CONAMA 357/2005. Foram apresentados gráficos com a concentração de oxigênio dissolvido, que permaneceram acima da linha da resolução CONAMA para a maioria dos pontos amostrais, mas, em Baixo Guandu, dentro do intervalo de concentração observado antes do rompimento da barragem.

Os valores ou concentrações dos parâmetros apresentados permaneceram elevados até o término do registro dos dados analisados neste documento, o que justificou a sua manutenção como parâmetros de interesse. As concentrações elevadas de todos os parâmetros listados acima estão provavelmente relacionadas com as altas concentrações de sólidos em suspensão, que ainda estão sendo liberadas pela barragem de Fundão.

Parâmetros com aumento de curta duração

De maneira geral, o efeito na concentração de amônia foi de aumento das concentrações por uma curta duração, tendendo a retornar para condições abaixo dos padrões de qualidade da água e/ou abaixo das condições anteriormente verificadas no prazo de 5 a 15 dias após o rompimento da barragem de Fundão. Uma vez que as vazões diminuíram, a fonte predominante destes parâmetros não estava mais presente em altas concentrações, permitindo que suas concentrações no ambiente receptor retornassem às condições anteriores ao rompimento e/ou reduzissem a valores abaixo dos padrões de qualidade da água.

A maior parte dos valores de amônia ficou abaixo da linha da Resolução CONAMA e dentro do intervalo de concentração observado antes do rompimento da barragem.

Alterações insignificantes

Para outros parâmetros temperatura, pH, nitrato e nitrito, não foram observadas alterações ou caso identificadas, foram insignificantes. As concentrações ou valores após o rompimento da barragem de Fundão estavam dentro da faixa de valores históricos destes parâmetros e, em geral, permaneceram abaixo, ou dentro da faixa dos padrões de qualidade da água.

Justificativa: Os resultados, apresentados em gráficos, mostram as alterações que ocorreram nos parâmetros, após a passagem da pluma de rejeito, ficando caracterizado o impacto da passagem da pluma sobre a qualidade hidroquímica do rio Doce.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

O relatório não apresenta os métodos de coleta e os métodos de análises usados para a obtenção dos resultados apresentados. O relatório também não apresenta os dados brutos obtidos, mas somente os gráficos elaborados a partir desses dados. Esses gráficos representam as alterações nos parâmetros de longa duração e relacionam essas alterações com as altas concentrações de sólidos em suspensão, um parâmetro que provavelmente reflete a passagem da pluma de rejeito. Apresenta também os parâmetros que apresentaram alterações de curta duração, relacionados com a vazão, que também foi alterada com a passagem da pluma de rejeito, mas que, após a passagem, voltou às condições anteriores.

Justificativa: O relatório apresenta parâmetros que sofreram alterações relacionadas com a passagem da pluma de rejeito. Sendo assim, apontam para mudanças ocorridas no rio Doce após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Turbidez, Sólidos em suspensão, Fósforo total, Amônia e oxigênio dissolvido.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Julho de 2017 (RT-046 159-515-2282_00-B).**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Julho de 2017 (RT-046_159-515-2282_00-B).

Local e data de publicação: Belo Horizonte, Junho/2018

Órgão/Empresa executor (a): Fundação RENOVA / Golder Associates

Equipe (nome e nível de experiência): Não consta

Resumo do escopo: Relatório elaborado para atualizar o relatório técnico “Avaliação dos Resultados de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce – Atualização de Fevereiro de 2017 (Golder, 2017a). Apresenta e discute os resultados de qualidade de água e sedimento obtidos durante o monitoramento realizado nos cursos de água afetados e não afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão, de 06 de Novembro de 2015 a 31 de Março de 2017. São apresentados os resultados para os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, obtidos nos testes de ecotoxicidade. Nesse relatório, a área de estudo foi ampliada para incluir também os principais afluentes do rio Doce e as lagoas marginais localizadas em Linhares (ES).

Os objetivos gerais do relatório foram: 1) identificar os impactos causados pelo rompimento da barragem sobre a qualidade de água e sedimentos ao longo da bacia do rio Doce; 2) verificar se as ações de manejo dos rejeitos e recuperação do rio Doce estão resultando em melhorias na qualidade de água e sedimentos ao longo da bacia do Rio Doce.

Os principais resultados apresentados são:

Variações temporais e espaciais de parâmetros físicos e químicos na água e no sedimento, variações espaciais – seguimentos ao longo do rio Doce – e variações temporais (passagem da pluma de rejeito e períodos de chuva e seca).

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Para este relatório foram compilados e avaliados os resultados obtidos em pontos amostrais localizados ao longo de toda a extensão do rio Doce, em seus principais afluentes e nas lagoas marginais de Linhares (ES). Lagoas: Nova, Areal e Monsarás; Rio Doce: Segmento 4 (S4) – trecho compreendido entre a UHE Mascarenhas e a foz do rio Doce.

O período do monitoramento foi dividido em quatro períodos: T1 (06/11 a 31/12/2015), correspondente ao pico de vazão decorrente da passagem da onda de rejeito e fase inicial da estação chuvosa 15/16; T2 (01/01 a 31/03/2016), restante da estação chuvosa 15/16; T3 (01/04 a 30/09/2016), seca de 2016; T4 (01/12/2016 a 31/03/2017), estação chuvosa de 16/17.

Não são apresentadas as metodologias de medições *in situ* e coleta para os parâmetros contidos neste relatório.

Justificativa: A rede amostral e a frequência amostral são adequadas para responder aos objetivos propostos. No entanto, não são apresentadas as metodologias de medições em campo para os parâmetros contidos no relatório.

Localização dos pontos amostrais e coordenadas geográficas do segmento 4 – Trecho entre a UHE Aimorés e a foz do rio Doce (Obs.: o *datum* das coordenadas geográficas apresentadas é SIRGAS2000; Fuso 24k).

PONTO	CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	
BAIXO GUANDU (CENTRO – PONTE)	RDC-06	289454	7841777
BAIXO GUANDU (CENTRO – MARGEM DIREITA)	RDC-07	289398	7841641
BAIXO GUANDU (CENTRO – MARGEM ESQUERDA)	RDC-08	289489	7841876
BAIXO GUANDU (JUSANTE – ANTERIOR)	RDC-10	294907	7842606
BAIXO GUANDU (JUSANTE)	RDC-11	289480	7841622
BAIXO GUANDU (JUSANTE – CENTRO)	RDC-12	290383	7841788
BAIXO GUANDU (JUSANTE – MARGEM DIREITA)	RDC-13	290366	7841633
BAIXO GUANDU (JUSANTE – MARGEM ESQUERDA)	RDC-14	290420	7841925

BAIXO GUANDU (MONTANTE – ANTERIOR)	RDC-15	287248	7842565
BAIXO GUANDU (MONTANTE)	RDC-16	288403	7841863
BAIXO GUANDU (MONTANTE – CENTRO)	RDC-17	287286	7842541
BAIXO GUANDU (MONTANTE – MARGEM DIREITA)	RDC-18	287267	7842515
BAIXO GUANDU (MONTANTE – MARGEM ESQUERDA)	RDC -19	287311	7842569
BAIXO GUANDU (PONTE)	RDC-20	288639	7841912
COLATINA (CENTRO - CENTRO)	RDC-27	328856	7839611
COLATINA (CENTRO – MARGEM DIREITA)	RDC-28	328944	7839473
COLATINA (CENTRO – MARGEM ESQUERDA)	RDC-29	328787	7839761
COLATINA (JUSANTE - ANTERIOR)	RDC-30	331796	7841471
COLATINA (JUSANTE)	RDC-31	335545	7842030
COLATINA (JUSANTE – MARGEM DIREITA)	RDC-33	332002	7841140,76
COLATINA (JUSANTE – MARGEM ESQUERDA)	RDC-34	331999	7841375
COLATINA (MONTANTE – ANTERIOR)	RDC-35	324425	7839135
COLATINA (MONTANTE)	RDC-36	320578	7839551
COLATINA (MONTANTE – CENTRO)	RDC-37	322622	7838674
COLATINA (MONTANTE – MARGEM DIREITA)	RDC-38	322603	7838476
COLATINA (MONTANTE – MARGEM ESQUERDA)	RDC-39	322618	7838887
COLATINA (PONTE)	RDC-40	331786	7841376
COLATINA (MONTANTE - GORCEIX)	ES-49	341731,53	7841801,26
ES-248 (ENTRE LINHARES E COLATINA – GORCEIX)	ES-50	369783,65	7845951,44
ITAPINA (PONTE)	RDC-57	309626	7839453
ITAPINA (JUSTANTE – GORCEIX)	ES-48	311793,65	7839789,55
LINHARES (CENTRO - CENTRO)	RDC-59	388278	7853395
LINHARES (CENTRO – MARGEM	RDC-60	388237	7853248

DIREITA)			
LINHARES (CENTRO – MARGEM ESQUERDA)	RDC-61	388319	7853522
LINHARES (JUSANTE - ANTERIOR)	RDC-63	390450	7853541
LINHARES (JUSANTE)	RDC-64	388125	7853147
LINHARES (JUSANTE – CENTRO)	RDC-65	414273	7827433
LINHARES (JUSANTE – MARGUEM DIREITA)	RDC-66	414080	7827247
LINHARES (JUSANTE – MARGUEM ESQUERDA)	RDC-67	414470	7827550
LINHARES (MONTANTE – ANTERIOR)	RDC-68	388045	7853169
LINHARES (MONTANTE)	RDC-69	387912	7853840
LINHARES (MONTANTE – CENTRO)	RDC-70	371491	7845784
LINHARES (MONTANTE – MARGEM DIREITA)	RDC-71	371540	7845592
LINHARES (MONTANTE – MARGEM ESQUERDA)	RDC-72	371421	7845986
LINHARES (PONTE)	RDC-73	388048	7853216
LINHARES (MONTANTE – GORCEIX)	ES-51	387121,75	7853616,22
LINHARES (JUSANTE - GORCEIX)	ES-52	400007,11	7851679,01
REGÊNCIA (BOCA DA BARRA)	RDC-74	414361	7826485
REGÊNCIA (MONTANTE)	RDC-75	413660	7827868
LAGOA NOVA (N1)	RDC-84	378738	7852585
LAGOA NOVA (N2)	RDC-85	377312	7855922
LAGOA NOVA (N3)	RDC-86	379171	7855205
LAGOA DO MONSARÁS (M1)	RDC-87	415914	7837148
LAGOA DO MONSARÁS (M2)	RDC-88	419208	7837642
BAIXO GUANDU (MONTANTE – IN SITU)	RDC-103	288403	7841863
COLATINA (MONTANTE – IN SITU)	RDC-104	320578	7839551
LINHARES (MONTANTE – IN SITU)	RDC-105	387912	7853840
LAGOA DO AREAL (A1)	RDC-109	413410	7834192
POVOAÇÃO (GORCEIX)	ES-53	416647,90	7834708,80

Metodologia Análise

Descrição resumida:

Foram feitas análises de não conformidade com os padrões de qualidade da água e sedimento, a partir das Resoluções CONAMA 357/2005 (para classe 2) e 454/2012, respectivamente. Foram selecionados os parâmetros de relevância, para água e sedimentos, em quatro grupos: 1) sem evidência de alteração; 2) com alteração de curto prazo; 3) com alteração persistente ou recorrente e; 4) com dados limitados. Foram feitas análise espaciais e temporais dos parâmetros de relevância.

Não são apresentadas as metodologias analíticas para os parâmetros contidos no relatório.

Justificativa: Uma vez que não são apresentadas as metodologias analíticas para os parâmetros contidos no relatório, fica comprometida a validação da metodologia analítica.

Resultados

Descrição resumida:

Qualidade da água: Considerando todo o período de monitoramento, nenhum parâmetro apresentou conformidade com o padrão de qualidade. Considerando os períodos amostrais (T1 a T4), é registrado uma redução no número de parâmetros fora da conformidade do período T1 (38 parâmetros) para o T4 (21 parâmetros).

Com relação à variação espacial e temporal, para os parâmetros sem evidência de alteração (considerando os períodos T1 e T2, logo após a chegada da pluma de rejeitos) nenhum parâmetro foi registrado. Para os parâmetros com alteração de curto prazo (parâmetros como alterações de curto prazo e magnitudes variadas, logo após a passagem da pluma de rejeitos (T1) e/ou durante o pulso de inundação do período de chuvas de 2015/2016 (T2)), enquadram-se os parâmetros: alcalinidade total, clorofila-a, condutividade elétrica, nitrato, nitrogênio amoniacal e pH. Para os parâmetros com alteração persistente ou recorrente (com evidência de alterações logo após a chegada da pluma de rejeitos (T1 e/ou T2), com persistência ou que voltaram a ocorrer em T3 e/ou T4), enquadram-se os parâmetros fósforo total, nitrito, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais em suspensão e turbidez. Com relação aos parâmetros com dados limitados (parâmetros com período de monitoramento limitado e/ou limite de quantificação muito elevado durante um período estratégico de monitoramento) não foram registrados parâmetros que se enquadram nesse grupo.

Com relação à variação espacial e temporal dos parâmetros de relevância, os

resultados mostram que o rompimento da barragem afetou a qualidade da água de maneira mais intensa em áreas mais próximas à barragem de Fundão (S1 e S2) e no período imediato após a chegada da pluma de rejeito no mar (T1 e T2). A turbidez foi um dos parâmetros selecionados para testar a significância desses resultados, sendo que maiores valores foram registrados no período T1, logo após a passagem da pluma de rejeito, reduzindo em direção a T3 e, com relação aos segmentos, nos segmentos S1 e S2, reduzindo em direção a S4.

Com relação à influência da vazão na turbidez, análises de regressão indicam uma relação direta entre a vazão e a turbidez no seguimento S4, nos períodos T2 e T4. Nos demais períodos, apesar das relações serem positivas, as mesmas são fracas, principalmente em T1, provavelmente refletindo a passagem da pluma de rejeitos.

Com relação à análise de não conformidade para as lagoas marginais, foram registrados baixos percentuais de não conformidade com a Resolução CONAMA 357/05. No entanto, para fósforo total e turbidez foram registrados maiores percentuais de não conformidade para a lagoa Areal. Para a lagoa Monsarás, o oxigênio dissolvido apresenta 31% de amostras em não conformidade. Na avaliação espacial e temporal, considerando os grupos de parâmetros, entre os parâmetros sem evidência de alteração se enquadram a condutividade elétrica, potencial redox, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais. Entre os parâmetros sem evidências de alterações (mas com não conformidades pontuais) se enquadram os parâmetros fósforo total, nitrato, nitrito, pH e sólidos suspensos totais. Entre os parâmetros com evidência de alterações se enquadram os parâmetros nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido e turbidez.

Com relação ao afluente rio Guandu, de uma forma geral, os valores observados estão dentro da faixa de variação descrita para a qualidade de água em conduções pré-evento para os afluentes do rio Doce.

Com relação à Análise de Não Conformidade para os Padrões de Qualidade de Sedimento, são apresentados em tabelas anexas os resultados completos, incluindo o número de amostras, número de resultados quantificados, número de resultados em não conformidade com a legislação aplicável. Com relação à variação espacial e temporal, para os parâmetros sem evidência de alterações, se enquadra apenas o pH. Para os parâmetros com alteração de curto prazo, nenhum parâmetro foi enquadrado. Para os parâmetros com potenciais alterações de longo prazo, apenas fósforo total se enquadrou. Para os parâmetros com dados limitados, se enquadraram o potencial de redox.

Com relação à variação espacial e temporal dos parâmetros de relevância para o sedimento, as análises estatísticas ACP colocou o silte e o fósforo total em um mesmo agrupamento, para silte maiores concentrações foram registradas no seguimento S2 e menores no seguimento S4; já com relação à variação temporal, maiores concentrações

foram registrados nos tempos T1, quando da passagem da pluma de rejeitos e no T4 (período de chuvas 2016/2017). Já para argila, agrupada separadamente de silte, as maiores concentrações foram registradas nos seguimentos S2 e S3 e nos tempos T1 e T2.

Com relação ao sedimento nas lagoas marginais, considerando a avaliação temporal e espacial, para os parâmetros com potenciais alterações ao longo do tempo, apenas o Fósforo total apresenta esse potencial.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório, através de análises descritivas, gráficas e estatísticas, demonstra as variações ocorridas em parâmetros físicos e químicos na água e no sedimento, do ponto de vista espacial e temporal, que refletem a passagem da pluma de rejeitos, assim como a persistência e/ou recorrência dos efeitos na água e no sedimento do rio Doce, lagoas marginais e tributários.

Justificativa: Sim. O relatório apresenta gráficos e análises estatísticas com os parâmetros que apresentaram alterações com a passagem da pluma de rejeitos. Com isso, tenta demonstrar quais as principais alterações ocorridas no ambiente, após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não

- **RELATÓRIO: Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana, nove meses após o desastre - COPPE 20275 Relatorio Final Vale.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana, nove meses após o desastre - COPPE_20275_Relatorio_Final_Vale.

Cap. 5: Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente – BIODIVERSIDADE

Cap. 6: Qualidade da Água Superficial – Caracterização

Local e data de publicação: Rio de Janeiro/RJ, Janeiro/2017

Órgão/Empresa executor (a): COPPE/UFRJ

Equipe (nome e nível de experiência):

Cap 5: Profs. Rogério Valle (Coordenador), Fabiano Thompson, Paulo Carneiro, Cristiane Thompson, Gizele Garcia, Paulo Salomon, Carlos Rezende, Ilana Zalmon, Ronaldo Francini-Fo, Telton Ramos; Dra. Claudia Omachi; Oceanógrafo Felipe Chagas; Biólogos (as) Ana Carolina Soares, Braulio Cherene Vaz de Oliveira, Eric Mazzei, Rafael Menezes, Leonardo Lopes Costa, Thiago Pessanha Rangel, Marcelo Gomes de Almeida, Rafael Menezes, Mario Mascagni.

Obs. Não são apresentadas as formações dos pesquisadores que compõem a equipe técnica.

Cap. 6: Profs. Cristiano Borges (Coordenador), Claudio Habert, Frederico Kronemberger, Fabiana Valéria da Fonseca, Juacyara Carbonelli Campos, João Paulo Bassin, Isabelli do Nascimento Dias; D.Sc. Sarah Dario; M.Sc. Aline Marques Ferreira, M.Sc. Everton Grippa, M.Sc. Omayra Ferreira, M.Sc. Alyne Moraes, M.Sc. Larissa Loureiro Salgueiro Silva; Roberto Bastos, Rosana Mello Forte da Silva, Leandro Matosinhos, Victor Maia Fernandes, Kleby Soares do Nascimento, Pedro Henrique Rossi de Queiroz do Cabo.

Obs. Não são apresentadas as formações dos pesquisadores que compõem a equipe técnica.

Resumo do escopo:

Cap. 5: Esse relatório sintetiza uma avaliação preliminar dos possíveis impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem do Fundão, no município de Mariana-MG. Foram realizadas análises visando à obtenção de informações sobre a biodiversidade, presença de poluentes, bioindicadores e possíveis agentes infecciosos humanos ao longo do Rio Doce, valendo-se de dados primários (levantados no campo) e secundários (estudos e pareceres anteriores e posteriores ao desastre). Entre os objetivos propostos, os de interesse do Anexo 3 – dulcícola/hidroquímica, está a análise biogeoquímica da água.

Cap. 6: Esse relatório apresenta os resultados do programa de monitoramento de curta duração dos Rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce no sentido de caracterizar o atual estado da qualidade das águas, obedecendo aos mesmos pontos de amostragem que perfazem o Programa de Monitoramento Especial do Rio Doce, em condução pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM-MG) e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA-ES). Para a avaliação da contaminação de ambientes aquáticos, foram analisados diversos parâmetros físico-químicos.

Os principais resultados apresentados são:

Cap. 5. Tabela com os valores pontuais de pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e material particulado em suspensão.

Cap. 6. Tabela com os valores pontuais de temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. Descrição das variações desses parâmetros ao longo dos pontos amostrais e nos três períodos de coleta, Apresentação de gráficos com as variações espacial e temporal, assim como descrição dos parâmetros fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, turbidez, sólidos totais em suspensão e alcalinidade total.

AValiação DO CONTEÚDO**Metodologia Coleta****Cap. 5.**

Descrição resumida: Foram determinados três pontos amostrais, um em Linhares e dois em Regência. Pelos parâmetros apresentados, foram feitas medições in situ através de sondas e amostras de água coletadas para posterior análise em laboratório, mas isso não é descrito no relatório.

Justificativa: Para os pontos amostrais selecionados e os parâmetros elencados a

metodologia de coleta proposta é suficiente.

Localização dos pontos amostrais e coordenadas geográficas

PONTO	LOCALIZAÇÃO	
	LATITUDE	LONGITUDE
LINHARES	19°24'24"	40°04'04"
REGÊNCIA (ESTUÁRIO 1)	19°38'48"	39°49'21"
REGÊNCIA (ESTUÁRIO 2)	19°38'48"	39°49'21"

Cap. 6.

Descrição resumida: As amostras foram coletadas a partir da identificação de possíveis pontos de contaminação que podem afetar diretamente a captação e o tratamento de água. As amostras coletadas foram fracionadas e refrigeradas para posterior análise. Todas as amostragens foram feitas de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

Justificativa: Os métodos de coleta seguem os padrões estabelecidos para as coletas.

Localização dos pontos amostrais e coordenadas geográficas

LOCALIZAÇÃO	PONTO AMOSTRAL	LOCALIZAÇÃO	
		LATITUDE	LONGITUDE
BAIXO GUANDU	14	9°30'23" S	41°00'51" W
ITAPINA (COLATINA)	15	19°31'48" S	40°48'51" W
COLATINA	16	19°31'53" S	40°37'52" W
LINHARES	17	19°24'37" S	40°03'55" W
REGÊNCIA (ESTUÁRIO 1)	18	19°39'12" S	39°48'57" W

Metodologia Análise

Cap. 5.

Descrição resumida: Não foram apresentados os métodos para determinação de material particulado em suspensão, feito em laboratório.

Justificativa: Seria necessário um detalhamento dos métodos utilizados.

Cap. 6.

Foram descritas as medições em campo e as análises feitas em laboratório, com as respectivas referências. Todas as metodologias são baseadas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Só não apresenta a metodologia para sólidos totais em suspensão.

Justificativa: As metodologias foram parcialmente descritas e referenciadas.

Resultados

Cap. 5.

Descrição resumida: É apresentada uma tabela com os resultados, mas não há uma descrição e análise desses resultados. Na tabela consta os resultados pontuais para o pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez e material particulado em suspensão. Não é feita nenhuma discussão sobre os resultados apresentados

Cap. 6.

Descrição resumida: Os resultados mostram que não há grande variação na temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido nas amostras coletadas ao longo dos 18 pontos de coleta no Rio Doce e afluentes. Há apenas variação de condutividade no ponto localizado próximo a sua foz (Regência), devido a influência da maré e penetração da cunha salina. Os valores observados para pH e oxigênio dissolvido, em todos os pontos de coleta, encontram-se adequados para águas doces de classe 2, como estabelecido na resolução CONAMA 357/05.

Os parâmetros turbidez e sólidos totais em suspensão ficaram abaixo do limite definido pela Resolução CONAMA 357/05, para águas classe 2.

Para o fósforo, somente nos pontos 14 (Baixo Guandu; amostra bruta) e 18, no estuário, em Regência (amostras concentradas), as concentrações ficaram acima da Resolução CONAMA 357/05. Para todas as amostras a, concentração de nitrito ficou abaixo do limite da resolução CONAMA 357 para água doce de padrão classe 2. No caso do nitrato as amostras brutas também ficaram abaixo do limite da resolução CONAMA 357, mas as amostras concentradas apresentaram, na maior parte dos pontos de coleta, valores superiores a este limite (Por que a divisão entre amostras brutas e concentradas por osmose inversa?). Todas as amostras brutas apresentaram concentração de nitrogênio amoniacal abaixo do limite estabelecido pela resolução e apenas as amostras concentradas dos pontos 12, 16 e 18 apresentaram teores mais elevados que estes limites.

Um gráfico com a variação temporal e espacial da alcalinidade é apresentado, mas

sem conexão com o rompimento da barragem.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Cap. 5.

Descrição resumida: Não são feitas considerações aprofundadas sobre as respostas ao impacto. Somente é apresentada uma tabela com os parâmetros, não é feita nenhuma discussão sobre as possíveis relações entre esses parâmetros e o impacto.

Justificativa: O relatório deveria apontar relações entre os parâmetros, como condutividade elétrica, turbidez, material particulado em suspensão, com o impacto causado pelo rompimento da barragem.

Cap. 6.

Descrição resumida: Todas as análises são feitas baseadas em comparações com a resolução CONAMA 357/05, mas não fazem relação com o rompimento da barragem.

Justificativa: O relatório faz uma relação entre os valores obtidos para os parâmetros com os definidos pela Resolução CONAMA 357/05, mas não com possíveis alterações causadas pelo rompimento da barragem.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não.

- **RELATÓRIO: Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS: Relatório Parcial (3474-01-MQA-RL-0001-00)**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PMQQS: Relatório Parcial (3474-01-MQA-RL-0001-00)

Local e data de publicação: Junho/2018 – Sem Local

Órgão/Empresa executor (a): Fundação RENOVA / Ecology Brasil

Equipe (nome e nível de experiência): A equipe possui um perfil multidisciplinar, com profissionais das áreas de Biologia e Oceanografia, a maioria com mestrado e/ou doutorado, com expertise em diferentes áreas, expertises essas que atendem às expectativas do relatório.

Resumo do escopo: O Relatório (parcial) apresenta os resultados de monitoramento do período de amostragem de Agosto/2017 a Janeiro/2018, em 29 pontos de amostragem distribuídos na bacia do rio Doce, sendo 06 no rio Doce, na porção capixaba, contemplando resultados obtidos para 15 variáveis limnológicas do Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimento (PMQQS) da Fundação Renova. Tem como objetivo “apresentar os resultados parciais do PMQQS para os rios Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce, referente ao período de monitoramento compreendido entre Agosto de 2017 a Janeiro de 2018, disponibilizando mais agilmente informações a respeito da qualidade da água na bacia do rio Doce, após o rompimento da barragem de Fundão.

Entre os objetivos específicos, que foram analisados neste parecer, estão: 1) Identificar as alterações limnológicas em pontos localizados no rio Doce, porção Capixaba, após o rompimento da barragem; 2) Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas para o rio Doce, porção Capixaba; 3) Apresentar dados históricos da bacia do rio Doce, porção Capixaba, quando disponíveis (não disponibilizados) e; 4) Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água em relação aos limites dos parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA

357/2005 e Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008, para águas doces classe 2.

O relatório apresenta a evolução dos parâmetros turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão e oxigênio dissolvido no rio Doce, entre Agosto de 2017 e Janeiro de 2018, tendo como referência a Resolução CONAMA 357/05, assim como os limites estabelecidos pelo IGAM/MG, não sendo apresentadas referências para o ES.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Medições e amostragens feitas por laboratório qualificado e acreditado nos termos da ABNT NBR-ISO/IEC 17025/2015 junto ao INMETRO (Acreditação nº CRL 0222 e CRL 0241). Os equipamentos foram calibrados por empresas que possuem reconhecimento de competência por meio de acreditação ou homologação (Rede Brasileira de Calibração – RBC ou Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio – RBLE), conforme disposto na Deliberação Normativa COPAM nº 167, de 29 de Junho de 2011. É feita uma descrição de como foram feitas as medições, amostragens e filtrações em campo.

Localização dos pontos e coordenadas geográficas:

PONTO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	ESTAÇÃO AGERH COINCIDENTES	COORDENADAS UTM (ZONA 23K) DATUM SIRGAS2000	
				LESTE	NORTE
B. GUANDU	RDO 11	PONTE RIO DOCE	RDC1C005	288650,08	7841937,06
COLATINA	RDO 12	IFES DE ITAPINA	RDC1E010	315429,22	7842979,94
COLATINA	RDO 13	PONTE NO CENTRO	RDC1D020	328395,12	7839121,87
COLATINA	RDO 14	JUSANTE COLATINA	-	336836,94	7841931,34
LINHARES	RDO 15	PONTE RIO DOCE	RDC1C025	388224,85	7853704,3
LINHARES	RDO 16	PORTO REGÊNCIA	RDC1E030	413701,23	7827444,4

Os procedimentos técnicos de amostragem e preservação das amostras de água estão de acordo com as seguintes normas: 1) Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR-9898/1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores; 2) Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas da Agência Nacional das Águas – ANA e CETESB (2012); e 3) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, APHA (2012).

As medições de campo foram obtidas nos mesmos pontos de coleta das amostras, a 0,30 m abaixo da superfície da água. Os parâmetros oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez foram obtidos *in situ*, enquanto os outros parâmetros, como sólidos suspensos foram coletados e enviados para análise em laboratório.

Justificativa: A rede amostral e os métodos de coleta são adequados para responder aos objetivos propostos uma vez que contempla, dentro da porção capixaba, pontos amostrais distribuídos ao longo do rio Doce, sendo que alguns desses pontos já eram monitorados pela AGERH.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Nesta seção são apresentados os parâmetros do PMQQS que foram selecionados para o Relatório Parcial com seus respectivos métodos e limites de quantificação (LQ). Foram avaliadas, referentes ao Anexo 3 (Dulcícola - hidroquímica), três variáveis físicas: 1) Turbidez (UNT) – Método SMEWW 2130 B; 2) Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) – Método SMEWW 2510 B e; 3) Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}), Limite de quantificação de 10 mg.L^{-1} – Método SMEWW 2540 D; e uma química: Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) – Método SMEWW 4500-OG.

Justificativa: As referências apresentadas são de metodologias amplamente usadas e referenciadas (American Public Health Association (APHA). 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.).

Resultados

Descrição resumida:

Com relação à turbidez os resultados mostraram: 1) valores acima do limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (100 UNT), entre os meses de Novembro/2017 a Janeiro/2018; 2) valores acima das médias históricas do IGAM (registrados para a porção mineira), especialmente nos meses de maior pluviosidade e; 3) aumento da turbidez de Novembro para Dezembro, com redução dos valores no mês de Janeiro, sendo um padrão semelhante ao observado para os rios Gualaxo do Norte e do Carmo. Essas alterações na turbidez durante o período chuvoso podem indicar uma maior erosão das margens, com lavagem do solo e carreamento de sedimentos e rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão acumulados nas margens, para dentro da calha dos rios.

Com relação à condutividade elétrica resultados mostraram: 1) os valores variaram de 45 a $1800 \mu\text{S.cm}^{-1}$, sendo que valores acima $800 \mu\text{S.cm}^{-1}$ só foram observados para o ponto RDO16 (em Regência – Linhares/ES), o que é explicado pelo fato do mesmo estar inserido

na foz do rio Doce, recebendo influência direta da maré, com a entrada de água salina do oceano Atlântico; 2) redução da condutividade no período de chuva, em uma relação inversa com a turbidez e; 3) valores acima da média histórica da base de dados do IGAM e da AGERH na maioria dos meses amostrados.

Com relação à concentração de sólidos suspensos totais, um parâmetro de interesse do PMQQS por estar associado à avaliação dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão, os resultados mostram concentrações acima dos limites preconizados pela Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG nº 01/2008 (100 mg.L^{-1}) nos pontos amostrais do rio Doce, resultados semelhantes aos do rio Gualaxo do Norte, onde maiores concentrações foram registradas entre Novembro/2017 a Janeiro/2018, período de maior pluviosidade que ocasiona o carreamento da lama de rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão que ainda estão depositados nas margens e leito dos rios atingidos. Os resultados de sólidos suspensos estão de acordo com os maiores valores de turbidez observados para os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, quando geralmente ocorre uma maior precipitação e um maior carreamento de sólidos do ambiente terrestre para dentro do rio.

Com relação à concentração de oxigênio dissolvido, os resultados mostraram: 1) valores variando de 4,45 a $8,56 \text{ mg.L}^{-1}$; considerando todas as campanhas, a maioria dos pontos de amostragem apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido acima limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2 (5 mg.L^{-1}) e; 2) os pontos apresentaram valores inferiores à média histórica na maioria dos meses amostrados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório apresenta três parâmetros (turbidez, sólidos suspensos totais e condutividade elétrica) que, segundo os autores, refletem a presença de dejetos oriundos do barramento, dejetos esses que ficaram retidos nas margens do rio e que, com as chuvas, foram novamente carreados para o curso do rio. Usam também a concentração de oxigênio dissolvido como um indicador de perda da qualidade da água. Além disso, usam como referências os valores mínimos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e os valores máximos históricos, apresentando pelo IGAM. Os gráficos apresentados representam as variações ocorridas nos valores desses parâmetros em resposta à variação pluviométrica (período de chuva) e, indiretamente, à variação hidrológica do rio Doce, com consequente variação nos valores dos parâmetros e apresentam, no texto, como provável causa das variações o carreamento do rejeito depositado nas margens do rio.

Justificativa: Sim. O relatório apresenta gráficos com os parâmetros que

apresentaram variações nos valores, acima dos índices de referência, em decorrência da entrada do rejeito depositado nas margens do rio. Com isso, tenta demonstrar quais as alterações recorrentes no ambiente, como consequência do rompimento da barragem de Fundão.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Turbidez, sólidos em suspensão totais, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido.

- **RELATÓRIO: Qualidade da água, qualidade do sedimento, e resultados dos testes de ecotoxicologia no rio Doce, referente aos dados reportados até 18, Janeiro, 2016 - MT-017 159-515-2282_00-B**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Qualidade da água, qualidade do sedimento, e resultados dos testes de ecotoxicologia no rio Doce, referente aos dados reportados até 18, Janeiro, 2016 - MT-017_159-515-2282_00-B

Local e data de publicação: Belo Horizonte – MG, 2 de Março de 2016

Órgão/Empresa executor (a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Equipe (nome e nível de experiência): Foram apresentados dois signatários do Relatório: Kara E. Warner, Ph.D. (Senior Project Environmental Scientist); J.P. Bechtold, M.A.Sc., P. Biol. (Principal, Senior Water Quality Specialist).

Resumo do escopo: Memorando que apresenta as seções 3.1.2 até 3.1.2.6 do Plano de Recuperação Ambiental (Golder 2016), que apresenta um resumo dos dados de qualidade de água, qualidade de sedimento, e de ecotoxicologia coletados no Rio Doce e em alguns tributários no período que vai de Novembro de 2015 a Janeiro de 2016.

Os principais resultados apresentados são:

Água: resultados apresentados em gráficos somente para os parâmetros que aumentaram ao longo do Rio Doce, após o rompimento da barragem de rejeitos: Turbidez, Sólidos em suspensão, Cor, Fósforo total, Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Amônia e Fenóis totais. Para região mais a montante, entre Barra Longa e Gov. Valadares: gráficos das concentrações de oxigênio dissolvido.

Sedimentos: resultados apresentados em gráficos somente para os parâmetros Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: não apresentada; é apresentado somente um mapa com os pontos amostrais.

Metodologia Análise

Descrição resumida: não apresentada

Resultados

Descrição resumida:

Água: resultados apresentados em gráficos somente para os parâmetros que aumentaram ao longo do Rio Doce, após o rompimento da barragem de rejeitos: Turbidez, Sólidos em suspensão, Cor, Fósforo total, Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido, Manganês total, Amônia e Fenóis totais. Para região mais a montante, entre Barra Longa e Gov. Valadares: gráficos das concentrações de oxigênio dissolvido. Para os parâmetros a seguir, não foram observadas alterações ou caso identificadas, foram insignificantes: pH, temperatura da água, cloreto, cianetos, sulfetos, óleos e graxas, selênio, cádmio, boro, berílio, bário e antimônio totais, nitratos e nitritos, Coliformes Fecais (incluindo *E. coli*), microcistina e cianobactérias.

Sedimentos: resultados apresentados em gráficos também somente para os parâmetros que aumentaram ao longo do Rio Doce, após o rompimento da barragem de rejeitos: Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco.

Justificativa: Considerando os resultados apresentados é possível verificar as variações observadas para os parâmetros antes e após o rompimento da barragem, assim como a relação desses parâmetros com os índices estabelecidos para comparação (padrões de qualidade de água classe 2 (Resolução CONAMA 357/2005) e padrões de potabilidade especificados na Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (2011)).

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório faz uma comparação dos valores ou concentrações de parâmetros de qualidade da água reportadas nas amostras com os padrões de qualidade de água classe 2 (Resolução CONAMA 357/2005), padrões de potabilidade especificados na Portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (2011), a fim de identificar eventuais alterações que pudessem comprometer o uso da água para consumo humano. As concentrações dos parâmetros de qualidade de água nas amostras coletadas após o rompimento da barragem de Fundão foram comparadas também com as condições anteriores ao rompimento, que foram definidas com base em dados coletados pelo Governo do Estado de Minas Gerais entre Julho de 1997 e Junho de 2015 (IGAM 2015). Os

parâmetros que excederam (ou que estão abaixo, no caso do oxigênio dissolvido) os padrões de qualidade da água em 25% ou mais das amostras coletadas após o rompimento a barragem entre Barra Longa e/ou a cidade de Rio Doce, e que estavam fora das condições anteriores ao rompimento, foram considerados como parâmetros de interesse.

Justificativa: Sim. O relatório apresenta gráficos com os parâmetros que apresentaram valores acima dos índices de referência acima citados. Com isso, tenta demonstrar quais as principais alterações ocorridas no ambiente, após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Todos os parâmetros apresentados no relatório.

- **RELATÓRIO: Encarte Técnico – 02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do rio Doce - Análise do AI 12345_2015**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bacia de Integração - Dulcícola

Equipe avaliadora: Fábio da Cunha Garcia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Encarte Técnico – 02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do rio Doce - Análise do AI 12345_2015

Local e data de publicação: ES. Não informado

Órgão/Empresa executor (a): Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA/ES; SAMARCO; Fundação RENOVA

Equipe (nome e nível de experiência): Não consta.

Resumo do escopo: O Encarte Técnico “Análise do AI 12345_2015” visa analisar os dados obtidos no monitoramento de uma série de parâmetros de qualidade de água e sedimentos realizados entre 09/11/2015 a 16/08/2017, tendo como base a Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Os principais resultados apresentados são:

No relatório é apresentada a evolução dos parâmetros Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido, Manganês Total e Turbidez (este último parâmetro de interesse do Anexo 3 dulcícola/hidroquímica), nos pontos monitorados ao longo do tempo, observando as particularidades dos períodos seco (Abril a Outubro) e chuvoso (Novembro a Março) dos anos monitorados.

São apresentados, em anexo, os resultados para todos os parâmetros, nas datas e pontos de coleta.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Descreve que, no início, a frequência de monitoramento para água bruta era a cada 48 horas e foi se espaçando até chegar a mensal. Apresenta os pontos amostrais, sendo eles: P1 em Baixo Guandu, P2 em Itapina, P3 em Colatina, P4 em Linhares e P5 em Regência, na foz do rio Doce.

Foram apresentados os dados de coletas realizadas após a chegada da lama de

rejeitos no trecho capixaba do rio Doce, contemplando dados de Novembro de 2015 a Agosto de 2017. Os dados obtidos nas diversas campanhas de coleta foram sintetizados em quatro períodos: 1 - Período Chuvoso 2015-2016, 2 - Período Seco 2016, 3 - Período Chuvoso 2016-2017 e 4 - Período Seco 2017.

Justificativa: Não são apresentados os métodos de coleta.

Localização dos pontos amostrais e coordenadas geográficas

PONTO	CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO	
BAIXO GUANDU	P01	288653	7841918
ITAPINA/DIST. COLATINA	P02	305073	7841642
COLATINA	P03	331786	7841376
LINHARES	P04	388120	7853419
REGÊNCIA (DIST. LINHARES)	P05	413627	7827501
VILA DE POVOAÇÃO	P06	414236	7826140
LAGOA DE MONSARÁS	M1	0415914	7837148
LAGOA DE MONSARÁS	M2	0415914	7837148
LAGOA DO AREAL	-	0412962	834277
LAGOA NOVA	N1	0378738	7852585
LAGOA NOVA	N2	0377312	7855922
LAGOA NOVA	N3	0379171	7855205
LAGOA DO PANDOLFI	P01	411574	7835916
LAGOA DO PANDOLFI	P02	-	-

Metodologia Análise

Descrição resumida: não apresentada

Resultados

Descrição resumida:

Após análise da evolução e comportamento dos parâmetros ao longo do rio Doce, observou-se que 04 parâmetros possuem relação direta com o rejeito: Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido, Manganês Total e Turbidez. Sendo assim, foi apresentada a evolução destes parâmetros nos pontos monitorados ao longo do tempo, observando as particularidades dos períodos seco (Abril a Outubro) e chuvoso (Novembro a Março) dos anos monitorados.

Água: Considerando apenas o parâmetro turbidez (analisado dentro do Anexo 3

Dulcícola), é apresentada uma figura com os dados da SAMARCO para os períodos de chuva de 2015/2016, logo após o rompimento da barragem, e os períodos de seca 2016, chuva 2016/2017 e seca 2017; na mesma figura são apresentados dados do IEMA para o período de chuva de 2016/2017 e seca de 2017. Em ambas as figuras, no período de chuvas de 2016/17, quando do rompimento da barragem, os valores de turbidez são muito elevados (acima de 800 UNT), acima do limite estabelecido para rios de classe 2 pela Resolução CONAMA 357/2005. No período de chuvas de 2016/2017 (dados da SAMARCO), apesar dos valores de turbidez também estarem acima do limite da Resolução CONAMA, esses são visualmente muito inferiores aos de 2016/17. Já nos períodos de seca de 2016 e 2017 os valores estiveram abaixo do limite estabelecido pela resolução CONAMA.

Sedimentos: São apresentados dados brutos em tabela, não havendo uma análise dos resultados no relatório. Não são apresentados os métodos de coleta e análise.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório faz uma comparação dos valores ou concentrações de parâmetros de qualidade da água para quatro períodos posteriores ao rompimento da barragem, tendo como referência os padrões de qualidade de água classe 2 (Resolução CONAMA 357/2005), apresentando somente os parâmetros que, segundo o relatório, “possuem relação direta com o rejeito, entre os quais a turbidez. No entanto, não apresentam os métodos amostrais e analíticos para os parâmetros.

O relatório apresenta gráficos com os parâmetros que apresentaram valores acima dos índices de referência acima citados. Com isso, tenta demonstrar quais as principais alterações ocorridas no ambiente, após o impacto. No caso da turbidez, fica evidenciado o efeito da passagem da pluma de rejeito pelos pontos amostrais, no período de chuvas de 2016/2017.

O relatório é superficial na apresentação de dados e, principalmente, nas análises do mesmo. Não é feito no texto uma descrição da variação dos valores obtidos, ou mesmo uma análise estatística para comparar os pontos amostrais e assim determinar variação espacial dos parâmetros apresentados, uma vez que o N amostral é considerável.

Na planilha de dados, a maioria dos dados de nutrientes (fósforo solúvel reativo, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal) é apresentada como < xx (abaixo do limite de quantificação), o que não permite uma análise precisa dos valores obtidos.

A condutividade elétrica, um parâmetro altamente conservativo, não demonstrou as mudanças ocorridas com a passagem da pluma de rejeitos?

Justificativa: O relatório, apesar de apresentar dados que demonstram o impacto, não faz uma discussão sobre o mesmo. São apresentados gráficos demonstrando as alterações em alguns dos parâmetros, mas não há uma descrição e discussão aprofundada sobre essas alterações.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Foram disponibilizados

APÊNCIDE E - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Comunidades Bentônicas Marinhas.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente – BIODIVERSIDADE**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bentos Marinho

Equipe avaliadora: Allana Resende, Gabriela C. Zamprognio e Mariana B. P. Otegui

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente - BIODIVERSIDADE

Local e data de publicação: 06 de Janeiro de 2017 - Rio de Janeiro/RJ

Órgão/Empresa executor(a): COPPETEC Fundação

Equipe (nome e nível de experiência): Prof. Rogério Valle, Prof. Fabiano Thompson, Prof. Paulo Carneiro, Prof. Cristiane Thompson, Prof. Gizele Garcia, Prof. Paulo Salomon, Prof. Carlos Rezende, Prof. Ilana Zalmon, Prof. Ronaldo Francini-Fo, Prof. Telton Ramos, Dra. Claudia Omachi, Oc. Felipe Chagas, Bióloga Ana Carolina Soares, Biólogo Braulio Cherene Vaz de Oliveira, Biólogo Eric Mazzei, Biólogo Rafael Menezes, Biólogo Leonardo Lopes Costa, Biólogo Thiago Pessanha Rangel, Biólogo Marcelo Gomes de Almeida, Biólogo Rafael Menezes, Biólogo Mario Mascagni. A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório analisou a biodiversidade após o rompimento da barragem de Fundão em Mariana, utilizou dados sobre a análise biogeoquímica da água; quantificação microbiana na água e no sedimento; identificação da biodiversidade metagenômica microbiana na água; quantificação e identificação do plâncton; análise de comunidades bentônicas; análise de comunidades de peixes; quantificação da vegetação, e integração de dados bióticos e abióticos em um banco de dados online. A análise das comunidades bentônicas foi realizada em Setembro/2016 ao longo da bacia do Rio Doce e da zona costeira adjacente. Os sedimentos para análises dos organismos bentônicos foram coletados com o auxílio de uma draga busca fundo de inox. Os valores de diversidade e riqueza foram maiores e de dominância menores no recife do que nas estações do rio e estuário. Essas

estações apresentaram espécies tipicamente marinhas, carnívoras e filtradoras e sedimento composto por >80% de areia grossa e areia média. O relatório não contempla uma conclusão integrando os objetivos propostos.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Foram realizadas coletas no Rio Doce, no estuário e em dois pontos no mar (nas proximidades do sistema recifal marinho). Para a avaliação foram considerados os dois pontos no ambiente marinho. Os sedimentos para análises dos organismos bentônicos foram coletados com o auxílio de uma draga busca fundo de inox, e em 3 réplicas.

Justificativa: Não foi descrito o processo de lavagem, como o tamanho da malha da peneira para lavagem do sedimento, e acondicionamento das amostras, a área da draga. Em relação à frequência de amostragem foi realizada apenas uma campanha. Os dados das amostras poderão ser utilizados embora tenha uma distribuição espacial pouco abrangente (apenas dois pontos). O objetivo em relação aos bentos marinho do sedimento não foi delimitado, está apenas de forma abrangente como “Análise da comunidade bentônica” e o que foi alcançado foi um levantamento das espécies nos pontos amostrados.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não foi informado como os dados foram analisados.

Justificativa: Não foi informado como foram realizados os cálculos dos descritores ecológicos, bem como os testes estatísticos utilizados.

Resultados

Descrição resumida: Nos resultados são apresentados uma listagem de espécies. Esses indicaram que em um ponto do ambiente marinho foram obtidos 76 táxons e 569 indivíduos e no outro ponto 58 táxons e 206 indivíduos. Os valores de diversidade e riqueza foram maiores e de dominância menores no recife do que nas estações do rio e estuário. Essas estações apresentaram espécies tipicamente marinhas, carnívoras e filtradoras e sedimento composto por >80% de areia grossa e areia média.

Justificativa: Os resultados são válidos, porém só poderão ser utilizados a partir da apresentação da metodologia de coleta e análise detalhada.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Houve uma parcial integração dos dados com objetivo de identificar as principais mudanças nos ecossistemas avaliados em decorrência do desastre ambiental ocorrido, entretanto não contemplou a comunidade bentônica de sedimento.

Justificativa: O relatório tenta responder sobre mudanças ocorridas no ambiente após o impacto de forma pontual, enfatiza principalmente a comunidade vegetal e ictiofauna, todavia, não apresenta as mudanças de forma clara para a comunidade bentônica de sedimento.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Descrição detalhada da metodologia de coleta (tamanho da malha e área da draga).

- **RELATÓRIO: Levantamento ambiental expedito em Regência/ES**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Bentos Marinho

Equipe avaliadora: Allana Resende, Gabriela C. Zamprogno e Mariana B. P. Otegui

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Levantamento ambiental expedito em Regência/ES

Local e data de publicação: 8 de Janeiro de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Marinha do Brasil

Equipe (nome e nível de experiência): A Comissão foi chefiada pelo Capitão-de-Fragata Aluizio Maciel de Oliveira Junior, Comandante do NPqHo “Vital de Oliveira”.

Oficiais Da Mb: Cc Marcelo De Abreu Souza; Ct Jorge Luiz Nascimento De Paula; Ct Elides Freitas De Jesus Júnior; Ct Felipe Gabriel Sabroza José Ct Leonardo Da Silva Vieira; 1ºten Leonardo Pazolini Rodrigues; 1ºten (T) Camilla Caricchio Espinheira (Chm); 2ºten (Rm2-S) Caroline Rezende Guerra (leapm).

Praças Da Mb: So-Hn 86.8048.12 Jesus Nazareno Soares Dias; 1ºsg-Et 86.9650.26 Antonio Henrique Batista; 1ºsg-Hn 95.1111.40 Alberto Rêgo Chaves Júnior; 2ºsg-Hn 96.0882.49 Flávio Lúcio Santos De Almeida; 2ºsg-Hn 96.1141.85 Celijailson Tavares Santana; 2ºsg-Hn 97.1050.82 Alderley De Sousa Cardoso; 2ºsg-Et 98.0345.70 Joel Maranhão De Moraes; 2ºsg-Hn 99.2056.88 Eric De Melo Silva; 2ºsg-Hn 99.2046.73 Rodrigo Magalhães Andrade (Nocantares); Cb-Hn 07.3547.71 Vinícius Martins Ambrósio; Cb-Hn 07.3607.11 Jefferson Barbosa Silva; Cb-Hn 07.3557.18 Luiz Eduardo Lonato Da Silva Junior; Cb-Rm2-Qi 13.1662.72 Erica Nina Do Nascimento (leapm).

Civis pertencentes a Instituições de Pesquisa: Lohengrin Dias De Almeida Fernandes (Cientista-Chefe) leapm; Márcio Tenório, leapm; Alexandre Kassuga, leapm; Dagles Viana Dos Reis, leapm; Alex Cardoso Bastos, Ufes; Ricardo Nogueira Servino, Ufes; Marcos Daniel Leite, Ufes; Tayná Rosa Martins, Ufes; Juliano Bicalho Pereira, Ufes; Renato David Ghisolfi, Ufes; Fernanda Perassoli, Ufes; Renata Caiado Cagnin, Ufes; Caroline Fiório Grilo, Ufes; Mariana Magnago Alves, Ufes; Luiz Eduardo De Oliveira Gomes, Ufes; Allexandre Guimarães Trindade, Unisantos; Rhiani Salamon Reis Riani, Unisantos; Paulo Henrique Reis De Oliveira, Unesp; Claudio Dalle Olle, Iema/Es; Andrea Campos Rocha, PMV.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O objetivo desse estudo foi realizar um Levantamento Ambiental Expedido (LAE) na região litorânea do Estado do Espírito Santo, próximo à foz do Rio Doce, com intuito de obter uma caracterização preliminar dos danos causados nesta região, após o rompimento da barragem do fundão. Para isso foram realizadas coletas diárias de dados hidroceanográficos e geológicos, utilizando-se um navio, durante o período de 26/11 a 05/12/2015. A comunidade bentônica da plataforma foi coletada utilizando os amostradores de sedimento: Draga Van Veen e Box Corer, em dois pontos amostrais na isóbata de 10 e três pontos na isóbata de 20 m, sendo obtido um total de 176 indivíduos, distribuídos em 15 grupos taxonômicos. Os Polychaeta foram os mais abundantes, ocorrendo em todos os pontos amostrais, seguido dos Amphipoda. Os pontos amostrais da isóbata de 10 metros apresentaram menor número de indivíduos e uma maior concentração visual de “lama alaranjada”. Nas conclusões gerais não há considerações sobre bentos, pontuando apenas os seguintes itens: “A dinâmica da pluma na superfície é diferente daquela no fundo; A extensão (área) da pluma de superfície é maior do que aquela da pluma de fundo; A dispersão das plumas é complexa e influenciada pelos ventos, correntes, marés, batimetria, vazão do rio e dinâmica de mesoescala; As partículas que estão em suspensão na água são finas”.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Usou amostrador Draga Van Veen e Box Corer para coleta de sedimento em dois pontos amostrais na isóbata de 10 e três pontos na isóbata de 20 m, sendo analisada apenas uma das três amostras coletadas para cada ponto amostral.

Justificativa: Não foi descrito o processo de lavagem, como o tamanho da malha da peneira para lavagem do sedimento, e acondicionamento das amostras. De uma malha total de 22 pontos, foram analisados cinco pontos para bentos. Em relação à frequência de amostragem foi realizada apenas uma campanha.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não foi informado a metodologia de análise empregada neste estudo.

Justificativa: A identificação foi realizada apenas em grandes grupos taxonômicos. Não informado como os dados foram analisados e não foi aplicado nenhuma análise estatística. Foi informado que a abundância não foi corrigida para equivalência de área entre os dois amostradores utilizados.

Resultados

Descrição resumida: Um total de 176 indivíduos foi coletado, sendo distribuídos em 15 grupos taxonômicos. Os Polychata foram os mais abundantes, seguido de Amphipoda. Os grupos menos abundantes foram holotúria, sipúncula e nemátoda.

Justificativa: A forma de apresentação dos resultados não está satisfatória, os gráficos apresentados nos Resultados não apresentam legendas e não estão formatados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não há integração dos dados com o objetivo de identificar mudanças no ecossistema em decorrência do desastre, apenas foi observado que os pontos amostrais da isóbata de 10 metros, com maior concentração visual de “lama alaranjada” (material alóctone), apresentaram menor número de indivíduos do que os pontos amostrais da isóbata de 20 metros.

Justificativa: o relatório não responde quais foram as principais mudanças ocorridas no ambiente após o impacto. Somente descreveu um panorama geral do ambiente após chegada da pluma no ambiente costeiro.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Descrição detalhada da metodologia de coleta e análise, além dos dados brutos da comunidade bentônica. Consideramos que os dados do relatório podem servir para uma comparação ao nível de grandes grupos taxonômicos, não permitindo maiores inferências.

APÊNDICE F - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Fitoplanctônicas Marinhas.

- **RELATÓRIO: Levantamentos de dados de turbidez, fitoplâncton e qualidade de água entre Abrolhos e Vitória.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton marinho

Equipe avaliadora: Doutor Camilo Dias Junior, Coordenador do Sub-projeto PMFM, Biólogo e Professor (DOC-CCHN-UFES); MSc. Georgette Cristina Salvador Lázaro, Coordenadora Técnica de Pesquisa e Logística, Pesquisadora em Análises Ambientais II, Bióloga e Tecnóloga em Saneamento Ambiental; MSc. Mariana Magnago Alves, Pesquisadora em Análises Ambientais I, Oceanógrafa; Kássia do Nascimento Lemos, Assistente de Pesquisa, Bióloga; Ana Régia Depoli Cabral de Macedo, Assistente de Pesquisa, Oceanógrafa.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Levantamentos de dados de turbidez, fitoplâncton e qualidade de água entre Abrolhos e Vitória.

Local e data de publicação: Local não especificado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev Oceanografia e Hidrografia (Empresa do Grupo Econservation: Estudos e Projetos Ambientais).

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos (Oceanólogo, MSc.) – Gerente do Projeto e Revisor do Relatório; possui graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1987) e mestrado em Geociências (Geoquímica) pela Universidade Federal Fluminense (1994). Tem experiência na área de Biologia Geral, com ênfase em Gestão Ambiental, atuando com consultoria ambiental há vários anos. Profissional com perfil técnico; José Marcus de Oliveira Godoy (Químico, Dr.) – Responsável pelas Análises Químicas e Relatório de Oceanografia Química; possui graduação em Química Industrial e Bacharelado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1976), mestrado em Engenharia Nuclear pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1979) e doutorado em Radioquímica pela Technische Universität München (1983). Atualmente é professor associado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e tem experiência na área de Engenharia Nuclear. Profissional com perfil técnico e científico; Gisele Christina Tôso Krüger (Ciências Ambientais, MSc.) – Responsável pelo Relatório de

Oceanografia Química; possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (2000) e mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense. Tem experiência em gerência de projetos, análise em projetos de licenciamento e monitoramento ambiental, além de domínio de especialização em processos costeiros, fluxos estuarinos; avaliação de impactos ambientais relacionados à presença de contaminantes e nutrientes em ambientes *offshore* e costeiros; e formação de banco de dados e análises estatísticas ambientais. É membro da International Association for Impact Assessment (IAIA) e da Associação Brasileira de Avaliação de Impactos Ambientais (ABAI). Profissional com perfil técnico; José Mauro Sterza (Biólogo, Dr.) – Responsável pelo Relatório Fitoplâncton; possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (1997), mestrado em Biociências e Biotecnologia (2002) e o Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais (2006) pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Profissional com perfil técnico e científico; Alexandre Braga Coli (Oceanólogo, Dr.) – Processamento e Relatório de Oceanografia Física; possui graduação em Oceanologia (1994) e mestrado em Engenharia Oceânica (2000) pela Universidade Federal do Rio Grande, além de doutorado em Engenharia Costeira pelo Instituto Superior Técnico da UTL (IST, Portugal) (2007). Tem experiência em processos oceanográficos costeiros, incluindo medições, processamento e modelagem numérica. Atualmente é sócio executivo da Oceano Digital, uma empresa de tecnologia em estudos oceanográficos e estuarinos. Profissional com perfil técnico; Sandra Fachin (Oceanóloga, MSc.) – Processamento e Relatório de Oceanografia Física; possui graduação em Oceanologia pela Universidade de Rio Grande (1991), mestrado em Geologia Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998). Tem experiência científica e profissional em estudos e levantamentos sedimentológicos, geofísicos, hidrodinâmicos e de morfodinâmica em áreas costeiras, marinhas e estuarinas; em técnicas de processamento e análise de dados sedimentológicos e geofísicos, experimentos de traçadores fluorescentes (areias marcadas e Rodamina) em áreas portuárias e praias; em consultoria (coordenação, planejamento e execução de trabalhos de campo, tratamento e análise de dados e elaboração de relatórios técnicos na área de oceanografia) geológica. Profissional com perfil técnico.

Resumo do escopo: O relatório técnico trata de campanhas de medições das propriedades da água do mar através de CTD e da coleta de água para análise em laboratório (qualidade de água e fitoplâncton), realizadas durante os dias 19, 21, 22, 24 e 25 de Janeiro de 2016 em seis linhas transversais à costa. O objetivo foi analisar a presença de material oriundo do rejeito da Samarco na região marinha a partir da foz do rio Doce, entre Abrolhos e Vitória, e suas consequências sobre a qualidade de água e na comunidade fitoplanctônica. A densidade da comunidade fitoplanctônica oscilou

de 0,0 ind./mL a 44 ind./mL em toda área de estudo. Diversidade máxima de 2,01 bits/indivíduos foi observada nos transectos estudados. Foram identificados 197 táxons e houve a predominância das diatomáceas na superfície e fundo de quase todas as estações dos transectos analisados.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia de Coleta

Descrição resumida: Concentrações de clorofila-a foram obtidos através das medições *in situ* por um CTD, no qual os parâmetros medidos em superfície, meia-coluna de água e fundo foram distribuídos e seus valores foram interpolados linearmente.

Com relação ao fitoplâncton, foram coletadas amostras em 34 estações para análise quantitativa e de pigmento (clorofila-a) em superfície e fundo da coluna d'água através de garrafa, ao passo que as qualitativas foram obtidas por arrasto horizontal por 3 minutos, através de uma rede de plâncton do tipo cilíndrico-cônica com abertura de malha de 20 micrômetros. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL. Foram fixadas com solução de formol 2%.

Frascos foram envolvidos por papel alumínio e armazenados em caixa com gelo, ainda no campo, para as análises de pigmentos por espectrofotometria. A filtração ocorreu em laboratório em um prazo máximo de 24 horas com o uso de bomba de vácuo. Foram utilizados filtros Millipore AP 20 ou GF/F 0,47mm em bomba de vácuo.

Justificativa: A metodologia de coleta se distingue da adotada pelo Laboratório de Fitoplâncton (LabFito) em alguns aspectos. A rede utilizada apresenta abertura de malha de 20 micrômetros ao passo que a adotada no LabFito foi de 60 micrômetros nas coletas realizadas em campanhas de período semelhante aos da empresa Econservation. Não há menção de neutralização do reagente utilizado na fixação das amostras.

Ademais, a filtração da clorofila ocorreu em laboratório ao passo que a realizada pelo LabFito ocorreu no campo, o que é mais aconselhável. Tal filtração ocorreu com o uso de porta-filtro contendo microfiltro de fibra de vidro 25 mm acoplado a seringas estéreis de polietileno graduadas (60 mL), ao invés de bomba de vácuo conforme metodologia adotada pela empresa. Geralmente, as amostras para a análise de pigmentos em espectrofotometria são coletadas em duplicatas ou triplicatas das quais são geradas médias.

A metodologia de coleta realizada no relatório técnico, apesar das poucas diferenças procedimentais quando comparada às efetuadas pelo LabFito, assim como a distribuição espacial das estações em toda a malha amostral e as profundidades coletadas são adequados para atingir o objetivo proposto no que se refere à comunidade fitoplancônica,

mesmo que duplicatas não tenham sido coletadas nos pontos da malha amostral.

Metodologia de Análise

Descrição resumida: A análise qualitativa foi realizada em microscópio óptico equipado com câmara clara e ocular de medição. A identificação ocorreu com base na análise das características morfológicas e morfométricas utilizando bibliografia especializada.

A análise quantitativa foi realizada através do método descrito por Uthermöhl (1958) em microscópio invertido. Sedimentações foram realizadas em colunas de 10 mL a 40 mL dependendo da densidade de organismos ou detritos, sendo o tempo mínimo de sedimentação de 3 horas para cada centímetro de altura da câmara. A quantificação dos organismos fitoplanctônicos (unicelulares, filamentosos, tricomas, coloniais e cenóbios) foi realizado ao nível celular (célula/mL), seguindo o métodos de campos aleatórios descritos por Uehlinger (1964). Os resultados, expressos em indivíduos por unidade de volume (ind./mL), foram calculados pela fórmula modificada de Wetzel e Likens (1979). Já os índices de diversidade, riqueza de espécie (absoluta) e equitabilidade foram obtidos utilizando o programa PRIMER 6 (versão. 6.1.6), aplicando o índice de similaridade de Bray-Curtis para estabelecimento de grupos de amostras entre as campanhas e estações com composição semelhante.

O método de ordenação aplicado foi o escalonamento multidimensional não métrico. Os dados utilizados foram de abundância das espécies transformados em Log (x+1), utilizando tal índice de similaridade de Bray-Curtis (1957) entre os pontos de amostragem e campanhas realizadas.

Justificativa: A metodologia de análise é semelhante à utilizada pelo LabFito, que segue adoção de bibliografia recomendada para sedimentação, período de sedimentação, procedimentos de quantificação, programa para obtenção dos índices utilizados e utiliza bibliografias especializadas para identificação taxonômicas. Entretanto, inexiste menção de consulta aos bancos de identificação, a exemplo do banco internacional ALGAEBASE (<http://www.algaebase.org/>).

Ainda, a metodologia de análise não especifica as frações de tamanhos dos organismos utilizados durante a contagem do fitoplâncton. A saber, o LabFito adota a contagem do fitoplâncton nas frações do nanofitoplâncton (02 a 19 µm) e do microfitoplâncton (acima de 20 µm) devido a importância ecológica desses organismos nos ecossistemas.

Resultados

Descrição resumida: Foi observada a variação da densidade total do fitoplâncton de 0,0 ind./mL a 44 ind./mL em toda área de estudo, sendo este, o valor máximo encontrado no transecto de Nova Viçosa (Abrolhos - BA). Ainda, houve oscilação dos valores de diversidade

entre 0,00 bits/ind. e 2,01 bits/ind. na área de estudo, sendo também a variação do transecto de Abrolhos. Além disso, em algumas estações da área de estudo, foram observados valores baixos (0,00) de equitabilidade, demonstrando a dominância de poucas espécies em meio a várias espécies, mas também valores altos (1,00 ou próximo a esse valor), demonstrando a ausência de espécies altamente dominantes. Quanto à riqueza de espécies (S), considerando apenas as amostras quantitativas, a variação em toda área de estudo foi de 0 a 10 sendo também no transecto de Nova Viçosa. Os máximos de riquezas nos demais transectos foram 5,7 e 8.

Em relação à composição quantitativa do fitoplâncton, houve a predominância das diatomáceas na superfície e fundo de quase todas as estações dos transectos analisados. Houve predominância de dinoflagelados em águas superficiais de uma estação dos transectos de Nova Viçosa, Conceição da Barra e Santa Cruz. Também, codominância das diatomáceas com as cianofíceas em águas superficiais de duas estações de Regência, bem como o predomínio dos dinoflagelados em superfície e cianofíceas no fundo da coluna d'água em uma estação de Manguinhos.

Na análise das amostras coletadas foram identificados 197 táxons pertencentes a 8 Classes, sendo Bacillariophyceae e Dinophyceae as mais representativas. O transecto de Nova Viçosa (Abrolhos) apresentou maior número de táxons ao passo que o de Pontal do Ipiranga o menor. Regência apresentou 103 táxons.

A clorofila-a variou de 0,00 µg/L a 3,74 µg/L em toda área de estudo ao passo que os valores de feofitina oscilaram entre 0,00 µg/L a 3,29 µg/L. Os transectos mais ao sul apresentaram maiores valores de clorofila quando comparado os do norte.

A concentração de pigmentos obtidos por fluorimetria demonstraram que a região de Regência mais próxima à costa apresentou, dentre as medições, o maior valor da concentração de clorofila (23,8 µg/L) para camada superficial, a meia-coluna e fundo apresentaram 1,6 µg/L e 1,9 µg/L nesse mesmo local.

Justificativa: Embora a metodologia de coleta e análise utilizada pela empresa seja quase semelhante à adotada no LabFito, os resultados não apresentaram semelhanças quando comparados aos dados pretéritos do laboratório e são questionáveis.

A lista de espécies provenientes das análises qualitativa e quantitativa é composta predominantemente por organismos microfitoplânctônicos (acima de 200 µm), sem menção às espécies dos Gêneros *Ankistrodesmus* sp., *Chlorella* sp., *Chroococcus* sp., *Synechococcus* sp., *Synechocystis* sp. encontrados na região de estudo durante o monitoramento realizado pelo LabFito.

A predominância das diatomáceas e dinoflagelados em algumas estações amostrais e não cianobactérias nanofitoplanctônicas, seguidas de clorofíceas atrelado ao domínio do nanofitoplâncton, podem demonstrar a exclusão da contagem de organismos da fração nanofitoplanctônica (2 a 19 μm). Isso fica mais evidente se houver comparação dos dados do relatório (variações entre 0 e 44 ind./mL) com os resultados obtidos nas amostragens do LabFito realizadas na campanha Soloncy Moura no mesmo período de Janeiro/Fevereiro de 2016, quando as variações apenas do microfitoplâncton ficaram entre 0 e 46 ind./mL, sendo que o fitoplâncton total (soma do micro com o nanofitoplâncton) chegou a 1452 ind./mL. Assim, os resultados registrados pela empresa Econservation subestimam muito as densidades numéricas do fitoplâncton ao excluir a maior fração do fitoplâncton, que é o nanofitoplâncton.

Ainda, para a concentração de clorofila-a (23,8 $\mu\text{g/L}$) na camada superficial em uma região de Regência próxima à costa, nenhum relato de floração foi citado, corroborando a possível não contagem do nanofitoplâncton ou erro de medição. Concentrações extremamente elevadas de clorofila-a como a registrada só podem ocorrer no caso de uma grande floração algal que seria facilmente notada. E ainda com ressalvas, pois este registro seria muito elevado mesmo para uma floração de microalgas em ambiente natural e não foi encontrado nas análises do LabFito.

Assim, os dados da comunidade fitoplanctônica apresentados pela empresa Econservation apresentam disparidades justificadas por possíveis erros metodológicos em função do não detalhamento dos procedimentos analíticos. O possível erro pode ser mensurado quando observado seus resultados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Método de coleta com algumas diferenças quando comparada a realizada pelo LabFito. Os procedimentos analíticos seguem o proposto pela literatura, com aparente semelhança a adotada no LabFito, porém não detalhada e omissa em alguns aspectos. Este relatório não é puramente expositivo em relação à comunidade fitoplanctônica, poderia até ser utilizado para identificar mudanças devido ao desastre ambiental, se não fosse pelo não detalhamento do procedimento analítico.

Justificativa: O relatório tenta responder ao proposto em seu objetivo e, consequentemente, as mudanças ocorridas na área de estudo quando levado em consideração os procedimentos de análise e coleta descritos. Entretanto, detalhes não fornecidos na metodologia de análise e os resultados apresentados, demonstraram alguns possíveis erros que podem ter ocorrido na metodologia dos quais influenciaram na resposta

das principais mudanças ocorridos no ambiente após o impacto. Assim sendo, o relatório não responde por completo as principais mudanças ocorridas ao impacto durante o período de coleta.

É possível que a fração nanofitoplanctônica não tenha sido contada. Assim, seria necessária uma boa descrição dos processos analíticos para responder se o nanofitoplâncton foi contado ou não. E o porquê da exclusão dessa fração tendo em vista sua importância ecológica e as alterações nos resultados em termos de densidade, composição taxonômica, diversidade, equitabilidade, composição florística, dentre outros, que foi possível observar quando comparada às análises realizadas pelo LabFito em campanhas de mesmo período.

Dessa forma, o panorama da comunidade fitoplanctônica no impacto agudo fornecido pela Econservation torna-se incompleta pela exclusão dessa fração na contagem, visto que sua inclusão forneceria outras respostas sobre a comunidade.

Em síntese a malha amostral foi adequada, buscou-se atender aos objetivos a que se comprometeu, todavia houve uma explicação parcial das consequências do impacto agudo em função da exclusão da fração nanofitoplanctônica não contada, o que traz dúvidas e questionamentos em seus resultados e conclusões sobre a influência do rejeito na comunidade fitoplanctônica em alguns transectos estudados, quando observado algumas variáveis. Tais dados apresentados são de potencial duvidoso para serem utilizados pelo LabFito.

REQUISICÃO DE DADOS BRUTOS

Nenhum dado será requisitado.

- **RELATÓRIO: Monitoramento Marinho ADP**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton marinho

Equipe avaliadora: Doutor Camilo Dias Junior, Coordenador do Sub-projeto PMFM, Biólogo e Professor (DOC-CCHN-UFES); MSc. Georgette Cristina Salvador Lázaro, Coordenadora Técnica de Pesquisa e Logística, Pesquisadora em Análises Ambientais II, Bióloga e Tecnóloga em Saneamento Ambiental; MSc. Mariana Magnago Alves, Pesquisadora em Análises Ambientais I, Oceanógrafa; Kássia do Nascimento Lemos, Assistente de Pesquisa, Bióloga; Ana Régia Depoli Cabral de Macedo, Assistente de Pesquisa, Oceanógrafa.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Marinho ADP – Pacote 4, cuja campanha ocorreu entre os dias 24 de Março de 2016 a 11 de Abril de 2016.

Local e data de publicação: Local não especificado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev Oceanografia e Hidrografia (Empresa do Grupo Econservation: Estudos e Projetos Ambientais).

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos (Oceanólogo, MSc.) – Diretor de Operações; possui graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1987) e mestrado em Geociências (Geoquímica) pela Universidade Federal Fluminense (1994). Tem experiência na área de Biologia Geral, com ênfase em Gestão Ambiental, atuando com consultoria ambiental há vários anos. Profissional com perfil técnico; Fernando de Pereira Binda (Oceanógrafo) – Gerente de Projetos; possui graduação em Oceanografia pela Universidade Federal do Espírito Santo. Tem experiência em piscicultura, efluentes e ecotoxicologia. Profissional com perfil técnico; Alexandre Braga Coli (Oceanólogo, Dr.) – Análise dos Dados e Relatório; possui graduação em Oceanologia (1994) e mestrado em Engenharia Oceânica (2000) pela Universidade Federal do Rio Grande, além de doutorado em Engenharia Costeira pelo Instituto Superior Técnico da UTL (IST, Portugal) (2007). Tem experiência em processos oceanográficos costeiros, incluindo medições, processamento e modelagem numérica. Atualmente é sócio executivo da Oceano Digital, uma empresa de tecnologia em estudos oceanográficos e estuarinos. Profissional com perfil técnico; Sandra Fachin (Oceanóloga, MSc.) – Análise dos Dados e Relatório; possui graduação em Oceanologia pela Universidade de Rio Grande (1991), mestrado em Geologia Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998). Tem experiência científica e profissional em estudos e levantamentos

sedimentológicos, geofísicos, hidrodinâmicos e de morfodinâmica em áreas costeiras, marinhas e estuarinas; em técnicas de processamento e análise de dados sedimentológicos e geofísicos, experimentos de traçadores fluorescentes (areias marcadas e Rodamina) em áreas portuárias e praias; em consultoria (coordenação, planejamento e execução de trabalhos de campo, tratamento e análise de dados e elaboração de relatórios técnicos na área de oceanografia) geológica. Profissional com perfil técnico; Thiago Altoé Lopes (Oceanógrafo) – Coordenador; possui graduação em Oceanografia pela Universidade Vale do Itajaí (2005). Tem experiência na área de Monitoramento Ambiental. Profissional com perfil técnico; Sérgio G. Martins (Técnico em Meio Ambiente) – Coleta de dados; Currículo Lattes não encontrado; Anderson da Silva (Técnico em Meio Ambiente) – Coleta de dados; Currículo Lattes não encontrado; Patrick Oliveira (Diagramação) – Editoração e Diagramação; Currículo Lattes não encontrado

Resumo do escopo: O relatório técnico apresenta resultados de amostragens efetuadas em três (3) estações amostrais na foz do rio Doce, entre 24 de Março e 11 de Abril de 2016, nas quais ADCP's foram utilizados para coletar dados de correntes, ondas e marés; bem como CTD's foram utilizados para obter dados de salinidade, temperatura, turbidez e clorofila-a. O objetivo do relatório foi demonstrar a distribuição dos parâmetros e apresentar o processamento dos dados. Dentre os resultados principais, relacionados ao fitoplâncton, foram obtidos perfis de clorofila-a por estação e por hora.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia de Coleta

Descrição resumida: Os dados de fluorescência, que estimativa as concentrações de clorofila-a, foram coletados com CTD da marca *Seabird*, modelo SBE 19, com uma resolução vertical de saída dos parâmetros de 0.1 metro.

Justificativa: Os dados foram apresentados em perfis de clorofila-a, no formato de estimativa através de fluorescência. O relatório não descreve a calibração com amostras *in situ* e não disponibiliza os dados brutos da variável em questão, impossibilitando uma avaliação mais acurada.

Ademais, uma malha amostral com apenas três (3) estações é uma resolução amostral muito baixa para caracterização espacial das concentrações de clorofila-a produzidas pela comunidade fitoplancônica. Ainda, o relatório relata valores de clorofila-a igual a zero (0.0) em várias amostragens e não especifica o limite de detecção do fluorímetro

no escopo do relatório. O conhecimento do limite de detecção é importante na interpretação e análise dos dados.

Metodologia de Análise

Descrição resumida: O relatório técnico da Samarco AMB 077/2016 faz referência apenas à estatística básica e à elaboração de gráficos, sem a descrição de metodologias específicas para as aferições de fluorescência, que fornecem a estimativa de clorofila-a.

Justificativa: Possivelmente pode ter ocorrido a falta de calibração do CTD utilizando-se uma amostra de clorofila-a, através de um método quantitativo e mais preciso que o fluorímetro do CTD, ou seja, análise da água filtrada em fluorímetro, espectrofotômetro ou HPLC. Este tipo de análise mais precisa e acurada possibilitaria melhor avaliação do impacto da lama de rejeitos no ecossistema marinho, uma vez que a turbidez pode causar interferência nas medidas de fluorescência do fitoplâncton com a redução da transparência e luminosidade na coluna d'água. O *input* de rejeitos de mineração provocou alterações elevadas dos valores de turbidez no sistema aquático avaliado. Além disso, a calibração não foi citada no relatório.

Resultados

Descrição resumida: O comportamento da clorofila-a foi de maiores concentrações na estação mais próximas à região costeira. Os valores de clorofila-a próximos de 1 µg/L nas estações P1 e P2 foram mais recorrentes nas análises, enquanto que na estação P3, as concentrações do pigmento entre zero e 0,05 µg/L tiveram maior ocorrência no monitoramento. A análise de clorofila-a apontou valor mínimo de 0,1 µg/L; médio de 1,2 µg/L e valor máximo de 2,6 µg/L na estação P1, com tendência de redução das concentrações em direção às duas estações mais a *offshore*. A estação amostral P2 apresentou valor de clorofila-a mínimo de zero mg/L, médio de 0,8 mg/L e máximo de 48.5 µg/L. Já a estação P3 obteve concentrações mínima de zero µg/L, média de 0,3 e máxima de 48.5 µg/L.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: No que tange às concentrações de clorofila-a, o relatório técnico avaliado isoladamente não disponibiliza dados relevantes para avaliação do desastre ambiental ocorrido no ecossistema marinho.

Justificativa: O relatório não tenta responder mudanças após o impacto pelo rejeito da mineração, sendo exclusivamente expositivo, sem qualquer discussão. Tal documento faz uma caracterização das propriedades da água marinha e correntes, nas datas da coleta, em apenas três pontos.

Além disso, inexistente acesso ao termo de referência (TR) que deu origem ao estudo do

relatório em questão e, por isso, não se pode avaliar se as concentrações de clorofila-a atendem ao que foi solicitado pela agência reguladora (ICMBio). Ainda, o valor de clorofila-a obtido foi elevado (48 µg/L) e não há menção de valores de feopigmentos, inviabilizando a análise do estado de degradação fisiológico do fitoplâncton e a análise da clorofila ativa através da utilização apenas de fluorimetria *in vivo*.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não é relevante em relação ao monitoramento atual.

- **RELATÓRIO: Monitoramento hidrográfico na plataforma adjacente à foz do rio Doce, nas proximidades de Regência, Espírito Santo (ES).**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fitoplâncton marinho

Equipe avaliadora: Doutor Camilo Dias Junior, Coordenador do Sub-projeto PMFM, Biólogo e Professor (DOC-CCHN-UFES); MSc. Georgette Cristina Salvador Lázaro, Coordenadora Técnica de Pesquisa e Logística, Pesquisadora em Análises Ambientais II, Bióloga e Tecnóloga em Saneamento Ambiental; MSc. Mariana Magnago Alves, Pesquisadora em Análises Ambientais I, Oceanógrafa; Kássia do Nascimento Lemos, Assistente de Pesquisa, Bióloga; Ana Régia Depoli Cabral de Macedo, Assistente de Pesquisa, Oceanógrafa.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento hidrográfico na plataforma adjacente à foz do rio Doce, nas proximidades de Regência, Espírito Santo (ES).

Local e data de publicação: Local não especificado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev Oceanografia e Hidrografia (Empresa do Grupo Econservation: Estudos e Projetos Ambientais).

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos (Oceanólogo, MSc.) - Diretor de Operações; possui graduação em Oceanologia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1987) e mestrado em Geociências (Geoquímica) pela Universidade Federal Fluminense (1994). Tem experiência na área de Biologia Geral, com ênfase em Gestão Ambiental, atuando com consultoria ambiental há vários anos. Profissional com perfil técnico; Thiago Altoé Lopes (Oceanógrafo) – Gerente do Projeto e Coordenador do Campo; possui graduação em Oceanografia pela Universidade Vale do Itajaí (2005). Tem experiência na área de Monitoramento Ambiental. Profissional com perfil técnico; Carlos Augusto França Schettini (Oceanólogo, Dr.) - Responsável pela Análise dos Dados e Relatório; possui graduação em Oceanografia pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1991), mestrado em Geociências pela Universidade Federal Fluminense (1994) e doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001). Tem experiência com hidrodinâmica e processos de transporte em estuários e águas costeiras associadas, atuando em bacias hidrográficas e plataforma continental e transferência de massa na interface continente-oceano. Profissional com perfil científico; Rafael Batista (Oceanógrafo) – Equipe de Campo; Currículo Lattes não

encontrado; Fernando Bonisenha (Técnico em Batimetria) – Equipe de Campo; Currículo Lattes não encontrado; Denise Galinari Ferreira Rodrigues (Oceanógrafa, MSc.) – Equipe de Campo; possui graduação em Oceanografia (2015), mestrado em Oceanografia Ambiental (2018) pela Universidade Federal do Espírito Santo, além de ser Técnica em Geoprocessamento pelo Instituto Federal do Espírito Santo (2015). Possui experiência acadêmica com ambientes costeiros e geoquímica orgânica marinha. Profissional com perfil técnico; Ricardo Alves (Tecnólogo em Gestão Portuária) – Equipe de Campo; Currículo Lattes não encontrado; Guido Alves - Responsável pela Diagramação; Currículo Lattes não encontrado.

Resumo do escopo: O relatório apresenta os resultados das campanhas oceanográficas realizadas entre 22 de Dezembro e 02 de Fevereiro de 2016, com objetivo de rastrear a dispersão da pluma de sedimentos do rio Doce. Os principais resultados foram que a maioria dos levantamentos foi realizada em condições similares de ventos e correntes, sendo que os 13 primeiros levantamentos foram realizados em condições de baixa descarga fluvial, enquanto que os 3 últimos foram realizados em condições de descarga fluvial elevada; a presença da pluma se dá próximo a desembocadura e sua evolução ocorre preferencialmente para o sul, afastando-se da costa. A presença da pluma fluvial do rio Doce ocorre em uma escala espacial muito próximo da desembocadura e sua evolução ocorre, preferencialmente, para o sul, afastando-se da costa. Além disso, a contribuição fluvial do rio Doce na área de estudo representa 2% de todo o volume amostral. Ademais, as massas de água dominantes, em proporções equivalentes, são a Água tropical e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS).

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia de Coleta

Descrição resumida: Os dados de estimativa de clorofila foram coletados com sonda da marca JFE-Advantech, modelo *Rinko Profiler*, que é configurada para funcionar no modo “gatilho de pressão”. Os dados foram registrados em perfis verticais na coluna d’água, com intervalos de 0,1 metro, em 57 estações de amostragem distribuídos em três (3) transectos, sendo um transecto partindo da foz do rio para *offshore*; outro em direção ao norte, e o terceiro transecto direcionava-se ao sul a partir da foz.

Justificativa: Dados de amostra de água para calibração da medida de clorofila-a deveriam ter sido coletados.

Metodologia de Análise

Descrição resumida: Foi utilizada estatística elementar, com percentis de 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95% obtidos das distribuições de frequências. Foram gerados campos de distribuição médios e de variância, sendo estabelecida uma malha com dois (2) quilômetros de resolução horizontal e de um (1) metro de resolução vertical, a partir do qual foram calculados valores médios e variâncias de todas as amostras contidas em cada célula.

Justificativa: Seriam necessárias amostras *in situ* de clorofila para confirmar as amostragens com a sonda.

Resultados

Descrição resumida: O resultado foi dado através de distribuições espaciais, verticais e horizontais, a partir de perfis integrados e mapas de distribuição de clorofila, fornecido em campos médios para todo o período amostrado.

Justificativa: Inexiste possibilidade de utilização dos resultados gráficos para comparações futuras sem o acesso aos dados brutos, uma vez que os dados ilustrados foram apresentados como campos médios em todo o período de amostragem.

O cálculo da variância não foi explicado (existem diversas formas de calcular variância) e variou de 0 a 70 na seção sul. O relatório menciona somente que os dados foram processados, sem citar *softwares* utilizados e descrever metodologias de processamento mais aprofundadas.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório da Samarco AMB 075/2015 (revisão 00 de Abril de 2016) restringe-se apenas à exposição das concentrações da clorofila. Tais valores não servem isoladamente para identificar as mudanças ambientais em relação ao desastre ocorrido na área monitorada.

Justificativa: Os resultados apresentados no relatório técnico não avaliam o impacto da lama de rejeito em si. Entretanto, a avaliação dos dados gerados em conjunto com outros resultados de levantamentos pode contribuir para o entendimento interdisciplinar dos efeitos do acidente ambiental no ecossistema aquático.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

O acesso aos dados brutos de clorofila de todas as estações amostrais são necessários e importantes para análises posteriores, bem como avaliação estatística desses e para possível utilização de tais dados para avaliação e comparação temporal.

APÊNDICE G - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Fundos Recifais e Rodolitos.

- **RELATÓRIO: Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de fundão em mariana nove meses após o desastre – capítulo 5 – Biodiversidade**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fundos Recifais e Bancos de Rodolitos

Equipe avaliadora: Alex Cardoso Bastos

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de fundão em mariana nove meses após o desastre – capítulo 5 – biodiversidade.

Local e data de publicação: Rio de Janeiro, 06 de Janeiro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Fundação COPPETEC

Equipe (nome e nível de experiência): A equipe foi composta por nove professores doutores vinculados a três universidades públicas (UFRJ, UENF, UFPB): Rogério Valle, Fabiano Thompson, Cristiane Thompson, Gizele Garcia, Paulo Salomon, Carlos Rezende, Ilana Zalmon, Telton Ramos e Ronaldo Francini-Fo. A equipe de apoio foi composta por 12 biólogos e oceanógrafos, parte deles estudantes de pós-graduação. Não houve indicação específica dos responsável(is) técnico(s) pelo Capítulo 5.

Resumo do escopo do relatório: Embora intitulado “Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre”, o relatório se propôs a apresentar uma síntese sobre os “conhecimentos acerca dos padrões de biodiversidade”, nove meses após o rompimento da Barragem de Fundão (q.v. págs. 5/79, 7/79) e a avaliação dos impactos, considerados “possíveis”, foi tratada como “preliminar” (pág. 7/79). O estudo cobriu os seguintes temas principais, sem demonstrar a conexão entre eles: 1) perda de vegetação em Mariana, MG; 2) contaminação fecal e florações de cianobactérias no Rio Doce; 3) comunidades bentônicas na bacia do Rio Doce e zona costeira adjacente; 4) avaliação qualitativa (=listagem de espécies) da ictiofauna do Rio Doce; 5) avaliação qualitativa e quantitativa (estrutura da comunidade) da ictiofauna no sistema recifal mais próximo à foz do Rio Doce (Recifes Esquecidos); 6) avaliação qualitativa e quantitativa de comunidades bentônicas nos Recifes Esquecidos; 7) prevalência de branqueamento nos Recifes Esquecidos; 8) oceanografia física e bio-ótica da zona costeira adjacente à foz do Rio Doce; 9) análises metagenômicas do material particulado em suspensão

(MPS) ao longo do da bacia hidrográfica e na região marinha adjacente à foz do Rio Doce; 10) assinaturas isotópicas do MPS ao longo da bacia hidrográfica e região marinha adjacente.

Escopo da avaliação: Embora os dados e conclusões do relatório tenham sido avaliados em seu conjunto, ressalta-se que o escopo do relatório foi bastante amplo, abrangendo uma multiplicidade de temas e abordagens metodológicas empregadas em áreas, ambientes e organismos que vão desde a mata ciliar e as calhas dos rios até os recifes coralíneos. Nesse contexto, nossa avaliação se concentrou nos aspectos afetos à ictiofauna, às comunidades bênticas, ao branqueamento nos recifes coralíneos, e às análises metagenômicas e de assinaturas isotópicas.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia de Coleta e Delineamento Amostral

Estações de coleta e períodos amostrais. As amostras foram obtidas, majoritariamente, ao longo de uma única semana de Setembro de 2016 (final da estação seca), durante a qual foram amostradas cinco estações (= pontos de amostragem) fluviais, duas estações estuarinas e duas estações marinhas, estas últimas nos Recifes Esquecidos. Também foram usados, para compor comparações do tipo antes-depois (*Before-After*), dados de uma campanha realizada pelos autores do relatório antes do Desastre na área marinha recifal (Figura 5-28), muito embora as metodologias utilizadas não tenham sido as mesmas. Os critérios para escolha da localização das nove estações amostrais não foram apresentados, sendo que a distância entre os pontos variou em mais de uma ordem de magnitude, entre alguns poucos metros a dezenas de quilômetros (q.v. Tabela 5-1). Com exceção das amostragens nos recifes, as coletas foram majoritariamente realizadas sob pontes rodoviárias próximas a núcleos urbanos (Figuras 5-4, 5-5), dificultando a avaliação, em boa parte dos resultados apresentados no relatório (e.g. variáveis físico químicas, metagenomas), da influência relativa do Desastre e dos estressores locais não relacionados ao Desastre (q.v. variabilidade dos valores na Tabela 5-2). Dentre os estressores locais cuja associação direta ao Desastre não pôde ser estabelecida, e cuja inclusão indiscriminada no relatório introduz ambiguidades nas interpretações, estão manchas de poluição/contaminação fecal nas proximidades de centros urbanos (claramente detectadas nas análises microbianas e metagenomas), atividades industriais e agro-industriais, degradação da vegetação ripária e influência de afluentes com qualidade ambiental variável.

Área controle: A avaliação dos impactos do Desastre de Mariana representa um enorme desafio, uma vez que os referenciais pretéritos (*baselines*) são escassos, não são padronizados, e ainda não se encontram sistematizados e validados. Além disso, o

estabelecimento de áreas controle para avaliar os impactos ambientais é complicado pela dimensão do Desastre, ainda incompletamente compreendida na porção marinha, muito embora possam (devam!) ser feitas comparações temporais em um gradiente de atenuação dos possíveis efeitos. Nesse sentido, o relatório apresenta a região do Parque Nacional Marinho de Abrolhos como área controle, o que, no contexto em questão, é bastante questionável. Todos os contrastes do tipo “controle” X “impacto” (i.e., entre Abrolhos e os Recifes Esquecidos) apresentados no relatório devem ser interpretados com extrema cautela. Explica-se: os pontos amostrais “controle” foram estabelecidos nos recifes *offshore* do arco externo, a 64 km da costa e numa área sob menores níveis de turbidez e menor sedimentação natural, e não nos recifes do arco costeiro, sob regime de sedimentação, turbidez e distância da costa semelhantes aos dos recifes possivelmente impactados pelo Desastre (Recifes Esquecidos). Ressalta-se que, na região do Parque Nacional de Abrolhos e adjacências, devem ser estabelecidos controles em recifes do arco interno e externo, incluindo blocos desprotegidos contra a pesca e protegidos pelo Parque Nacional (e.g. Recife das Timbebas, costeiro). A disposição espacial do “controle” usado no relatório (recifes *offshore* do arco externo) dificulta sobremaneira a interpretação dos dados físico-químicos (Tabelas 5-2 e 5-4) e sua associação com os possíveis efeitos do Desastre.

Comunidades bênticas: O relatório apresenta uma longa lista (6 páginas!) de espécies bentônicas e suas respectivas abundâncias médias (Tabela 5-7), obtidas a partir de 3 lançamentos (considerados como réplicas) de “uma draga busca fundo de inox” em cada estação (pág. 12/79). No entanto não são especificadas as características do instrumento (dimensões, abertura, peso, volume), o que compromete sobremaneira o valor comparativo dos dados. Além disso, não foi apresentada qualquer análise acerca da suficiência da amostragem para se obter um panorama qualitativo ou quantitativo preciso e acurado que permita comparações com dados pretéritos ou dados a serem posteriormente obtidos no âmbito de um programa de monitoramento (e.g. curvas do coletor, análises de rarefação). O relatório, nesse sentido, em nada contribuiu para a compreensão da variabilidade nas abundâncias dos organismos bentônicos e seus padrões de agregação espacial – elementos básicos numa avaliação de impactos ambientais. Trata-se de uma violação de princípios básicos de pesquisa em Ecologia (e.g. Krebs, 1999), cujas consequências ficam evidenciadas pela não apresentação de qualquer medida de dispersão (SD, SE) das abundâncias dos organismos no entorno das médias apresentadas. O relatório limita-se a observar que “o número médio de táxons e de indivíduos nas três réplicas de cada estação variaram (sic.), respectivamente, de 2,3 táxons (Ipatinga) a 44,7 táxons (Recife 1) e de 5,7 indivíduos (Linhares) a 2968,7 indivíduos (Ipatinga)” (pág. 28/79)”. Além disso, o destino do material coletado (descarte? coleções biológicas?), compreendido por milhares de invertebrados, não foi especificado. Caso esse material tenha sido destinado a uma coleção científica, a instituição depositária e os respectivos números de catálogo deveriam ter sido apresentados.

Por fim, ressalta-se que a comparação entre a comunidade bêntica da calha do rio e dos sedimentos adjacentes ao recife não tem a menor pertinência ou utilidade, visto que não se espera qualquer sobreposição.

Ictiofauna dulcícola e estuarina: Foram realizadas coletas com redes diversas, nos sete pontos ao longo da bacia do Rio Doce e seu estuário, as quais resultaram, em essência, numa lista comentada de algumas espécies de peixes (Tabelas 5-5 e 5-6). Mais uma vez não houve especificação do esforço amostral (e.g. número de lances de rede) e nem tampouco uma avaliação acerca da suficiência da amostragem realizada para se obter um panorama qualitativo ou quantitativo minimamente robusto e que pudesse permitir comparações com dados pretéritos ou dados a serem posteriormente obtidos no âmbito de um programa de monitoramento (e.g. curvas do coletor, análises de rarefação). Trata-se de mais uma violação de diretrizes básicas para pesquisa em Ecologia, e uma falha que limita a utilização do relatório para apoiar os esforços de monitoramento iniciados em 2018. Os resultados de um “teste em um corpo d’água de porte médio” (pág. 18/79) não foram apresentados. O material testemunho, “depositado na Coleção Ictiológica do Departamento de Sistemática e Ecologia da UFPB” (pág. 18/79) não foi apresentado na forma de uma lista com números de catálogo (“vouchers”), dificultando avaliar quantos exemplares testemunho foram depositados e também comprometendo acessos posteriores.

Ictiofauna marinha: A ictiofauna marinha foi avaliada qualitativamente a partir de levantamento visual *in situ*, fotografias e vídeos subaquáticos (pág. 33/79), sem especificação de esforço amostral (e.g. número de observadores e horas de observação ou filmagem). Não foi apresentada uma curva do coletor (ou avaliação análoga) que permita avaliar a suficiência da amostragem qualitativa. Quantitativamente, a avaliação foi baseada em 34 censos visuais estacionários amostrados sobre os habitats da parede e topo, 14 deles no recife norte e 20 no recife sul, sem qualquer especificação do número de censos por habitat. Supondo que os autores tenham distribuído as amostras de forma homogênea entre os dois habitats (parede e topo dos recifes), foram feitos aproximadamente 7 censos por habitat no ponto mais norte dos Recifes Esquecidos (cerca de 35 minutos de observações subaquáticas!) e 10 censos por habitat no recife mais ao sul (pouco mais de 50 minutos de observações subaquáticas). Esse esforço amostral, extremamente baixo quando comparado a outros estudos quantitativos realizados na região do Banco Abrolhos (e.g. Francini-Filho & Moura, 2008), pode explicar a baixa diversidade encontrada durante a campanha amostral realizada depois do Desastre (35 espécies de peixes). Por exemplo, dados prévios desse mesmo local (Mazzei et al., 2016), obtidos com metodologia distinta e esforço amostral maior (5 campanhas), indicaram a presença de pelo menos 73 espécies de peixes recifais nos Recifes Esquecidos. Além da diferença metodológica, o baixo esforço amostral quantitativo (7-10 censos por habitat) exige cautela na interpretação dos contrastes espaciais e temporais apresentados no relatório

(Figuras 5-24, 5-25, 5-26 e 5-27). Nesse contexto, vários dos contrastes entre a diversidade e abundância de peixes antes e depois do Desastre são inverossímeis enquanto efeitos do Desastre (e.g. redução de 50% da diversidade de peixes carnívoros após o Desastre). Além disso, não há como atribuir ao Desastre uma série de assertivas feitas sobre a abundância de peixes recifais, tais como “a grande maioria (62%) dos peixes apresentou diminuição de abundância relativa em Setembro de 2016 em comparação com 2013/14” ou “*Lutjanus jocu*, *Lutjanus synagris* e *Ocyurus chrysurus* deixaram de ser comuns ou abundantes para serem ocasionais”, ou mesmo “o herbívoro *Acanthurus bahianus* deixou de ser abundante e tornou-se raro” (pág. 39/79).

Comunidades bêmicas recifais: Assim como observado para a ictiofauna recifal, as comparações feitas com dados de fotoquadrados bêmicos foram baseadas em dados insuficientes e obtidos a partir de um delineamento amostral frágil e questionável. O relatório, a partir da página 34/79, traz diversos contrastes sobre comunidades bentônicas recifais, apresentados na forma de gráficos e tabelas comparativas que devem ser interpretadas com extrema cautela. Isso porque todas as análises estão baseadas em meras 10 unidades amostrais, as quais foram divididas em dois habitats e dois sítios. Portanto, em uma conta simplificada, exigida em função da falta de detalhamento desse aspecto metodológico crucial do estudo, depreende-se que cada domínio amostral (habitats de cada sítio) recebeu menos de 3 unidades amostrais. Trata-se de mais uma clara violação de boas práticas em estudos de ecologia de comunidades, agravada por incidir sobre comunidades recifais, as mais complexas e biodiversas do planeta. Observa-se também que, em oposição ao detalhamento extremo de procedimentos padrão que poderiam simplesmente ter remetido o leitor a referências bibliográficas, essa falha grave no delineamento do estudo foi escamoteada, ao ter sido brevemente mencionada à página 34/79 onde se lê que “os quadrados (N=10) foram alocados aleatoriamente ao longo de cada habitat em cada um dos dois recifes amostrados”. Em resumo, as Figuras 5-28 (comparação entre a cobertura bentônica antes e depois do Desastre) e 5-29 (cobertura dos grupos funcionais mais representativos), assim como as Figuras 5-30 (segregação na composição bentônica em relação aos habitats) e 5-31 (prevalência de branqueamento por quadrado), são baseadas em um delineamento amostral deficiente e com esforço amostral muito aquém do mínimo necessário. Portanto, os padrões relacionados às comunidades bêmicas são inverossímeis e possuem limitado valor comparativo, seja para estudos futuros, seja para avaliar os impactos do Desastre nos Recifes Esquecidos.

Branqueamento nos recifes coralíneos: O estudo sobre rendimento fotossintético de corais com Fluorometria de Amplitude de Pulso Modulada (PAM) também sofre das mesmas fragilidades apontadas acima, uma vez que descreve detalhadamente aspectos técnicos dos equipamentos, mas omite o nível de replicação utilizado para compor as estimativas sobre o

Rendimento de Fluorescência (F) e Rendimento Máximo (Fm). Os autores se limitaram a mencionar que “foram obtidas amostras para as seguintes espécies de corais: *Madracis decactis*, *Millepora alcicornis*, *Montastraea cavernosa*, *Mussismilia harttii*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata*”. Ressalta-se que os resultados da Fluorometria de Amplitude de Pulso Modulada, sumarizados na Figura 5-32, apresenta um contraste entre o rendimento fotossintético entre as diferentes espécies de corais, ignorando completamente contrastes entre áreas, revelando mais uma fragilidade desse componente do estudo. Os resultados, como um todo, são tão frágeis que os próprios autores tiveram que usar argumentos indiretos para sustentar as ilações que associam os padrões observados nas comunidades bênticas ao Desastre de Mariana. Por exemplo, na página 48/79, consta que “A maior prevalência de branqueamento (...) neste recife e a redução drástica na comunidade de peixes (...) sugerem que não podemos descartar a hipótese de que pluma do Rio Doce esteja atingindo estes novos recifes”. Assim, depreende-se que a principal conclusão do estudo foi demonstrar que as perguntas iniciais estavam corretas!

Análises de oceanografia bio-ótica: Juntamente com as avaliações acerca dos padrão de ventos e de massas d’água marinhas, as análises bio-óticas, todas muito básicas, ocuparam uma parte significativa do relatório, mas foram inconclusivas. Na verdade, esse componente de oceanografia física conclui apenas que a pluma do Rio Doce pode alcançar os recifes (q.v. pág. 6/79). Da mesma forma como apontado no parágrafo anterior, a principal conclusão do estudo foi demonstrar que as perguntas iniciais estavam corretamente postas.

Análises metagenômicas e de assinaturas isotópicas: Embora tecnicamente pertinentes, as análises genômicas, baseadas em uma única amostra de água de cada local (pág. 16/79), em nada contribuíram para avaliar os impactos do Desastre. Na verdade, essas análises de alto custo e complexidade detectaram apenas indícios de contaminação fecal e uma possível floração de cianobactérias, ambas próximas a núcleos urbanos e não relacionadas ao Desastre. Os resultados da composição isotópica do carbono e da composição elementar da matéria orgânica (Tabela 5.4) apontou para uma contribuição potencial de aporte fluvial aos recifes, mas, como não foram caracterizadas as fontes e a dinâmica de distribuição do material particulado e dissolvido, os resultados são inconclusivos quanto à associação e a magnitude dessa associação entre as assinaturas isotópicas e o Rio Doce. Embora tenham produzido dados extremamente limitados para alcançar os objetivos do relatório, os autores afirmam às págs. 6 e 7/79, que “as análises de metagenômica e da assinatura isotópica do material particulado em suspensão ao longo do Rio Doce e da região marinha adjacente também indicam que a pluma do Rio Doce poderia alcançar os novos sistemas recifais ao norte da foz do Rio Doce”, sem apresentar dados, argumentos lógicos, ou mesmo referências da literatura que possam corroborar essa assertiva.

Justificativa: A distribuição espacial, a densidade da malha amostral e o nível de

replicação, bem como a omissão de diversas informações sobre os instrumentos amostrais, foram claramente insuficientes para compor uma avaliação minimamente confiável e robusta acerca dos impactos do Desastre sobre comunidades bênticas, ictiofauna estuarina e marinha, comunidades bênticas recifais, e prevalência de branqueamento nos recifes coralíneos. As análises metagenômicas e de assinaturas isotópicas também sofreram com o delineamento amostral inadequado, não fornecendo nenhum aporte significativo à avaliação de impactos apresentada no relatório.

Metodologia de Análise

Descrição resumida: O relatório usou metodologias adequadas para a análise dos dados, as quais podem ser considerados como padrão para estudos ecológicos de comunidades marinhas. No entanto, as lacunas importantes no delineamento amostral e no esforço de replicação, ressaltadas acima, comprometem a qualidade e confiabilidade nas análises apresentadas.

Justificativa: Os métodos e técnicas empregados nas análises das amostras foram adequados, mas isso não foi suficiente para contornar os problemas graves no delineamento amostral e na interpretação dos dados.

Resultados

Descrição resumida: A distribuição incoerente das estações amostrais ao longa da bacia hidrográfica e da zona costeira adjacente, a baixa densidade da malha amostral, a replicação insuficiente em todas as estações, a omissão de informações básicas sobre os instrumentos amostrais empregados, juntamente com a definição inadequada da área controle, permitem classificar os resultados do relatório como inverossímeis. Nem mesmo os autores foram assertivos ao apresentar os resultados, conforme apontado nos itens acima. Considerando que, com exceção das amostragens nos recifes, as coletas foram majoritariamente realizadas sob pontes rodoviárias próximas a núcleos urbanos, os resultados apresentados nos temas afetos às análises metagenômicas e de assinaturas isotópicas, não permitem fatorar, minimamente, a influência relativa do Desastre e dos estressores locais não relacionados (e.g. poluição nas proximidades de centros urbanos, atividades agro-industriais).

Justificativa: Ictiofauna dulcícola e estuarina: A metodologia deficiente e o esforço amostral desconhecido, juntamente com a falta de dados quantitativos, compromete qualquer interpretação mais robusta sobre a dimensão dos efeitos do rompimento da barragem sobre a ictiofauna dulcícola e estuarina.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não permite identificar quais foram as principais mudanças nos ecossistemas avaliados em decorrência do Desastre de Mariana. Por outro lado, o relatório sugere, de forma pertinente, que se implemente um programa de monitoramento de longo prazo (11 menções sobre esse tópico ao longo do texto!). A despeito dos erros crassos no delineamento amostral e nas interpretações dos dados, apresentadas nos itens acima, o relatório apresenta dados que podem ser parcialmente aproveitados em uma avaliação mais criteriosa dos impactos, uma vez que as coletas foram feitas apenas nove meses após o rompimento da barragem de Fundão. Essa situação temporal privilegiada contrasta com o início do programa de monitoramento da RRDM/Fundação RENOVA, três anos após o Desastre.

Justificativa: O extenso relatório não responde se houve e quais foram as principais mudanças ocorridas no ambiente após o Desastre.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

Considerando o hiato de 3 anos entre o Desastre de Mariana (05 de Novembro de 2015) e o início da implementação de um programa de monitoramento ambiental na região costeira (Setembro de 2018), bem como a ausência de uma caracterização ambiental (“baseline”) prévia adequada, os dados brutos usados para compor o relatório aqui avaliado têm potencial de contribuir para a avaliação dos impactos do Desastre. Os dados brutos relevantes para as análises a serem feitas no âmbito do programa de monitoramento estabelecido pela FUNDAÇÃO RENOVA e executado pela Rede Rio Doce Mar incluem: 1) imagens brutas de todos os fotoquadrados, 2) matrizes de contagem de peixes antes e depois do Desastre, 3) dados brutos das leituras do DIVING-PAM e setup utilizado no instrumento.

REFERÊNCIAS

Francini-Filho RB e Moura RL (2008) Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 18(7): 1166-1179.

Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. Cummings Publ., 620 p.

Mazzei EF, Bertoncini AA, Pinheiro HT, Machado LF, Vilar CC, Guabiroba HC, Costa TJF, Bueno LS, Santos LN, Francini-Filho RB, Hostim-Silva M, Joyeux JC (2016) Newly discovered reefs in the Southern Abrolhos Bank, Brazil: Anthropogenic impacts and urgente conservation needs. *Mar Poll Bull*, doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.08.059.

- **RELATÓRIO: “Avaliação Do Estado De Conservação Dos Bancos De Macroalgas E Rodolitos Adjacentes À Foz Do Rio Doce” – Rt_020-159-515-2282_00-B”**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Fundos recifais e Bancos de rodolitos

Equipe avaliadora: Doutor Gilberto M. Amado Filho e Ricardo G. Bahia

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: “Avaliação Do Estado De Conservação Dos Bancos De Macroalgas E Rodolitos Adjacentes À Foz Do Rio Doce” – Rt_020-159-515-2282_00-B”

Local e data de publicação: Rio de Janeiro, Outubro de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos LTDA

Equipe (nome e nível de experiência): Gustavo Estrada, Oceanógrafo, Doutor, Coordenação técnica e elaboração do relatório; Luis Melges, Oceanógrafo, Doutor, Coordenação técnica e revisão sênior; Eduardo Richard, Oceanógrafo, Mestre, Condução de trabalhos de campo, geoprocessamento e elaboração do relatório; Camila Cotrim, Estudante, Estagiária; Renata Perpétuo Reis, Bióloga, Doutora, Coordenação técnica, condução de trabalhos de campo, identificação de algas e elaboração do relatório; Maria Carolina Muller de Oliveira Henriques, Bióloga, Doutora, Condução de trabalhos de campo, identificação de algas e elaboração do relatório; Aline Queiroz Caldeira, Bióloga, Mestre, Identificação de algas.

Avaliação geral da equipe de profissionais responsáveis pela geração dos dados e elaboração do documento em análise: A partir dos currículos dos profissionais acima elencados, é possível constatar que a equipe executora do relatório é qualificada para geração de dados específicos relacionados à avaliação do estado de conservação dos bancos de macroalgas adjacentes à foz do Rio Doce e verificar a existência de indícios de impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a estrutura dessas comunidades. Entretanto, carece nesta equipe algum profissional com experiência comprovada em ecologia de banco de rodolitos, o que seria recomendado para avaliação do estado de conservação dos mesmos na região. A ausência de especialistas nesta área na equipe de profissionais, entretanto, não invalida os dados sobre a avaliação da estrutura dos bancos de rodolitos obtidos durante o projeto, desde que os métodos utilizados e interpretações dos resultados tenham sido devidamente embasados em literatura científica confiável sobre o tema, o que será fruto de discussão nos tópicos seguintes deste relatório.

Resumo do escopo: O relatório acima identificado teve como objetivo geral “avaliar o estado de conservação dos bancos de macroalgas e rodolitos adjacentes à foz do Rio Doce e verificar a existência de indícios de impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a estrutura dessas comunidades”. A introdução dispõe de informações sobre o rompimento da barragem de Fundão em 5 de Novembro de 2015 e a chegada de rejeitos e material da barragem ao mar 16 dias após o acidente. Constan informações sobre a caracterização geoquímica dos rejeitos e um sumário dos efeitos imediatos que estes causaram no ambiente estuarino-marinho, incluindo alterações no sedimento marinho, na qualidade da água e possíveis aumentos da taxa de deposição de sedimentos e soterramento de fundos consolidados. Ainda na introdução, são apresentados os principais vetores de potenciais impactos do rompimento da barragem de Fundão aos bancos de macroalgas e rodolitos.

Para atingir o objetivo proposto, o projeto teve foco na obtenção de respostas para as seguintes perguntas principais que guiaram o estudo: (1) O estado ecológico dos bancos de macroalgas e rodolitos adjacentes à foz do Rio Doce é baixo ou ruim, indicando a existência de algum distúrbio? Em caso de resposta positiva, é possível atribuir este resultado diretamente ao rompimento da barragem de Fundão? (2) Os parâmetros estruturais e o estado ecológico das assembleias de macroalgas e rodolitos de zona entremarés que foram atingidas pela pluma de rejeitos (porção norte da APA Costa das Algas) se diferem daqueles apresentados das assembleias não atingidas (ao sul)? (3) Os parâmetros estruturais da assembleia de algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos adjacentes à foz do Rio Doce se diferem daqueles apresentados por assembleias do “Banco do Índio”, no litoral sul do Espírito Santo (Villas-Boas 2008, Villas-Boas et al. 2009, Henriques 2010, Amado-Filho et al. 2010, Henriques et al. 2012, Bahia 2014, Henriques et al. 2014a, b)?

As amostragens foram conduzidas no outono de 2016 em um total de 22 pontos de amostragem situados nas unidades de conservação APA Costa das Algas e RVS Santa Cruz e distribuídos desde a zona entremarés até 60 m de profundidade. A abundância das macroalgas foi determinada por meio de análises do percentual de cobertura estimado a partir de metodologia específica utilizando fotoquadrados. A amostragem qualitativa para identificação de macroalgas (incluindo algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos) constou de coletas por meio de mergulho autônomo e draga do tipo van veen, além de levantamento por ROV. As macroalgas da zona entremarés foram classificadas em termos de Grupo de Status Ecológico para cálculo do Índice de Avaliação Ecológica proposto por Orfanidis et al. (2001, 2014). Em relação aos rodolitos, foram determinados parâmetros estruturais, sendo considerados o grau de esfericidade, dimensões e morfótipo (forma de crescimento). Adicionalmente, o número e composição de espécies de algas formadoras de

rodolitos e a abundância de macroalgas foram utilizados para comparação das localidades amostradas através de análise de similaridade de Bray Curtis.

Como principais resultados e discussão, o estudo aponta que os bancos de macroalgas e rodolitos da região estão em bom estado de conservação, não tendo sido encontrado nenhum indício de alteração brusca ou impacto agudo. Também destaca que não foram encontradas evidências visuais de deposição de rejeitos sobre macroalgas e rodolitos. A ocorrência de macroalgas e rodolitos esteve limitada à zona entremarés e na faixa de profundidade entre de 40 e 60 m. Em função do caráter raro de ocorrência de macroalgas e rodolitos na zona subtidal até 40 m de profundidade, optou-se por não empregar esforços de amostragem nessa região. Verificou-se que as assembleias de macroalgas e rodolitos da zona entremarés foram classificadas entre Classe de Status Ecológico (CSE) bom e ótimo, não havendo diferença significativa para este parâmetro quando comparados pontos atingidos pela pluma de rejeitos (Norte) e controles (Sul). Quando comparado com estudo prévio na mesma região, no verão de 2012 (Schermer et al. 2013), verificou-se que houve uma melhora do estado de conservação dos bancos de macroalgas em 2016, baseando-se nas CSE. Entretanto, ressalta-se que esta comparação não levou em consideração aspectos das variações sazonais das populações de macroalgas, reconhecendo a importância deste fator (sazonalidade) para uma avaliação mais detalhada do estado ecológico das áreas estudadas.

Foram identificados 11 táxons de algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos, sendo 10 em nível de gênero e uma em nível de espécie. Constatou-se uma menor riqueza de espécies quando comparada com um banco de rodolitos situado no litoral sul do Espírito Santo (Banco do Índio), onde são referidos 14 táxons. Como explicação para esta diferença, sugere-se uma maior influência da pluma de sedimentos do Rio Doce na APA Costa das Algas em comparação ao Banco do Índio, aumentando a turbidez, reduzindo a luminosidade e, conseqüentemente, reduzindo o número de espécies que conseguem tolerar essas condições. Os bancos de rodolitos da APA Costa das Algas foram semelhantes ao do Banco do Índio em relação à diminuição da esfericidade dos rodolitos e aumento do seu diâmetro com a profundidade. Com base em resultados de relatórios anteriores produzidos pela Golder (2016a) e análises da qualidade da água em pontos de coleta selecionados neste estudo, conclui-se que é pouco provável que impactos crônicos letais ou subletais sobre a estrutura e funcionamento das comunidades de macroalgas da APA Costa das Algas e RVS Santa Cruz tenham ocorrido ou venham a ocorrer, na medida em que, após o rompimento da barragem, não foram observadas mudanças nas concentrações de metais (impacto químico), enquanto o pulso de elevação de turbidez observado foi de curto prazo e atingiu níveis máximos que não ultrapassaram a faixa de variação natural pré-evento.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: As amostragens foram conduzidas no outono de 2016 (entre 09 de Maio e 03 de Junho de 2016) em um total de 22 pontos de amostragem situados nas unidades de conservação APA Costa das Algas e RVS Santa Cruz. Os pontos foram distribuídos desde a zona entremarés até 60 m de profundidade (Figura 04 do documento em análise). A distribuição de dois pontos da zona entremarés foi definida de forma a coincidirem com pontos amostrados por Scherner et al. (2013), enquanto que todos demais pontos foram estabelecidos de forma aleatória. Amostragens qualitativas de macroalgas e rodólitos foram realizadas por meio de coletas manuais por mergulhador nas zonas mais rasas (< 40 m de profundidade) e com a utilização de draga do tipo van veen (cinco lançamentos por ponto de amostragem) nas zonas mais profundas (>40 m de profundidade). Estimativas do percentual de cobertura de macroalgas foram obtidas a partir de amostragens não destrutivas na zona entremarés. Três transectos de cinco metros de comprimento foram posicionados em cada ponto de amostragem, onde cinco quadrados (25 cm de lado) em cada transecto, dispostos aleatoriamente, foram fotografados (fotoquadrados).

Justificativa: Os métodos e técnicas utilizados para amostragem, conforme mencionado no próprio relatório, são comumente empregados para descrição de comunidades bentônicas (Littler & Littler 1985, Rebentos 2016) e validam a qualidade das amostras obtidas. Entretanto, a distribuição espacial e frequência da amostragem são insuficientes para atingir o objetivo geral que foi: “avaliar o estado de conservação dos bancos de macroalgas e rodólitos adjacentes à foz do Rio Doce e verificar a existência de indícios de impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a estrutura dessas comunidades”. De maneira geral, o desenho amostral adotado no estudo foi suficientemente abrangente para uma amostragem representativa da RVS de Santa Cruz e APA Costa das Algas. Entretanto, estas regiões se encontram fora da área de influência ou sob baixa influência da pluma visível de sedimentos do Rio Doce em período recente ao rompimento da barragem de Fundão, conforme pode ser verificado em mapas de distribuição da pluma produzidos a partir de dados obtidos neste período (Figura 01 do documento em análise; Econservation 2016, Golder 2016a). É esperado que qualquer alteração da estrutura dos bancos de macroalgas e rodólitos como consequência do rompimento da barragem somente possa ser detectada onde, de fato, evidências de exposição aos rejeitos tenham sido registradas. Embora a avaliação do estado de conservação das comunidades bentônicas das áreas marinhas protegidas adjacentes à foz do Rio Doce (RVS Santa Cruz e APA Costa das Algas) seja relevante, especialmente por se tratarem de unidades de conservação de alto valor biológico (IBAMA 2006), estudos sobre avaliação de impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre os bancos de macroalgas e rodólitos devem levar

em consideração as áreas de ocorrência destas comunidades que foram expostas à pluma de sedimentos no período recente ao acidente. Bastos et al. (2015), Quaresma et al. (2015) e Vieira (2017) mapearam a distribuição de fácies sedimentares ao longo da Plataforma Continental do Espírito Santo (PCES), incluindo regiões adjacentes à foz do Rio Doce a partir de dados obtidos previamente ao rompimento da barragem de Fundão. Estes estudos indicaram a presença de bancos de rodolitos na porção externa da plataforma continental em latitudes que abrangem a foz do Rio Doce, a partir da isóbata de 40 m até próximo ao talude, onde a influência da pluma do rio é menor. Levando em consideração a observação de pluma de sedimentos de alta concentração na plataforma externa da PCES, ao norte da APA Costa das Algas, em período recente ao acidente (Golder 2016a) e coincidindo com áreas de conhecida ocorrência de bancos de rodolitos (Bastos et al. 2015; Quaresma et al. 2015, Vieira 2017), conclui-se que o estado de conservação desses bancos também deveria ter sido avaliado para obtenção de uma resposta mais consistente sobre a ocorrência de impactos nessas comunidades.

Quanto à frequência de amostragem utilizada (entre 09 de Maio e 03 de Junho de 2016) verificou-se que o estudo contemplou apenas a estação do outono. Variações sazonais na estrutura de comunidades de macroalgas são conhecidas para o Espírito Santo, especialmente em relação à abundância das espécies (Amado-Filho et al. 2007, 2010; Guimarães & Amado-Filho 2008; Marins et al. 2014). Deste modo, assim como mencionado pelo próprio relatório, outros estudos considerando as variações sazonais das macroalgas são recomendados para uma avaliação mais detalhada do estado ecológico da área de estudo.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A abundância de macroalgas na zona entremarés foi determinada a partir do programa CPCe (Kohler & Gill 2006) com a análise do percentual de cobertura de cada táxon estimado a partir de 100 pontos distribuídos aleatoriamente em cada fotoquadrado. As algas foram classificadas em termos de Grupo de Status Ecológico (GSE), de onde, a partir da proporção de cada grupo, foi calculado o Índice de Avaliação Ecológica (IAE) proposto por Orfanidis et al. (2001, 2014) e Orfanidis (2016). Os valores de IAE indicaram uma das cinco categorias de Classe de Status Ecológico: ruim, baixo, moderado, bom e alto. A identificação das algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos foi realizada a partir de características morfoanatômicas visualizadas a partir de método de descalcificação, desidratação, infiltração em historesina e produção de cortes histológicos, seguindo Moura et al. (1997) e Henriques (2010, 2016). Foram analisados o diâmetro médio, o grau de esfericidade e os morfótipos dos rodolitos. O grau de esfericidade dos rodolitos foi obtido a partir de medidas de suas dimensões (15 rodolitos por ponto de coleta) e produção de diagramas por meio do programa Tri-plot de Graham & Midgley (2000). A frequência de

ocorrência de diferentes morfótipos de rodolitos foi determinada seguindo Woelkerling et al. (1993). Análises comparativas para avaliação do estado de conservação dos bancos de macroalgas e rodolitos foram realizadas a partir dos resultados obtidos em dois pontos de amostragem com aqueles gerados por Scherner et al. (2013) (dados cedidos por Paulo Antunes Horta, conforme mencionado no relatório p. 14) nos mesmos pontos em 2012. Também foram comparados três pontos de coleta amostrados no norte da área de estudo e supostamente atingidos pela pluma de rejeitos da barragem de Fundão com resultados de três pontos ao sul, não atingidos pela pluma e considerados como controle. As espécies de algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos foram comparadas com aquelas identificadas em estudos anteriores ao rompimento da barragem em bancos de rodolitos situados no sul do Espírito Santo e chamados de “Banco do Índio” (Villas-Boas 2008; Villas-Boas et al. 2009; Henriques 2010; Amado-Filho et al. 2010; Henriques et al. 2012; Bahia 2014; Henriques et al. 2014a,b). As comparações foram realizadas a partir de dendogramas construídos a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis, que agrupou os pontos mais similares em relação ao número e a composição de espécies formadoras de rodolitos e da abundância de outras macroalgas. A diferença entre o IAE da zona entremarés de macroalgas da área atingida pela pluma (Norte) com a área controle (Sul) foi avaliada com o teste t de *Student*. Um análise de variância bifatorial verificou se existiu interação entre os fatores locais (Norte x Sul) e tempo (2012 e 2016) em relação aos índices de avaliação ecológica, com pós-teste de *Tukey*. Os dados foram testados quanto a homogeneidade (teste Shapiro Wilk) e normalidade (teste de Cochran).

Justificativa: A presença de especialistas em florística de macroalgas na equipe de profissionais que executaram o estudo sugere confiabilidade às identificações taxonômicas utilizadas na análise da abundância de macroalgas da zona entremarés a partir de fotoquadrados, bem como para a classificação em termos de Grupo de Status Ecológico segundo Orfanidis et al. (2001, 2014) e Orfanidis (2016). Os métodos utilizados são embasados em literatura atual sobre o tema e podem ser considerados adequados para cumprir parcialmente os objetivos do estudo. Entretanto, observa-se que o método de classificação em termos de Grupo de Status Ecológico foi desenhado, testado e validado para águas do Mediterrâneo levando em consideração os táxons de macroalgas regionais de uma zona temperada (Orfanidis et al. 2001, 2014; Orfanidis 2016). Não existem estudos validando a aplicação deste método para espécies que ocorrem em zonas subtropicais e tropicais da costa brasileira. Além disso, a metodologia apresentada no relatório não dispõe de informações sobre o destino de material testemunho que supostamente teria sido depositado em Coleção de Referência Institucional - Herbário (p. 12 do documento em análise). Estas informações são essenciais para validação científica dos táxons identificados. Adicionalmente, para um estudo desta natureza, além do Índice de Avaliação Ecológica, recomenda-se a utilização de algum índice de diversidade para servir de comparação com

outros estudos.

A identificação das algas calcárias incrustantes formadoras de rodolitos utilizando técnicas histológicas considerando características exclusivamente morfoanatômicas é imprecisa. Há um consenso na literatura científica moderna da taxonomia do grupo que uma identificação confiável somente pode ser obtida a partir da combinação de análises morfoanatômicas e moleculares (a partir de comparação de sequências de DNA com aquelas obtidas de material tipo depositado em Coleção de Referência - Herbário) (Sissini et al. 2014, Jesionek et al. 2016, Rösler et al. 2016, Wolf et al. 2016). Em se tratando de taxonomia, os rodolitos são particularmente problemáticos pois, em vários casos, as algas calcárias que os formam não estão férteis, impedindo análises de estruturas reprodutivas essenciais para identificação. Soma-se a essa dificuldade o fato de que um mesmo rodolito pode ser formado por mais de uma espécie de alga calcária (Harvey & Woelkerling 2007, Nelson 2009), atributo este frequentemente encontrado em rodolitos do Espírito Santo (Villas-Boas 2008, Amado-Filho et al. 2010, Bahia 2014). Portanto, considera-se que o método aplicado para identificação das algas calcárias incrustantes foi insuficiente para geração de dados confiáveis.

Os parâmetros estruturais relacionados aos rodolitos que foram analisados no estudo (dimensões, grau de esfericidade e morfótipos) são de baixa relevância para atingir o objetivo proposto, ou seja, avaliar o estado de conservação e verificar a existência de indícios de impactos nos mesmos. Na introdução do relatório (seção 1.2.), é apresentada de maneira consistente e embasada na literatura três principais vetores com potencial de impacto às macroalgas e rodolitos em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, a saber: 1) aumento da turbidez; 2) aumento da taxa de sedimentação (ou soterramento) e 3) aumento da concentração de metais. Conforme apontado no próprio relatório, todos estes vetores poderão, em última instância, levar à morte das algas calcárias que formam os rodolitos. Deste modo, um dos parâmetros fundamentais que deve ser avaliado em um estudo sobre o estado de conservação de um banco de rodolitos é a vitalidade dos mesmos. A vitalidade pode ser estimada a partir da coloração dos talos das algas calcárias que compõem os rodolitos (Bahia et al. 2010, Sañé et al. 2016) ou, de modo mais preciso, a partir de análises fluorimétricas utilizando-se fluorímetros à prova d'água (Diving-PAM) (Burdett et al. 2014). A vitalidade é um importante fator a ser avaliado no estudo sobre os bancos de rodolitos, pois pode afetar sua estrutura como substrato (Sheehan et al. 2015). Por exemplo, algumas algas calcárias vivas podem apresentar efeito anti-incrustação a partir da descamação das células epiteliais (Keats et al. 1994, 1997). Outras contêm aleloquímicos que facilitam o assentamento e metamorfose de larvas de alguns invertebrados marinhos (Nelson 2009). No banco de rodolitos situado mais ao sul da costa brasileira (Ilha do Arvoredo, SC), Gherardi (2004) demonstrou uma relação entre a vitalidade dos rodolitos e a abundância da epifauna,

onde foi observado que os zooantídeos tenderam a ocorrer em áreas com baixo percentual de cobertura de algas calcária viva nos rodolitos. De maneira geral, entretanto, rodolitos vivos suportam comunidades mais ricas e diversas do que rodolitos mortos, cascalho ou areia de granulometria equivalente (Cabioch 1969, Keegan 1974). O percentual de cobertura de talo vivo das algas calcárias dos rodolitos sobre uma vasta área pode ser acessado a partir de imageamento de fundo por *ROVs* ou *drop cameras*. Ainda no contexto da vitalidade, um outro parâmetro de importância para estrutura dos bancos é a espessura da camada de rodolitos vivos. Esta pode ser mensurada a partir do lado transparente ou removível de um amostrador do tipo box-corer (Basso et al. 2016). Apesar de toda relevância mencionada, nenhum parâmetro de vitalidade dos rodolitos foi avaliado no relatório.

Outro parâmetro não contemplado no estudo e que pode ser útil na avaliação do estado de conservação dos bancos de rodolitos é a estrutura das comunidades bentônicas associadas aos mesmos. Trata-se de uma importante variável biológica para estudos de monitoramento e impacto ambiental nas áreas afetadas pelo desastre. Alterações na diversidade, abundância e sobrevivência de organismos bentônicos são métricas ecológicas frequentemente utilizadas nestes estudos, pois o bentos é reconhecido por ser funcionalmente importante (e.g. provisão de habitats biogênicos) e sensível a impactos antropogênicos (Dustan et al. 2012, Williams et al. 2015). Apesar de outras macroalgas, além das calcárias incrustantes, estarem frequentemente associadas aos rodolitos da plataforma continental do ES (Amado-Filho et al. 2007, 2010, Brasileiro et al. 2015), estas só foram analisadas na zona entremarés. A presença de uma comunidade abundante e diversa de macroalgas associada aos rodolitos pode ser um indicativo da saúde dos mesmos, uma vez que rodolitos impactados podem sofrer com o declínio na biomassa de macroalgas (Fredericq et al. 2014). Portanto, este parâmetro também poderia ter sido considerado na avaliação dos bancos de rodolitos encontrados entre 40-60 m de profundidade no estudo e não apenas na zona entremarés. Além da carência de análises dos parâmetros supracitados, destaca-se a ausência de análises de parâmetros relacionados à abundância dos rodolitos (por exemplo, percentual de cobertura do substrato e densidade) o que impossibilitou a avaliação sobre a estrutura dos bancos de rodolitos da região.

Apesar das considerações acima, os métodos utilizados para obtenção das dimensões, grau de esfericidade e morfótipos dos rodolitos estão de acordo com literatura científica sobre o tema (e.g., Amado-Filho et al. 2007; Basso et al. 2009; Bahia et al. 2010). Portanto, considera-se os mesmos válidos para geração de dados confiáveis. No entanto, foram utilizadas diferentes classes de profundidade para a avaliação do diâmetro dos rodolitos (entremarés, 40-50m, 50-60m) e morfótipos (entremarés, 40-60m), sem a apresentação de uma justificativa.

No que concerne às análises estatísticas, os testes utilizados para comparação entre

áreas controle e aquelas supostamente atingidas pela pluma são adequados (Teste T, ANOVA e análise de Similaridade de Bray Curtis). No entanto, os testes a priori da ANOVA mencionados na metodologia são inadequados. Usualmente, a normalidade pode ser avaliada pelos testes Kolmogorov-Smirnov, Shapiro Wilk ou Lilliefors, enquanto a homogeneidade de variâncias pelos testes Levene, Cochran, Bartlett. Presume-se que os autores se equivocaram na redação do texto do relatório, caso contrário, tais análises podem comprometer o resultado final apresentado no estudo.

Resultados

Descrição resumida: De forma geral, os bancos de macroalgas e rodolitos encontram-se em bom estado de conservação, não tendo sido encontrado nenhum indício de alteração brusca ou impacto agudo. Com base na avaliação de GSE, não foi verificada diferença significativa entre pontos atingidos e não atingidos pela pluma de rejeitos decorrente do rompimento da barragem. Na zona entremarés e entre 40 e 60 metros de profundidade foram encontrados rodolitos e macroalgas pertencentes às três Divisões (Chlorophyta, Ochrophyta e Rhodophyta). Na zona subtidal até 40m, não foram encontrados bancos de macroalgas ou rodolitos, mas principalmente nódulos compostos majoritariamente de briozoários, crustáceos e poríferos (Figura 8). Algas filamentosas e calcárias incrustantes foram observadas somente em alguns pontos e de forma bastante esparsa nessa faixa de profundidade. Portanto, bancos de rodolitos só foram encontrados a partir de 40 m de profundidade na APA Costa das Algas, com raras exceções de rodolitos esparsos em regiões mais rasas. Na APA Costa das Algas, foram encontradas 11 espécies de algas calcárias formadoras de rodolitos. O gênero mais frequente em todos os pontos amostrais dos bancos de rodolitos foi *Lithothamnion*, mas os pontos amostrais apresentaram composição de espécies diferentes. Na zona entremarés, *Hydrolithon* sp.1 ocorreu como espécie incrustada em rocha e formou rodolitos em poucos pontos amostrais. Essa diferença mostra que a origem dos rodolitos da zona entremarés não é a mesma dos rodolitos em profundidades maiores que 40 m, o que pode indicar que existem no mínimo dois bancos de rodolitos diferentes na APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz. Foi verificada maior riqueza de algas calcárias no Banco do Índio quando que na APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz, tanto em áreas rasas quanto em profundidades maiores que 40m. Foi verificada maior esfericidade encontrada em locais mais rasos, como a zona de entremarés, e a tendência de distribuição entre as formas esféricas e planas, chamadas de foliáceas (discoide, elipsoide e laminar), nas profundidades maiores. Com relação ao diâmetro dos rodolitos, na APA Costa das Algas o diâmetro aumentou com a profundidade. Com relação ao diâmetro dos rodolitos, na APA Costa das Algas o diâmetro aumentou com a profundidade. Os bancos de rodolitos de algas calcárias incrustantes da APA Costa das Algas são semelhantes aos do Banco do Índio, localizado no litoral sul do Espírito Santo, em relação à diminuição da esfericidade dos rodolitos e aumento do seu

diâmetro para as maiores profundidades, mas a composição específica e o percentual de formas esféricas é menor. A análise dos dados de monitoramento da qualidade de água indica significativa e persistente alteração da turbidez, concentração de sólidos em suspensão, ferro total e alumínio total na área próxima à foz do rio Doce, mas pouca ou nenhuma alteração nos pontos de amostragem localizados no interior da APA Costa das Algas (GOLDER 2016b). Portanto, a comparação da turbidez monitorada após o rompimento da barragem com dados pretéritos indica pouca ou nenhuma mudança na APA Costa das Algas.

Justificativa: O estudo foi realizado entre Maio e Junho de 2016 (outono de 2016). A data de rompimento de barragem foi 5 Novembro de 2015. Portanto o intervalo de 6 meses entre as amostragens e o acidente é um fator a ser considerando ao afirmar que o acidente não promoveu impacto agudo sobre a estrutura dessas comunidades. No entanto, mesmo a título de avaliação de um efeito crônico, o estudo classifica como bom o estado de conservação das comunidades e aponta uma melhora do estado de saúde quando comparado com dados pretéritos de 2012. No entanto, o estado de conservação foi avaliado na APA e na RVS Santa Cruz, áreas que estão sob baixa influência da pluma de rejeitos, conforme relatado no próprio estudo (frequência de observação da pluma até 20%). Portanto, as áreas amostradas estão sob baixa influencia da pluma indicando a inadequação do desenho experimental para verificar a existência de indícios de impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão sobre a estrutura dessas comunidades. Assim, a relação entre os parâmetros morfológicos (esfericidade, tamanho e morfotipos) dos rodolitos e a suposta turbidez decorrente da pluma de rejeitos passa a ser pouco relevante para a área em questão. Além disso, os dados pretéritos utilizados para comparação da comunidade de macroalgas e rodolitos da região entremarés datam do verão de 2012, enquanto os dados gerados neste estudo são do outono de 2016, desconsiderando variações sazonais comuns na flora de macroalgas da costa do ES. Deste modo, assim como mencionado no próprio relatório, outros estudos considerando as variações sazonais das macroalgas são recomendados para uma avaliação mais detalhada do estado ecológico da área de estudo. No que diz respeito a avaliação dos bancos de rodolitos, a inexistência de informações sobre a vitalidade das algas formadoras e a identificação baseada exclusivamente em caracteres morfoanatômicos geraram dados imprecisos. A ausência de informações sobre o material testemunho para as espécies de macroalgas e rodolitos também compromete a confiabilidade dos dados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Através dos métodos e técnicas de coleta de dados biológicos

descritos no item 3.1 e da metodologia de análise (descrita no item 3.2) foram geradas as inferências sobre o estado ecológico das comunidades de macroalgas e rodolitos na APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz, classificado de bom a ótimo. Baseando-se nas CSE, quando comparado com estudo prévio na mesma região no verão de 2012 (Schnerer et al. 2013), verificou-se que houve uma melhora do estado de conservação dos bancos de macroalgas de região entremarés. Os habitats estudados constituem áreas de preservação e são de extrema relevância ecológica por abrigarem grande diversidade biológica. No entanto, como ressaltado nos resultados (item 3.3), estas comunidades estão sob baixa ou nenhuma influência da pluma de rejeitos do Rio Doce (Figura 1). Portanto, com o intuito de identificar as mudanças decorrentes do desastre ambiental e mensurar o impacto do mesmo sobre as comunidades de macroalgas e rodolitos deveria ter sido planejada uma malha amostral que contemplasse áreas em um gradiente de potencial efeito da pluma, isto é, sítios com maior e menor influência dos rejeitos, uma vez que existem dados sobre a dispersão e intensidade da pluma (Figura 1 do próprio relatório), bem como ocorrência de bancos de macroalgas e rodolitos desta região (Bastos et al. 2015; Quaresma et al. 2015, Vieira 2017) que permitem o delineamento experimental adequado para o teste de hipótese proposto no relatório, ou seja, existência ou não de impactos dos rejeitos sobre a flora marinha.

Justificativa: O estudo aponta o bom estado ecológico dos bancos de macroalgas e rodolitos adjacentes à foz do Rio Doce, configurando ausência de distúrbio ambiental, e nenhum impacto por contaminação de rejeitos oriundos do rompimento da barragem do Fundão. No entanto, para a comparação de áreas atingidas e não atingidas pela pluma de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão, questiona-se a escolha dos pontos de amostragem na zona entremarés considerados como atingidos pela pluma (pontos N4, N5 e N6). A partir do mapa de distribuição da pluma do Rio Doce em período recente ao rompimento da barragem (Figura 1 do documento em análise), é possível observar que esses pontos (Figura 04 do documento em análise) estão situados em região de baixa incidência da pluma. Comunidades algais que potencialmente foram atingidas com maior intensidade pela pluma estariam situadas ao norte da APA Costa das Algas, fora dos limites desta unidade de conservação (e.g. Gomes et al. 1989). Portanto, a comparação desses pontos com aqueles ao sul (S1, S2 e S3), determinados como pontos controle, não foi a mais adequada para avaliar se houve impacto nas comunidades de macroalgas. Em relação à comparação realizada com o trabalho de Schnerer et al. (2013) para dois pontos de amostragem comum ao estudo (N4 e S1), é importante mencionar as diferenças sazonais das amostragens, conduzidas no verão de 2012 por Schnerer et al. (2013) e no outono de 2016 pelo estudo que gerou o documento em análise. Deste modo, são esperadas diferenças na estrutura de comunidades de macroalgas entre 2012 e 2016 devido ao fator estação do ano, como apontado pela Anova bifatorial, dificultando interpretações adicionais quanto a possíveis impactos decorrentes do rompimento da barragem. Além disso, cabe mencionar que os

dados utilizados para comparação obtidos de Sherner et al. (2013) não estão publicamente disponíveis, constituindo dados que foram cedidos por um dos autores do estudo, conforme mencionado no documento em análise (p. 14), configurando assim, impedimento para verificação direta dos dados. Por fim, comparações de parâmetros estruturais dos bancos de rodolitos da APA Costa das Algas com aqueles encontrados no Banco do Índio (sul do ES) são pouco informativos para trazerem respostas quanto a possíveis impactos do rompimento da barragem de Fundão, visto que se tratam de áreas geograficamente distantes e expostas a diferentes regimes oceanográficos, abrigando naturalmente comunidades com características distintas.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

A partir da avaliação do relatório, considera-se relevante a requisição dos seguintes dados brutos: (1) Lista de espécies com número de registro das amostras de referência depositadas em Coleção Institucional de referência – Herbário. (2) Dados brutos de Scherner et al. (2013) mencionados no relatório, i.e., lista de espécies de macroalgas e sua respectiva abundância nos pontos amostrados na APA Costa das Algas.

REFERÊNCIAS

- Amado-Filho, G.M., Maneveldt, G., Marins, B.V., Manso, R.C.C., Pacheco, M.R., Guimarães, S.P.B. 2007. Structure of rhodolith beds from a depth gradient of 4 to 55 meters at the south of Espírito Santo State coast, Brazil. *Ciencias Marinas* 33: 399-410.
- Amado-Filho, G.M., Maneveldt, G.W., Pereira-Filho, G.H., Manso, R.C.C., Bahia, R.G., Barros-Barreto, M.B., Guimarães, S.M.P.B., 2010. Seaweed associated with a Brazilian tropical rhodolith bed. *Ciencias Marinas* 36: 371–391.
- Amado Filho, G.M., Bahia, R.G., Pereira-Filho G.H. & Longo L.L. 2017. South Atlantic Rhodolith Beds: Latitudinal Distribution, Species Composition, Structure and Ecosystem Functions, Threats and Conservation Status. In: Riosmena-Rodrigues, R., Nelson, W. & Aguirre, J. (Eds.), *Rhodolith/Maerl Beds: A Global Perspective*. Coastal Research Library 15, Springer, New York: 229-318.
- Bahia, R.G., Abrantes, D.P., Brasileiro P.S., Pereira-Filho G.H., Amado-Filho, G.M., 2010. Rhodolith bed structure along a depth gradient on the northern coast of Bahia State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 58: 323-337.
- Bahia, R. G. 2014. Algas coralináceas formadoras de rodolitos da plataforma continental tropical e ilhas oceânicas do Brasil: levantamento florístico e taxonomia. Ph.D. dissertation, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 221 p.
- Basso, D., Nalin, R. & Nelson, C.S. 2009. Shallow-water *Sporolithon* rhodoliths from North Island (New Zealand). *Palaios* 24: 92-103.
- Basso, D., Babbini, L., Kaleb, S., Bracchi, V.A., Falace, A. 2016. Monitoring deep

Mediterranean rhodolith beds. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 26: 549–561.

Bastos A.C., Quaresma V.S., Marangoni M.B., D'Agostini D.P., Bourguignon S.N., Cetto P.H., Silva A.E., Amado Filho G.A., Moura R.L., Collins M. 2015. Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclastic carbonate shelf on the eastern Brazilian margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 63:125-136.

Brasileiro, P., Pereira-Filho, G., Bahia, R.G., Abrantes, D.P., Guimarães, S., Moura, R.L., Francini-Filho, R.B., Bastos, A. & Amado-Filho, G.M. 2016. Macroalgal composition and community structure of the largest rhodolith beds in the world. *Marine Biodiversity* 46:407–420.

Burdett, H.L., Keddie, V., MacArthur, N., McDowall, L., McLeish, J., Spielvogel, E., Hatton, A.D. & Kamenos, N.A. 2014. Dynamic photoinhibition exhibited by red coralline algae in the red sea *BMC Plant Biology* 14:139.

Dunstan, P. K., F. Althaus, A. Williams, & N. J. Bax. 2012. Characterising and predicting benthic biodiversity for conservation planning in deepwater environments. *PLoS One* 7: e36558.

Econservação estudos e projetos ambientais (Econservação) 2016. Relatório Executivo de Monitoramento da Pluma. Submetido à Samarco Mineração S/A. Abril, 2016.

Figueiredo, M.A.O. & Steneck, R.S. 2002. Floristic and ecological studies of crustose coralline algae on Brazil's Abrolhos reefs. 9th International Coral Reef Symposium, Bali 1: 493-497.

Fredericq, S., Arakaki, N., Camacho, O., Gabriel, D., Kraysky, D., Self-Kraysky, S., Rees, G., Richards, J., Sauvage, T., Venera-Ponton, D. 2014. A dynamic approach to the study of rhodoliths: a case study for the Northwestern Gulf of Mexico. *Cryptogamie, Algologie* 35: 77–98.

Gherardi, D.F.M. 2004. Community structure and carbonate production of a temperate rhodolith bank from Arvoredo Island, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52 (3/4): 207-224.

Golder Associates LTDA. (GOLDER) 2016a. Análise da ocorrência de deposição de rejeitos oriundos da barragem de Fundão no ambiente marinho adjacente ao Rio Doce. Submetido à Samarco Mineração S/A. RT_011-159-155-2282_00-B.

GOLDER ASSOCIATES LTDA. (GOLDER) 2016b. Atualização da Qualidade da Água e Sedimento na Zona Costeira após o rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão. Submetido à Samarco Mineração S/A. Julho, 2016.

Gomes, C.A., Yoneshigue-Valentin, Y., Murat, M.C.S., Falcão, C. & Mitchell, G.J.P. 1989. Feofíceas do litoral norte do Espírito Santo. *Ínsula* 19: 143-168.

Graham, D.J. & Midgley, N.G. 2000. Technical Communication - Graphical Representation of Particle Shape using Triangular Diagrams: An Excel Spreadsheet Method. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25(13): 1473-1478.

Guimarães SMPB, Amado-Filho GM. 2008. Deep-water gelatinous rhodophytes from southern Espírito Santo State, Brazil. *Bot. Mar.* 51: 378–387.

Harvey, A.S. & Woelkerling, W.J. 2007. A guide to nongeniculate coralline red algal (Corallinales, Rhodophyta) rhodolith identification. *Ciencias Marinas*, 33(4): 411-426.

Henriques, M.C. 2010. Taxonomia de algas calcárias incrustantes em bancos de

profundidade da região central da zona econômica exclusiva brasileira e suas considerações biogeográficas. Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 86 pp.

Henriques, M.C., Villas-Boas, A., Riosmena-Rodríguez, R. & Figueiredo, M.A.O. 2012. New records of rhodolith-forming species (Corallinales, Rhodophyta) from deep water in Espírito Santo State, Brazil. *Helgoland Marine Research*, 66: 219–231.

Henriques, M.C., Riosmena-Rodríguez, R., Coutinho, L.M. & Figueiredo, M.A.O. 2014a. Lithophylloideae and Mastophoroideae (Corallinales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf. *Phytotaxa*, 190 (1):112-129.

Henriques, M.C., Coutinho, L.M., Riosmena-Rodríguez, R., Barros-Barreto, B., Khader, S. & Figueiredo, M.A.O. 2014b. Three deep water species of *Sporolithon* (Sporolithales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf, with the description of *Sporolithon elevatum* sp. nov. *Phytotaxa*, 190 (1):320-330.

Henriques, M.C. 2016. Taxonomia e filogenia molecular de algas calcárias incrustantes da Bacia de Campos e importância da gestão da sua biodiversidade no Brasil. Tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 223 pp.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA 2006. Relatório Final da Proposta de Criação das UC's APA Costa das Algas e REVIS de Santa Cruz. Vitória. Volumes I, II, III, IV e V.

Jesionek, M.B., Bahia, R.G., Hernández-Kantún, J., Adey, W.H., Yoneshigue-Valentin, Y., Longo, L. & Amado-Filho, G.M. 2016. A taxonomic account of non-geniculate coralline algae (Corallinophycidae, Rhodophyta) from shallow reefs of the Abrolhos Bank, Brazil. *Algae* 31: 317-340.

Keats, D.W., Wilton, P. & Maneveldt, G.W. 1994. Ecological significance of deep-layer sloughing in the eulittoral zone coralline alga, *Spongites yendoi* (Foslie) Chamberlain (Corallinaceae, Rhodophyta) in South Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 175: 145-154.

Keats, D.W., Knight, M. A. & Pueschel, C. M. 1997. Antifouling Effects of Epithallial Shedding in three crustose coralline algae (Rhodophyta, Corallinales) on a coastal reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 213: 281-293.

Kohler, K.E. & Gill, S.M. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology Computers. *Geosciences*, 32: 1259–1269.

Littler, M.M. & Littler, D.S. 1985. Nondestructive sampling. Reprinted from the Handbook of Phycological Methods. *Ecological Field Methods: Macroalgae*. Cambridge University, p. 161-172.

Marins, B.V., Amado-Filho, G.M., Barbarino, E., Pereira-Filho, G.H. & Longo, L.L. 2014. Seasonal changes in population structure of the tropical deep-water kelp *Laminaria abyssalis*. *Phycological Research*, 62: 55–62.

Moura, C.W.N.; Kraus, J.E., Cordeiro-Marino, M. 1997. Metodologia para obtenção de cortes histológicos com historresina e coloração com azul de toluidina O para algas coralináceas (Rhodophyta, Corallinales). *Hoehnea*, 24: 17-27.

Nelson, W.A. 2009. Calcified macroalgae – critical to coastal ecosystems and vulnerable to change: a review. *Marine and Freshwater Research*, 60: 787–801.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Stamatis, N. 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science*, 2: 45–65.

Orfanidis, S., Dencheva, K., Nakou, K., Tsioli, S., Papathanasiou, V. & Rosati, I. 2014. Benthic macrophyte metrics as bioindicators of water quality: towards overcoming typological boundaries and methodological tradition in Mediterranean and Black Seas. *Hydrobiologia* 740: 61–78.

Orfanidis, S. Ecological Evaluation Index. Disponível em: <http://www.eei.gr/index.html>. Acessado em Junho 2016.

Quaresma, V. D. S., Catabriga, G., Bourguignon, S. N., Godinho, E., & Bastos, A. C., 2015. Modern sedimentary processes along the Doce river adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*, 45(4), 635-644.

REBENTOS 2016. Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos. Disponível em <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/48874>. Acessado em 13 de Junho. 2016.

Rösler, A., Perfectti, F., Peña, V. & Braga, J.C. 2016. Phylogenetic relationships of Corallinaceae (Corallinales, Rhodophyta): Taxonomic implications for reef-building corallines. *J. Phycol.* 52, 412–431.

Sañé, E., Chiocchia, F.L., Basso, D., Martorellia, E. 2016. Environmental factors controlling the distribution of rhodoliths: An integrated study based on seafloor sampling, ROV and side scan sonar data, offshore the W-Pontine Archipelago. *Continental Shelf Research* 129: 10–22.

Scherner, F., Horta, P.A., Oliveira, E.C., Simonassi, J.C., Hall-Spencer, J.M., Chow, F., Nunes, J.M.C., Pereira, S.M.B. 2013. Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along the SW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 76: 106–115.

Sheehan, E.V. Bridger, D. & Attrill, M.J. 2015. The ecosystem service value of living versus dead biogenic reef. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 154: 248-254.

Sissini, M. N., Oliveira, M. C., Gabrielson, P. W., Robinson, N. M., Okolodkov, Y. B., Riosmena-Rodríguez, R. & Horta, P. A. 2014. / (Corallinales, Rhodophyta): so many species in one epithet. *Phytotaxa* 190: 299-319.

Vieira, F.V. 2017. Sedimentação da plataforma continental do Espírito Santo: do aporte terrígeno a ocorrência de fundos recifais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 81p.

Vieira-Pinto, T. 2016. Diversidade das algas calcárias crostosas do Brasil baseada em marcadores moleculares e morfologia. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 316p.

Villas-Boas, A.B. 2008. Comunidades de organismos incrustantes e identificação de algas calcárias em bancos de rodolitos no Estado do Espírito Santo. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 118p.

Villas-Boas, A.B., Riosmena-Rodríguez, R., Amado Filho, G.M., Maneveldt, G. & Figueiredo, M.A.O. 2009. Rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales; Rhodophyta) from Espírito Santo State, Brazil, including the description of *L. depressum* sp. nov. *Phycologia*. 48: 237–248.

Williams, A., Althaus, F., Schlacher, T.A. 2015. Towed camera imagery and benthic sled catches provide different views of seamount benthic diversity. *Limnol. Oceanogr.: Methods* 13: 62–73.

Woelkerling, W.J., Irvine, L.M. & Harvey, A. 1993. Growth-forms in non-geniculate coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta). *Australian Systematic Botany* 6: 277-293.

Wolf, M.A., Falace, A., Kaleb, S. & Moro, I. 2016. Molecular data confirm the existence of attached crustose tetrasporangial thalli in *Phymatolithon calcareum* (Melobesioideae, Hapalidiaceae, Rhodophyta) from the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany* 134: 75–81.

APÊNDICE H - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Hidrogeoquímica Marinha.

- **RELATÓRIO: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos

Local e data de publicação: Belo Horizonte/MG – Outubro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): Rens Verburg (Revisor) – Geoquímico Master, Principal. – Ph.D., PGeo; Cheryl Ross – Hidrogeoquímica Sênior, Associate – MSc., PGeo.; Kristin Salzsauler – Geoquímico Sênior, Sênior Associate – MSc., PGeo; Fernando Pantuzzo – Geoquímico Sênior – D.Sc; Thais Amaral Moreira – B.Sc.

Resumo do escopo: Relatório consiste em uma revisão de outros relatórios confeccionados pela Golder (Seção 4 e RT-023_159-515-2282_00-J de Julho de 2016). O relatório busca na Fase I, caracterizar em termos de composição geoquímica o rejeito, além de solos e sedimentos possivelmente afetados pelo desastre. Na fase II, emprega os testes de estabilidade química dos rejeitos, solos e sedimentos afetados, utilizando-se de testes de mobilização de metais (isto é, lixiviação, Solubilização e Elutriação) da fase sólida para aquosa. Sendo a segunda fase não avaliada por este sub-projeto. No que tange os elementos maiores e traço, valores acima da legislação brasileira são reportados nos sedimentos marinhos, exemplos de As e Ni, Outros elementos também apresentam elevadas concentrações mas não são classificadas pela legislação vigente, como Al, Fe, N e P. Valores extremamente elevados ao que usualmente encontrados em um ambiente marinho. Pouco é discutido sobre esses valores acima da legislação, e comparações da distribuição e concentrações dos elementos nos sedimentos dos oceanos com os sedimentos a montante da barragem de Candonga são usadas para diagnosticar a influência do impacto nos sedimentos marinhos.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Pouco ou nada é apresentado sobre os protocolos de coleta das amostras em meio marinho. O que inviabiliza a avaliação dessa seção ou mesmo dos dados gerados pelas análises laboratoriais.

Justificativa: O baixo detalhamento ou inexistência de informações sobre equipamentos de coleta e armazenamento das amostras, ou ainda, a falta de informação sobre procedimentos de limpeza desse material não permite uma compreensão das atividades de coleta. Dessa forma, não há viabilidade de avaliar o conteúdo. Para melhor compreensão dos métodos seria necessário o Plano de Amostragem e Análise (SAP) por completo.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O relatório apenas informa as empresas que realizaram as análises e citam os métodos utilizados para análises dos elementos. Também apresenta resultados de testes de controle de qualidade analítica.

Justificativa: Apenas citações de metodologias de análise são apresentadas pelo relatório, sem qualquer especificação dos protocolos utilizados. Contudo, se os protocolos utilizados foram realizados exatamente conforme os métodos citados, os mesmos são válidos para as análises descritas. De qualquer forma, o método de análise dos metais e As não é informado, podendo apenas ser constatado pelas descrições das tabelas nos anexos como por ICP-OES (SGS Geosol) ou ICP-MS (SGS Canadá). Limites de quantificação são apresentados muitas vezes como o limite menor da resolução CONAMA vigente (357 para água e 454 para sedimentos), o que não é muito criterioso ou preciso para avaliar um impacto ambiental dessa magnitude, mesmo sendo aceitável por essa legislação. Também não fica claro o critério de utilização das concentrações de elementos, uma vez que muitos desses são apresentados abaixo do LQ e resultados, como a extração sequencial, mostrar as frações que esse elemento se encontra no sedimento. Além disso, existem inconformidades quanto análises interlaboratoriais, o qual apresenta diversos parâmetros que apresentaram diferenças em suas análises sem qualquer explicação do uso dos resultados. No caso específico para análise de mercúrio, a secagem da amostra em 105 °C, pode ter resultado na volatilização do metal, não sendo apropriado o uso desse método. Para isso, recomenda-se a liofilização como um método mais adequado. Para melhor compreensão dos métodos seria necessário o Plano de Amostragem e Análise (SAP) por completo.

Resultados

Descrição resumida: Resultados apresentam dados de metais, arsênio, bem como outros elementos como fósforo e nitrogênio totais em água e sedimentos. Além de dados físico-químicos como pH e condutividade. Os valores para amostras de água salina são apresentados apenas para os testes de lixiviação e elutriação, não sendo avaliados neste relatório de avaliação. Elementos como As e Ni apresentaram valores em meio marinho acima da legislação vigente, mas outros elementos mesmo com concentrações abaixo da legislação, apresentaram concentrações preocupantes, caso do Al, Fe, Cr, e Pb. Elevados teores de nitrogênio e fósforo também apresentam uma preocupação, pois ambos são utilizados por produtores primários para fotossíntese, o que poderia acarretar em desequilíbrios ecológicos.

Justificativa: Os dados são em sua maioria consistentes com os encontrados em outros estudos na região para caracterizar o impacto. Contudo, o elevado limite de quantificação apresentado não permite um detalhamento da composição ou mesmo do impacto em todo seu espectro. Além disso, as diferenças entre as concentrações e limites de quantificação nos diferentes laboratórios (intercalibração), não dão muito suporte para o uso dos dados. A apresentação do SAP poderia dar melhor credibilidade aos dados apresentados e seu uso.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Métodos de coleta e análise são incompletos havendo a necessidade da apresentação do SAP para melhor compreensão. Limites de quantificação apresentados são elevados quando comparados com os métodos clássicos de análises de metais descritos na literatura específica. A categorização de regiões “afetadas” e “não afetadas” apenas pelo carácter visual não deve ser utilizada, pois diversos parâmetros podem se comportar de forma diferenciada da “pluma” de rejeitos. Dessa forma, a avaliação comparativa de pontos em áreas “não afetadas” com áreas “afetadas” não é muito precisa. Avaliação dos resultados são descritos apenas de forma a atender a legislação vigente, contudo, falta detalhamento nos resultados para melhor compreensão do impacto.

Justificativa: Em citação ao apresentado no relatório, é apresentada a seguinte frase: “Para os metais a seguir, as concentrações mais altas foram, geralmente, medidas em amostras profundas coletadas nas calhas a montante do Reservatório de Candonga e em amostras superficiais coletadas no oceano: As, Ba, Pb, Co, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn. A montante do Reservatório de Candonga, espera-se que as amostras superficiais sejam afetadas pela deposição de rejeitos em maior grau do que as amostras profundas. No oceano, a deposição

de rejeito foi mínima, quando comparado com a área a montante do Reservatório de Candonga. Portanto, estas tendências dão sustentação à conclusão de que, para estes parâmetros, as concentrações elevadas no solo e sedimentos são atribuíveis a fontes que não os rejeitos liberados da Barragem de Rejeitos de Fundão.” A comparação entre as regiões supracitadas, das quais são dominadas por diferentes condições físicas, apenas avaliando as concentrações dos compostos não deve ser tida como parâmetro de avaliação de um impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Torna-se necessário a requisição de todos os dados brutos gerados pela SGS Geosol, SGS Canadá e Anatech, mas principalmente o Plano de Amostragem e Análise (SAP).

- **RELATÓRIO: MT-030 159-515-2282 00-B. Concentrações de Arsênio, Zinco e Selênio na Zona Costeira Próxima a Foz do Rio Doce**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: MT-030_159-515-2282_00-B. Concentrações de Arsênio, Zinco e Selênio na Zona Costeira Próxima a Foz do Rio Doce

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Maio de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe técnica envolvida na elaboração do relatório (nome e nível de experiência): J. P. Bechtold, Mestre, Especialista de Qualidade da água sênior; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo sênior.

Resumo do escopo: Este memorando técnico foi elaborado devido a necessidade de se avaliar melhor as concentrações de arsênio, zinco e selênio monitoradas na região marinha desde o rompimento da barragem, tendo em vista que foram verificados níveis destes elementos acima do permitido nos tecidos de peixes e ostras, o que levou a proibição da pesca na região. Portanto, o objetivo deste memorando é revisar os dados da qualidade da água e do sedimento quanto a estes três parâmetros e identificar potenciais fontes naturais ou antrópicas na zona costeira próxima a foz do Rio Doce. Os dados avaliados sugerem que estes elementos não estão diretamente relacionados a chegada do rejeito de minério no oceano e que existem outras fontes presentes na região costeira que provocam o incremento As, Zn e Se na região e, consequentemente, nos organismos afetados.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Como este memorando é uma revisão dos demais relatórios, serão utilizadas como propósito para avaliação as amostras de água a 20% e 80% da coluna d'água, que foram feitas desde o início do monitoramento. Todas as coletas de sedimento, incluindo as não previstas pelos órgãos ambientais e realizadas desde o dia 17 de Novembro de 2015 pela Samarco, foram consideradas nesta revisão.

Este memorando não especifica os métodos de coleta, mas como é uma revisão dos

relatórios anteriores, pressupõem-se que as coletas foram feitas como segue: (1) Coleta de água: Garrafa de Van Dorn, caneca inox e balde (superficiais); (2) Coleta de sedimento: Draga de Van Veen

Justificativa: Como este memorando não especifica os responsáveis e os métodos de coleta, mas considerando a avaliação dos demais relatórios, ressalta-se no método de coleta do sedimento, onde utilizou-se todo o conteúdo trazido pela draga, que alcança camadas mais profundas do que as que corresponderiam ao rejeito depositado, o que gera um efeito diluidor do potencial impacto.

A título de amostragem de água, nos relatórios anteriores não consta como as coletas a 20% e 80% da coluna d'água e 50 cm do fundo foram feitas, diz apenas sobre a coleta da água superficial (até 10 cm da linha d'água). Portanto, devido a metodologia incompleta, fica inviável avaliar adequadamente esse aspecto.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Sabe-se que, como se trata de uma revisão dos relatórios anteriores, as análises químicas foram realizadas por diferentes laboratórios ao longo desse período de monitoramento. O metal selênio não foi analisado no sedimento e na água em nenhum momento, o que impossibilita o entendimento do impacto da pluma quanto a este elemento.

Justificativa: Alguns relatórios não descrevem os métodos e técnicas empregados nas análises dos parâmetros químicos, sendo que a responsabilidade sobre a qualidade analítica dos dados ficou a cargo da Samarco e não é especificado o controle de qualidade seguido, bem como equipamentos e técnicas de extração dos componentes químicos em suas respectivas matrizes (água e sedimento).

Resultados

Descrição resumida: Esta revisão mostra que os dados de As, Zn e Se nos demais relatórios aparentam continuar válidos e consistentes ao longo do tempo. O As na água ocorre em concentrações muitas vezes não quantificáveis e quando detectadas eles eram acima do permitido pela CONAMA 357/2005 para locais onde há pesca. Porém, concentrações também altas de As foram verificadas em pontos distantes da costa e antes do rompimento da barragem o que sugere que não houve influência do rejeito neste parâmetro. Em relação ao zinco, a maior parte das amostras de água estava abaixo dos limites permitidos por lei, o que sugere ausência de impacto causado pelo rejeito. O selênio não foi analisado nas amostras de água do mar. Para o sedimento as concentrações de arsênio foram frequentemente observadas acima do nível 1 da CONAMA 454/2012 e uma amostra está acima do nível 2, embora as concentrações sejam mais baixas na foz do Rio Doce do que na APA Costa das Algas. As concentrações de Zn estavam abaixo do nível 1, com

concentrações mais baixas na APA atribuídas a granulometria mais grossa. Assim como para a água, o Se também não foi analisado na região costeira.

Justificativa: As concentrações encontradas para o As e Zn nesta revisão foram atribuídas a fontes diversas e excluíram a possibilidade do rejeito de minério ter causado alteração nestes parâmetros. Porém, sabe-se que o histórico da mineração na bacia do Rio Doce tem impacto direto no enriquecimento químico da água e do sedimento na região costeira, especialmente em relação ao As (Cagnin et al., 2016). Mesmo que a mineração do ouro também tenha exercido influência no incremento de As no meio ambiente, as rochas atualmente exploradas para extração de minério podem conter arsenopirita e, conseqüentemente, disponibilizar o As. O fato de não haver dados de selênio nas amostras de água e sedimento torna a avaliação do impacto sobre a biota falha.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida:

Os dados avaliados sugerem que o As, Zn e o Se não apresentam características que possam relacioná-los a chegada da pluma de rejeitos a costa.

Justificativa:

Mesmo que este memorando seja apenas uma revisão dos relatórios anteriores é importante saber se conclusões geradas no monitoramento foram mantidas. Neste caso, julgou-se que os dados são consistentes mesmo havendo falhas de coleta e poucas ou nenhuma informação acerca dos métodos analíticos. Ressalta-se ainda a ausência de análise de Se na água e no sedimento, o que seria um dado crucial neste memorando para o entendimento dos possíveis impactos à biota.

Esse relatório concluiu que as atividades da Samarco e o rompimento da barragem de Fundão tiveram pouca ou nenhum efeito nas concentrações de arsênio e zinco.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Os dados brutos deste memorando fazem parte dos demais relatórios e foram requisitados nas avaliações específicas dos mesmos, não sendo necessário solicitá-los novamente.

- **RELATÓRIO: MT-032_159-515-2282_01-B – PT (2) – Atualização da Qualidade da Água e Sedimento na Zona Costeira após o Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: MT-032_159-515-2282_01-B – PT (2) – Atualização da Qualidade da Água e Sedimento na Zona Costeira após o Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão.

Local e data de publicação: Belo Horizonte/ MG - Maio de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): Kara Warner – Ph.D.; J.P. Bechtold – M.A.Sc., P. Biol.

Resumo do escopo: O presente memorando técnico possui por finalidade atualizar dados da qualidade da água e sedimentos na região costeira, comparando-os com resultados em algumas cidades capixabas. São apresentados resultados de Al e Fe totais e dissolvidos, bem como fósforo total, sendo que em muitas amostras esses parâmetros se encontram acima da legislação vigente. No caso dos sedimentos, resultados de As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn são apresentados, e em quase todos os casos, exceto Pb, os parâmetros apresentaram pontos com concentrações acima do primeiro nível estabelecido pela legislação vigente.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Apresentação dos pontos amostrais em forma de mapas e profundidades de coleta de água seguindo a seguinte descrição: 15 cm abaixo da superfície (P15); Superficial, a uma profundidade de 20 % da coluna d'água; Profunda, a uma profundidade de 80% da coluna d'água; e 50 cm do fundo do oceano (P50).

Justificativa: Não é apresentada metodologia de coletas. Apenas a informação da localização dos pontos amostrais e profundidades de coleta. Acredita-se que possam estar

descritos no Plano de Amostragem e Análise (SAP).

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não é apresentado metodologias de análise.

Justificativa: Não é apresentado metodologias de análise. Acredita-se que possam estar descritos no Plano de Amostragem e Análise (SAP).

Resultados

Descrição resumida: Resultados de Al e Fe totais e dissolvidos, bem como fósforo total são apresentados para a avaliação da qualidade da água e em muitos casos, reportam dados acima do nível 1 da CONAMA 357/2005. De forma similar, dados de metais e As para os sedimentos apresentam grande variabilidade, mas com pontos onde a concentração superou o nível 1 da CONAMA 454/2012.

Justificativa: Os resultados são apenas discutidos com relação aos níveis estabelecidos pela legislação brasileira vigente ou por simples comparação com pontos amostrais dentro do rio Doce. Falta uma interpretação mais crítica dos resultados com relação a sua distribuição e composição química. Contudo, os elevados limites de quantificação, que possuem grande variação dependendo da empresa que realiza as análises, apesar de muitas vezes atender as legislações, não apresentam uma boa precisão para avaliação dos elementos estudados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O MT sugere um maior impacto próximo a foz do rio Doce, não havendo indicações de impacto a regiões mais distantes como a APA Costa das Algas. Também é apresentado que a amostragem de água em duas profundidades, ao invés de quatro, reflete adequadamente a variação da qualidade da água ao longo da coluna d'água. Há a conclusão de que as elevadas concentrações de Al total, Fe total e dissolvido e P total são reflexo dos rejeitos na região costeira. Contudo, é exposto que os resultados encontrados nos sedimentos possuem pouca ou nenhuma influência do rompimento da barragem.

Justificativa: A conclusão é justificada pela distribuição da concentração dos parâmetros analisados, onde elevadas concentrações dos elementos descritos são encontradas. Contudo, a comparação com outros estudos e o uso de ferramentas estatísticas para a realização da avaliação se faz necessária. Outro fator importante a ser considerado é a falta do registro de outros metais e "As" na avaliação da qualidade da água, o que é de extrema importância.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Requisição de todos os dados brutos, contudo se faz necessário o Plano de amostragem e Análise (SAP) para qualquer avaliação do uso dos dados presentes neste MT.

- **RELATÓRIO: MT-040 159-515-2282 00-B. Update On Water And Sediment Quality In Coastal Zone Following The Fundão Tailings Dam Breach**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: MT-040_159-515-2282_00-B. Update On Water And Sediment Quality In Coastal Zone Following The Fundão Tailings Dam Breach

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Junho de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe técnica envolvida na elaboração do relatório (nome e nível de experiência): P. Bechtold, Mestre, Especialista de Qualidade da água sênior e Kara Warner, Doutora, Especialista ambiental sênior.

Resumo do escopo: Este memorando tem o objetivo de determinar as principais conclusões dos relatórios Golder (2016a) e Golder (2016b), sobre a qualidade da água e do sedimento continuam sendo observadas para as amostras coletadas em Maio de 2016. O foco deste documento é avaliar os parâmetros que já vinham apresentando concentrações elevadas, sendo que o alumínio total, ferro total e ferro dissolvido são de interesse nesta avaliação da qualidade da água e o arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco foram avaliados no sedimento. Os dados avaliados sugerem que os parâmetros da qualidade da água e do sedimento continuam a seguir o que vinha sendo observado nos relatórios anteriores, sendo que as medidas corretivas realizadas pela Samarco (como construção de diques e a revegetação dos afluentes parece refletir na melhora da qualidade da água e o sedimento foi pouco ou nada afetado pela chegada da pluma de rejeitos de minério).

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

Este memorando não especifica os métodos de coleta (apêndice B ausente), mas como é uma revisão dos relatórios anteriores, pressupõem-se que as coletas foram feitas como segue:

- Coleta de água: Garrafa de Van Dorn, caneca inox e balde (superficiais)
- Coleta de sedimento: Dragagem de Van Veen

Justificativa:

Técnicas de coleta validadas pelo IEMA porém não especificadas. Portanto, devido a metodologia incompleta, fica inviável avaliar adequadamente esse aspecto.

Metodologia Análise

Descrição resumida:

Este memorando sugere que existam dois apêndices (A e B) onde constam os métodos de análise, porém os mesmos não estão presentes no arquivo recebido.

Justificativa:

São necessários os documentos onde constam as técnicas analíticas utilizadas para avaliação.

Resultados

Descrição resumida:

Os resultados consideram as resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 454/2012. As concentrações mais altas de alumínio total continuam restritas aos pontos mais próximos a foz, sendo que níveis mais altos mais distantes da foz são encontrados próximo ao fundo provavelmente devido a um efeito de ressuspensão ocasional do sedimento. O ferro total também se apresenta com níveis mais altos próximo a foz, mas as concentrações mostram uma diminuição nesta última atualização. O ferro dissolvido está dentro dos limites permitidos por lei nesta última avaliação. Para ambos os casos as concentrações na coluna d'água são mais altas próximas ao fundo, assim como para o alumínio.

No sedimento, o arsênio apresentava concentrações mais altas off-shore do que próximo a foz, porém, nesta atualização foram observadas concentrações mais altas do que as anteriores próximas a foz. As concentrações de cádmio estão próximas ao nível 1 da CONAMA 454/2012 em toda a plataforma continental monitorada, exceto para a Seção IV onde as concentrações não foram quantificáveis (de acordo com o nível 1 da CONAMA 454/2012). As concentrações de Pb, Cu e Cr também estiveram abaixo do nível 1. Algumas concentrações de mercúrio reportadas neste memorando aparecem acima do nível 1 da CONAMA 454/2012. As concentrações de Ni estão ocasionalmente acima do nível 1, assim como no relatório Golder (2016b). As concentrações de Zn no sedimento permaneceram abaixo do nível 1 assim como nos relatórios anteriores.

Justificativa:

Os resultados concluem que não ocorreram mudanças significativas ao longo do

monitoramento em relação as coletas de Abril e Maio 2016 reportadas neste memorando. Porém, algumas mudanças, mesmo que sutis, devem ser investigadas mais afundo, como para o As e Hg.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida:

O memorando sugere que as variações nos níveis de metais na água são dependentes das ações de remediação adotadas pela Samarco e os níveis de precipitação, e que ambos devem ser melhor investigados. Os dados avaliados sugerem que os níveis de metais e arsênio no sedimento tem pouca ou nenhuma relação com a chegada da pluma de rejeitos a costa.

Justificativa:

Mesmo que este memorando seja apenas uma revisão dos relatórios anteriores é importante saber se conclusões geradas no monitoramento foram mantidas. Neste caso, julgou-se que os dados são consistentes mesmo com pouca ou nenhuma informação acerca dos métodos de coleta e análise.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Necessita-se dos dados brutos planilhados das coletas as quais se refere esse memorando (Abril e Maio de 2016), bem como os métodos de coleta e análise detalhados no SAP.

- **RELATÓRIO: MT-050 159-515-2282 00-B. Resumo sobre qualidade da água e sedimentos relativo aos limites das resoluções CONAMA na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeito de Fundão.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: MT-050_159-515-2282_00-B. Resumo sobre qualidade da água e sedimentos relativo aos limites das resoluções CONAMA na zona costeira após o rompimento da barragem de rejeito de Fundão.

Local e data de publicação: Belo Horizonte/ MG - Julho de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): Antonio Freitas

Resumo do escopo: O presente memorando técnico (MT) apresenta um resumo dos resultados dos parâmetros que, de modo geral, excederam os padrões de qualidade ou níveis de classificação estabelecidos pelas resoluções CONAMA para qualidade de água e sedimentos. O MT avalia apenas os parâmetros contemplados pela CONAMA 357/2005 e CONAMA 454/2012, e qual porcentagem dos pontos apresentaram em não conformidade com essas resoluções.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Não é apresentado. Por se tratar de um MT, a metodologia deve estar presente no Plano de Amostragem e Análise (SAP).

Justificativa: Sem possibilidade de avaliação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Não é apresentado. Por se tratar de um MT, a metodologia deve estar presente no Plano de Amostragem e Análise (SAP).

Justificativa: Sem possibilidade de avaliação

Resultados

Descrição resumida: São apresentados comparações com padrões de qualidade de água com a Resolução CONAMA 357/2005, sendo Al dissolvido, Cu dissolvido, Coliformes, Cd total, Pb total, nitrito, Hg total e Ni total excedente ao nível 1 em menos de 1 % das amostras. Já Fe dissolvido, As total, Mn total, Zn total, P total e nitrato excedentes entre 1 % e 10% das amostras. Apenas *E. coli*, Amônia, oxigênio dissolvido e pH apresentaram frequências de casos excedentes acima de 10% das amostras. Dentre os parâmetros, apenas Cu dissolvido, As total, pH, Ni total, Hg total, nitrito e nitrato são considerados como provável influência dos rejeitos. Quanto aos sedimentos, apenas As e Cd apresentaram-se excedentes ao nível 2 da CONAMA 454/2012.

Justificativa: Não são apresentados resultados em termos de concentrações, o que torna necessário o envio para melhor avaliação dos resultados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não são apresentados métodos de coleta ou análise neste MT, sendo possivelmente presente no SAP. Quanto aos resultados apresentados, dezoito parâmetros apresentaram concentrações acima dos padrões de qualidade de água da CONAMA 357/2005, com frequências de casos excedentes entre <1 % a 16,7 %. O MT coloca Al dissolvido, Fe dissolvido, Cd total, P total, Pb total, Mn total e *E. coli* como sendo possivelmente influenciados pela pluma de rejeitos. Já quanto aos sedimentos, o MT coloca que com base nos dados apresentados, os rejeitos possuem um efeito desprezível ou nulo sobre a química dos sedimentos.

Justificativa: Como não há a apresentação ou discussão em cima de dados de concentrações, mas apenas comparações do percentual de amostras acima ou abaixo das Resoluções CONAMA 357/2005 e 454/2012, torna-se imprescindível a requisição desses dados brutos para qualquer avaliação.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

É solicitada a requisição de dados brutos bem como o Plano de Amostragem e Análise (SAP)

- **RELATÓRIO: Plano de Recuperação Ambiental**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Plano de Recuperação Ambiental

Local e data de publicação: Belo Horizonte/MG – Fevereiro de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência):

Luís Melges Cientista Ambiental Ph.D., Antônio Freitas Engenheiro Químico Ph.D., Lee Nikl Cientista Ambiental M.Sc., Jean Pierre Davit Engenheiro Ambiental M.Sc. Denis Millette Cientista Ambiental Ph.D., Deborah Chan-Yan Engenheira Civil M.A.Sc. Líderes Técnicos, Allan Bronsro Engenheiro Recursos Hídricos M.Sc., Alistair Cadden Engenheiro Geotécnico M.Sc., Roy Lopes Engenheiro Geotécnico M.Eng., Rowland Atkins Geomorfologista M.Sc., Robert Millar Engenheiro Recursos Hídricos Ph.D., Marcelo Diniz Engenheiro Civil M.Sc., Phil Osborne Geomorfologista Costeira Ph.D., Aloysio Saliba Engenheiro Hidrólogo Ph.D., JP Bechtold Biólogo M.Sc., Kara Warner Biólogo Ph.D., Fernando Pantuzzo Geólogo / Geoquímico Ph.D., Rens Verburg Geólogo / Geoquímico Ph.D., Lúcio Bedê Biólogo Ph.D., Ademir Reis Biólogo Ph.D., Martin Jalkotzy Ecologista de Fauna M.E.Des., Kyle Knopff Biólogo Ph.D., Brock Simons Biólogo M.Sc., Jacek Patalas Biólogo B.Sc., Gustavo Estrada Oceanógrafo Ph.D., Giovanni Torchia Biólogo M.Sc., Audrey Wagenaar Cientista Ambiental M.Sc., Christine Thomas Cientista Ambiental M.Sc., Trish Miller Cientista Ambiental M.Sc., Thiago Alves Biólogo B.Sc., Laurent Saumure Engenheiro Ambiental M.Sc., Fernando Tomé Engenheiro Civil M.Sc., Thais Amaral Engenheiro Ambiental B.Sc., Manuel Gontijo Biólogo B.Sc., Alexandre Pulino Engenheiro Ambiental M.Sc.

Resumo do escopo: O presente relatório consiste, de modo geral, no Plano de Recuperação Ambiental. Resumidamente, é um plano adaptativo de recuperação ambiental para as áreas afetadas pelos rejeitos. O plano é separado em cinco fases iniciais de principais componentes:

- Fase 1: Resposta inicial com ações de resposta emergencial.
- Fase 2: Avaliação dos impactos.
- Fase 3: Objetivos da recuperação

- Fase 4: Recuperação final com planejamento das ações de recuperação ambiental.
- Fase 5: Monitoramento da recuperação ambiental.

Resultados da Fase 1 apontam prolongadas alterações de Fe e Al totais na coluna d'água, enquanto outros parâmetros como pH, Fe dissolvido, Mn total, Pb total e P total apresentaram alterações de curta duração.

Já na Fase 2, o relatório apresenta propostas e planos para o monitoramento da qualidade de água com base nos resultados encontrados na Fase 1.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Pouco é apresentado sobre as metodologias de coleta no relatório. Tornando-se a avaliação dos mesmos, bem como a avaliação dos dados apresentados. Os métodos de coleta e análise são descritos no Plano de Amostragem e Análises (SAP), não apresentado até o presente momento desta avaliação.

Justificativa: Sem informações precisas dos procedimentos de coleta e armazenamento das amostras, não há como avaliar o presente relatório.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Em termos de metodologias de análise, pouco é apresentado no relatório, resumindo-se a apenas citações e poucas informações sobre o controle de qualidade das análises. Os métodos de coleta e análise são descritos no Plano de Amostragem e Análises (SAP), não apresentado até o presente momento desta avaliação.

Justificativa: Sem informações precisas dos procedimentos de análise das amostras, não há como avaliar o presente relatório.

Resultados

Descrição resumida: Como o presente relatório é uma proposta de Plano de Recuperação Ambiental em sua fase inicial, ou seja, próximo a data do acontecimento do desastre, pouco é apresentado em termos de resultados. Apenas a Fase 1 é composta por resultados inerentes à região marinha, com dados na coluna d'água. Nessa fase 1, o padrão temporal (semanal: quinze pontos amostrais; e a cada duas horas: cinco pontos amostrais próximos a costa) de qualidade de água em 23 pontos amostrais com profundidades superfície e profundo foi avaliado e comparado com a legislação brasileira vigente. Prolongadas alterações de Fe total e Al total foram observadas. Enquanto que em curta duração, foram observadas alterações em valores de pH, Mn total, Pb total e P total. Não apresentando resultados para os demais metais, arsênio e compostos nitrogenados.

Justificativa: Dos resultados que foram apresentados, dados dos parâmetros químicos aparentam ser consistentes com outros relatados na região marinha em datas próximas. Contudo, faz-se necessário a apresentação de todos os dados adquiridos e não somente dos julgados de “interesse”. Além disso, sem o conhecimento dos procedimentos de coleta e análise, em específico dos elementos, torna-se difícil a avaliação dos dados e resultados apresentados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: De acordo com o já apresentado na seção de descrição dos métodos e resultados, pouco é descrito sobre os métodos de coleta e análise. Quanto aos resultados, apenas são apresentados observações de alterações a longo (semanas) e curto (horas) prazo para alguns parâmetros julgados “interesse”.

Justificativa: Em relação aos resultados apresentados na Fase 1, pouco se é discutido sobre o real impacto dos rejeitos no meio marinho. Não foram considerados de interesse ou de responsabilidade possíveis materiais presentes na calha do rio e arrastados pela “onda” de rejeitos até o oceano. Além disso, resultados encontrados abaixo da legislação brasileira vigente não foram apresentados, fazendo-se necessário a apresentação dos dados para uma melhor avaliação dos mesmos.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Faz-se necessária a requisição de todos os dados gerados na Fase 1, bem como os possíveis resultados já gerados pelo plano proposto no relatório. Contudo, para melhor entendimento dos dados gerados, faz-se necessário o Plano de Amostragem e Análise (SAP).

- **RELATÓRIO: Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória

Local e data de publicação: Abril/2016

Órgão/Empresa executor(a): Econservation Estudos e Projetos Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência):

Marcelo Poças Travassos - Oceanólogo, MSc. - Gerente do Projeto e Revisor do Relatório; José Marcus de Oliveira Godoy - Químico, Dr. - Análises Químicas e Relatório de Oc. Química; Gisele Christina Tôso Kruger - Ciências Ambientais, Msc. - Relatório de Oc. Química; José Mauro Sterza - Biólogo, Dr. - Relatório Fitoplâncton; Alexandre Braga Coli - Oceanólogo, Dr. - Processamento e Relatório de Oc. Física; Sandra Fachin - Oceanóloga, MSc. - Processamento e Relatório de Oc. Física.

A formação dos profissionais da equipe está de acordo com a expertise necessária para a elaboração do relatório

Resumo do escopo: O relatório visa identificar sinais da pluma de turbidez na região de Abrolhos. Para isso foi estabelecido um plano amostral específico com o objetivo de analisar a presença ou não do material oriundo do rejeito da SAMARCO na região marinha a partir da foz do Rio Doce, entre Abrolhos e Vitória, e a possível consequência sobre a presença desse sobre a qualidade d'água e na comunidade fitoplanctônica. Para isso, foram realizados levantamentos de transectos de Nova Viçosa/BA até Manguinhos/ES; perfis de CTD e turbidez; análise dos dados do ADCP fundeado na região próxima a foz do rio Doce; Coleta e análise na superfície e fundo para fitoplâncton; coleta e análise de qualidade de água na superfície e fundo para metais e nutrientes. Quanto a qualidade da água, foram avaliados os parâmetros: Alumínio total e dissolvido, Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cobre total e dissolvido, Cromo total, Ferro total e dissolvido, Manganês total, Mercúrio total, Níquel total, Selênio total, Zinco total, Fósforo total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio

amoniacoal, Nitrogênio total, Polifosfato e Sílica total. Os resultados indicaram concentrações baixas ou ausência da maioria dos parâmetros. Em Regência/Linhares, mesmo com a influência da pluma de rejeitos, o número de “não conformidades” perante a Resolução CONAMA no 357/2005 foi baixo (5 amostras de um total de 68), e ocorreram para os parâmetros manganês e zinco. Para os demais parâmetros físico-químicos, a série nitrogenada (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, e Nitrogênio Total) não foi quantificada em nenhum dos transectos monitorados, indicando os baixos valores típicos das águas da corrente do Brasil. Comportamento semelhante foi observado para os parâmetros Fósforo e Polifosfato, cujas concentrações estiveram inferiores ou muito próximas aos respectivos Limites de Quantificação, de 0,05 mg/L e 0,01 mg/L.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: As coletas de água foram realizadas em superfície (5 cm) e próximo ao fundo, nesse último caso, através de uma garrafa oceanográfica. As triplicatas para análise de metais foram realizadas apenas em superfície. As coletas foram realizadas utilizando-se embarcações dotadas de sonda de profundidade e GPS de precisão. Esses equipamentos foram responsáveis pela precisão do posicionamento na estação de coleta e também para o registro prévio da profundidade, cujo objetivo é evitar o toque no fundo dos instrumentos de coleta e, conseqüentemente, ressuspensão de material do leito marinho, que poderiam interferir nos parâmetros em monitoramento. Todas as amostras foram preservadas segundo as técnicas recomendadas pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, APHA-AWWA-WPCF, 22ª Edição (APHA, 2012).

Justificativa: A metodologia de coleta se encontra adequada para os parâmetros avaliados.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Para a determinação dos elementos na fração total, após homogeneização, foram tomados 5 mL da amostra misturados com 5 mL de ácido nítrico subdestilado e mantidos em aquecimento a 80 °C durante 24 horas. Findo este período, a amostra foi centrifugada e tomada uma alíquota de 1 mL e diluída 1:10 com água qualidade Milli-Q®. As curvas de calibração foram construídas pelo método das adições múltiplas e, no caso específico das determinações por ICP-OES, utilizou-se escândio como padrão interno.

As determinações analíticas foram realizadas no laboratório Tommasi e no laboratório do Departamento de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ). No laboratório Tommasi foram realizadas análises dos seguintes elementos: Alumínio

dissolvido e total, Cobre total, Ferro total, Manganês total (USEPA 3015A, SMEWW 3120B); Arsênio total, Bário total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Ferro dissolvido, Mercúrio total, Níquel total, Selênio total e Zinco (POP-FQ-81 Rev. 06); Nitrito (SMARTCHEM-METHOD SULFANILAMID); Nitrato (SMARTCHEM-METHOD N-(1-NAPHTYL)ETHYLLEDIAMIN); Nitrogênio total (HACH, 10071, DIGESTÃO PERSSULFATO); Nitrogênio amoniacal (POP-FQ-52 ANEXO I e II, Rev. 14); Sílica total (SMEWW 22ª ED. 2012, 3120-B/ USEPA 3015-A) e Fósforo total (POP-FQ-052 ANEXO XVII, Rev.14).

As amostras foram coletadas pela Econservation Estudos e Projetos Ambientais e entregues no Departamento de Química, PUC-Rio, sendo mantidas refrigeradas até o momento da análise. O alumínio, cobre e ferro foram determinados tanto na fração dissolvida como na fração total. Para a determinação dos elementos na fração total, após homogeneização, foram tomados 5 mL da amostra misturados com 5 mL de ácido nítrico subdestilado e mantidos em aquecimento a 80 oC durante 24 horas. Findo este período, a amostra foi centrifugada e tomada uma alíquota de 1 mL e diluída 1:10 com água qualidade Milli-Q®. As curvas de calibração foram construídas pelo método das adições múltiplas e, no caso específico das determinações por ICP-OES, utilizou-se escândio como padrão interno. Foram realizadas análises dos seguintes elementos: Arsênio total e Selênio total (Fluorescência Atômica); Bário total, Cádmio total, Níquel total, Zinco total, Alumínio total, Cromo total, Ferro total, Manganês total, Cobre total, Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido, Cobre dissolvido, Cobalto, Prata, Urânio (USEPA 6010C - ICP-OES); Chumbo total (USEPA 200-8 - ICP-MS); Mercúrio total (USEPA 7470 - Vapor-frio).

Justificativa: Os métodos apresentados estão adequados, entretanto os limites de quantificação utilizados são muito superiores aos empregados em artigos científicos e desse modo, os resultados que indicam a ausência de parâmetros podem não estar retratando a realidade.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados indicaram baixas concentrações ou ausência da maioria dos parâmetros analisados. O mesmo pôde ser estendido às comparações entre amostras de superfície e de fundo, as quais apresentaram ausência de variação para a maioria dos parâmetros monitorados, a exceção do alumínio, zinco, cor verdadeira e sílica total. Dentre os metais quantificados nas análises em laboratório, os pontos mais próximos das regiões costeiras - P01 (Abrolhos), P16 (Conceição da Barra), P28 (Pontal do Ipiranga), P37 (Regência), P42 (Santa Cruz) e P49 (Manguinhos) apresentaram concentrações de fundo ligeiramente superiores às de superfície.

Em Regência/Linhares, mesmo com a influência da pluma de rejeitos, o número de “não conformidades” perante a Resolução CONAMA no 357/2005 foi baixo, e ocorreram para

os parâmetros manganês e zinco.

Para os demais parâmetros físico-químicos, a série nitrogenada (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, e Nitrogênio Total) não foi quantificada em nenhum dos transectos monitorados, indicando os baixos valores típicos das águas da corrente do Brasil. Comportamento semelhante foi observado para os parâmetros Fósforo e Polifosfato, cujas concentrações estiveram inferiores ou muito próximas aos respectivos Limites de Quantificação, de 0,05 mg/L e 0,01 mg/L.

Justificativa: Os métodos adotados, especialmente nas análises realizadas pela PUC são coerentes. Entretanto, os resultados sofrem influência dos altos limites de quantificação utilizados. Desse modo, muitos parâmetros considerados ausentes por estarem em concentrações menores do que do limite de quantificação, podem não ser representativos da real situação da qualidade da água no momento da coleta, não servindo como base para comparações com resultados ulteriores.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Apenas numa região muito limitada, dentro da zona de mistura entre a água do Rio Doce com a água do mar, cerca de 15 km de distância em relação à costa, é possível verificar-se uma influência dos rejeitos oriundos da empresa Samarco. Esta influência manifesta-se em termos de alumínio, ferro e manganês na fração total, enquanto em termos de fração dissolvida esta distância reduz-se para 1,5 km. Mesmo nesta região mais próxima à costa, não foi possível constatar a presença de metais pesados em concentração superior aos limites da resolução CONAMA no 357/2005 para águas salobras.

Não foi possível verificar-se uma influência da pluma originada a partir do Rio Doce na região do Arquipélago de Abrolhos. Apenas elementos, naturalmente, presentes na água do mar, como bário, apresentaram valores acima do limite de quantificação. É importante ressaltar as evidências de um aporte de água subterrânea nesta região, cuja presença poderia ser investigada através de pesquisas para uma melhor compreensão da sua biogeoquímica local.

Ao sul do Rio Doce, na região de Santa Cruz, é possível constatar-se a influência das águas do rio, com uma diminuição na salinidade e através de traçadores naturais como o bário e o $\delta(D)$. Porém, a concentração dos demais parâmetros estudados apresentou-se abaixo do limite de quantificação das técnicas empregadas.

A partir dos dados do Laboratório Tommasi, de maneira geral, os resultados indicaram baixas concentrações ou ausência da maioria dos parâmetros analisados, com destaque para a ausência de níveis elevados para os metais pesados.

Reflexos das contribuições continentais foram percebidos nos pontos mais próximos das regiões costeiras, sendo a maioria dos metais não detectados nos pontos mais afastados da costa.

Em Regência/Linhares, mesmo com a influência da pluma de rejeitos, o número de “não conformidades” perante a Resolução CONAMA no 357/2005 foi baixo, e ocorreram para os parâmetros manganês e zinco.

Para os demais parâmetros físico-químicos, a série nitrogenada (Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, e Nitrogênio Total) não foi quantificada em nenhum dos transectos monitorados, indicando os baixos valores típicos das águas da corrente do Brasil. Comportamento semelhante foi observado para os parâmetros Fósforo e Polifosfato, cujas concentrações estiveram inferiores ou muito próximas aos respectivos Limites de Quantificação, de 0,05 mg/L e 0,01 mg/L.

Em síntese, o padrão verificado foi de grande homogeneidade de valores inferiores aos respectivos limites de quantificação, ou próximos a estes. As variações entre transectos foram mínimas, considerando o montante de dados analisados. Em Regência, onde era esperada maior interferência da pluma de rejeitos na qualidade de água, foram observadas 2 amostras com valor de manganês e zinco superiores aos limites preconizados na Resolução CONAMA no 357/2005, além dos níveis de cor real (no ponto mais próximo da costa), sendo este o parâmetro que mais se diferenciou do comportamento observado nos demais transectos.

Justificativa: O relatório utiliza como parâmetro de referência apenas a CONAMA 357/2005 e por isso acaba sendo tendencioso em sua discussão ao descrever que não houve grande interferência da pluma de rejeitos na qualidade da água, inclusive em Regência onde era esperada a maior influência. Além disso, devido aos altos valores de quantificação empregados, vários metais analisados não foram quantificados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Solicito os dados brutos dos metais e nutrientes analisados.

- **RELATÓRIO: RT-017_159-515-2282_01-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Região Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e APA Costa das Algas – Atualização de Julho de 2016.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT-017_159-515-2282_01-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Região Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e APA Costa das Algas – Atualização de Julho de 2016.

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Julho de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe técnica envolvida na elaboração do relatório (nome e nível de experiência): Kara Warner, Doutora, Especialista ambiental sênior; J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Helvécio Duarte, Engenheiro ambiental; Adrian de Bruyn, Especialista ambiental sênior; Marian Jamieson, Estagiária em Engenharia civil; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gabriela Melo, Especialista em qualidade de água; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Luis Melges, Mestre, Oceanógrafo e revisor; Antônio Freitas, Doutor, Engenheiro químico sênior e revisor.

Resumo do escopo: Este relatório responde ao item 2 do Auto de Intimação GFI nº 12371 (IEMA) que exige a apresentação mensal cumulativa dos dados do monitoramento no meio marinho abrangido pelo TCSA. São analisados neste relatório diversos parâmetros na água e no sedimento coletados entre 17 de Novembro de 2015 e 22 de Junho de 2016, entre os quais estão as análises de metais, de arsênio, de nutrientes, de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total, sendo estes parâmetros pertinentes nesta avaliação. O objetivo principal do relatório foi avaliar as não conformidades dos resultados da qualidade da água (CONOMA 357/2005) e do sedimento (CONAMA 454/2012) e propor uma avaliação temporal e espacial dos parâmetros não-conformes, bem como daqueles utilizados como marcadores geoquímicos da dispersão da pluma de sedimentos contendo o rejeito.

Os dados avaliados sugerem que não houve variação espacial e temporal nos parâmetros químicos que pudessem ser relacionadas diretamente a chegada do rejeito de minério no oceano e as variações são dependentes da vazão do rio e da ressuspensão do

sedimento depositado.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: De 17 de Novembro de 2015 a 27 de Fevereiro de 2016

- 24 estações de coleta de água do mar;
- Duas profundidades de coleta de água: 20% e 80% da profundidade local;
- Em 6 estações localizadas próximas à foz, a frequência de coleta foi de 2 em 2 horas e para as outras 18 estações restantes, a frequência de coleta foi diária.
- Foram coletadas 16 amostras de sedimento nos pontos bem próximos a foz antes mesmo da exigência do Ministério Público Federal em 20 de Janeiro de 2016.

De 27 de Fevereiro de 2016 a 22 de Junho de 2016 (após notificação do MPF incluindo mais análises)

- 29 estações de coleta de água e sedimento;
- Quatro profundidades de amostragem de água, incluindo a 15 cm abaixo da linha água e a 50 cm acima do fundo marinho, além de 20% e 80% da profundidade total.

- Coleta de água: Garrafa de Van Dorn, caneca inox e balde (superficiais)
- Coleta de sedimento: Draga de Van Veen

Justificativa: As coletas foram realizadas pelo laboratório Merieux NutriScience na atualização deste relatório. Os métodos utilizados para a coleta de água e sedimento seguiram a norma NIT-DICLA-057, baseada nos métodos da US EPA, que são métodos acreditados para as exigências básicas de coleta, além da norma ABNT NBR 9898. Porém, apesar de assegurar que a coleta seja feita de forma adequada quando essas normas são seguidas corretamente, um fato específico deve ser considerado para as coletas de sedimento, pois de acordo com o relatório utilizou-se todo o conteúdo trazido pela draga, que foi homogeneizado e quarteado. A questão é que a draga alcança camadas mais profundas do que as que corresponderiam ao rejeito depositado, o que gera um efeito diluidor do potencial impacto. O ideal seria coletar no máximo os 5 cm superficiais, especialmente no momento de coleta que corresponde a uma fase recém rompimento da barragem (2016), onde dificilmente haveria mais do que 5 cm de rejeito sedimentado. A título de amostragem de água, esta avaliação se atem a metodologia utilizada nos pontos mais próximos aos que serão executados pela equipe de hidrogeoquímica marinha da RRDM. No relatório não consta como as coletas a 20% e 80% da coluna d'água e 50 cm do fundo foram feitas, diz apenas sobre a coleta da água superficial (até 10 cm da linha d'água). Portanto, devido a metodologia incompleta, fica inviável avaliar adequadamente esse aspecto.

Metodologia Análise

Descrição resumida: As análises químicas foram realizadas por diferentes laboratórios ao longo desse período de monitoramento, sendo que este relatório engloba a participação do laboratório Merieux NutriSciences, contratado para as coletas e análises do Período 2, após o ajuste do TCSA incluindo mais parâmetros e mais amostras ao monitoramento.

Justificativa: O relatório fornecido pelo laboratório Merieux NutriSciences (Anexo B) não descreve os métodos e técnicas empregados nas análises dos parâmetros químicos. A responsabilidade sobre a qualidade analítica dos dados ficou a cargo da Samarco, sendo que não é especificado o controle de qualidade seguido, bem como equipamentos e técnicas de extração dos componentes químicos em suas respectivas matrizes (água e sedimento).

Resultados

Descrição resumida: Foram observadas alterações nos níveis de alumínio total, ferro total e dissolvido, zinco total, fósforo total e nitrogênio amoniacal na água e do ferro, alumínio, manganês, arsênio, níquel, cádmio, cromo, zinco, cobre, mercúrio, COT e nitrogênio total no sedimento.

Para a água as concentrações de ferro dissolvido estão em não conformidade com a legislação para a região próxima à foz e especialmente nas profundidades P50 e 20%. Não foram observadas essas inconformidades além de 5 km da foz. O zinco total apresentou apenas um ponto não conforme na foz do rio, assim como o fósforo. Apesar de haver o aumento no conteúdo de nitrogênio amoniacal, o mesmo não é relacionado a chegada do rejeito de minério. As concentrações de ferro e alumínio na água foram as que apresentaram as alterações mais significativas, mas que não foram diretamente atribuídas ao rompimento da barragem neste relatório.

Para o sedimento (amostrado a partir de 27 de Fevereiro de 2016), o arsênio apresentou aumento acima o permitido no transecto radial até regiões distantes da foz e nos pontos da APA Costa das Algas. As concentrações estavam de acordo ou próximas ao nível 1 da CONAMA 454 nos pontos próximos a foz, sugerindo que esse parâmetro não foi afetado pelo rompimento da barragem. O mesmo ocorreu para o cádmio. Para os demais metais houve o aumento dos níveis em alguns pontos próximos a foz, porém em nenhum momento os parâmetros químicos analisados no sedimento foram relacionados a chegada do rejeito de minério na região costeira.

Justificativa: Este relatório apresenta apenas resultados interpretados estatisticamente com base na porcentagem de amostras não conformes (< 5%) com as legislações CONAMA 354/2005 (classe 1) e CONAMA 454/2012. São apresentados somente

gráficos de dispersão para os parâmetros químicos previamente identificados como alterados na água e no sedimento. Ou seja, para os demais metais e nutrientes não são mostrados os valores brutos, o que dificulta a análise integrada do impacto e torna o relatório superficial. Além disso, a ausência de dados dos parâmetros anteriormente não monitorados dificultou até mesmo a abordagem estatística da distribuição temporal e espacial dos componentes medidos. Dessa forma, os resultados trabalhados estatisticamente ficaram tendenciosos por considerar apenas os parâmetros alterados nas primeiras medições.

Os resultados são apresentados de forma generalizada em gráficos de dispersão. Não é possível identificar tanto no texto quanto nos gráficos, a tendência de comportamento dos parâmetros analisados, para cada estação amostral, durante o período considerado no relatório.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os dados avaliados sugerem que os parâmetros que estiveram acima dos limites permitidos não apresentaram um padrão temporal e espacial que pudesse relacioná-los a chegada da pluma de rejeitos a costa. Os níveis mais elevados observados para o ferro dissolvido e fósforo total não puderam ser diretamente relacionados ao rejeito de minério por existirem outras fontes na bacia do Rio Doce. De todos os parâmetros químicos analisados apenas o ferro total e o alumínio total têm potencial para estarem relacionados ao rejeito, mas ainda assim são ressaltadas as demais fontes destes elementos presentes na bacia do rio que podem estar causando essas alterações, eximindo a pluma de rejeitos de minério como causa desse enriquecimento. Foi verificado o incremento de ferro total e dissolvido em regiões mais afastadas da foz mesmo em período de menor vazão. Não foram verificados impactos significantes na APA. Os efeitos observados sobre a composição química da água e do sedimento estão ligados tanto a descarga do rio quanto aos processos de ressuspensão do sedimento.

Justificativa: Como este relatório apenas alguns parâmetros e não apresenta com clareza os métodos e técnicas aplicados para a obtenção dos resultados, fica difícil avaliar o real impacto que o rompimento da barragem causou na composição química da água e do sedimento. Além disso, destaca-se novamente a diluição química do sedimento pelo método de coleta ter retirado camadas antigas não afetadas pelo rompimento da barragem.

De uma maneira geral, esse relatório isenta a chegada do rejeito de minério das alterações químicas observadas.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Para aproveitamento dos dados deste relatório solicito o protocolo detalhado de todas as análises químicas descritas junto aos laboratórios responsáveis (Merieux, Corplab, Innolab

e Limnos) e os dados brutos de todos os pontos planilhados. Tendo em vista que o limite de quantificação dos parâmetros químicos seguiu os limites das resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 454/2012, os dados deste relatório somente poderão ser incorporados aos novos dados do monitoramento hidrogeoquímico marinho da RRDM nos tópicos pertinentes a legislação, pois nosso objetivo é monitorar mesmo o que está abaixo dos limites previstos em lei e que podem indicar um enriquecimento químico gerado após o desastre.

- **RELATÓRIO: RT-048_159-515-2282_02-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento a Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT-048_159-515-2282_02-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento a Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Maio de 2017

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Helvécio Duarte, Engenheiro ambiental; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gabriela Melo, Especialista em qualidade de água; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Luis Melges, Mestre, Oceanógrafo e revisor.

Resumo do escopo: Este relatório tem apresenta uma atualização e uma descrição das condições mais recentes da qualidade de água e sedimentos na zona costeira e região próxima à foz do rio Doce, incluindo a APA Costa das Algas, com base no banco de dados do programa de monitoramento realizado pela Fundação Renova. São descritos dados de qualidade da água e sedimentos para o mês de Maio de 2017, sendo que os dados avaliados correspondem ao período entre 17 de Novembro de 2015 e 28 de Fevereiro de 2017. Os principais objetivos deste relatório avaliado são:

- Identificar e avaliar não conformidades de qualidade baseando-se nos parâmetros das resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 454/2012.
- Avaliar tendências temporais e espaciais
- Comparativos entre os dados das análises de água e sedimento com dados da literatura e demais relatórios técnicos
- Identificar e correlacionar a granulometria com as concentrações de metais

Os dados deste relatório inferem que o rompimento da Barragem de Fundão afetou cerca de 30 parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da água na zona costeira. Foram observados aumentos nas concentrações de alumínio (total e dissolvido), ferro (total e dissolvido) manganês (total e dissolvido). Foram observados pulsos de concentração logo a chegada da pluma de rejeitos e durante o período chuvoso 2015-

2016 e o de 2016-2017. Esses parâmetros apresentaram tendência de diminuição conforme aumento da distância da foz do Rio Doce, principalmente na comparação entre a APA e os pontos mais próximos à foz. Alguns outros parâmetros tiveram um aumento logo com a chegada da pluma e segundo relatório alcançaram os limites considerados como pré-evento, tendo o mesmo comportamento relatado acima, diminuindo o gradiente de concentração com o aumento da distância em relação a Foz do Rio Doce. Estes parâmetros são: arsênio total, bário (total e dissolvido), cádmio total, chumbo total, cromo total, cobre total, magnésio total, zinco total, vanádio total.

Quanto ao monitoramento da qualidade de sedimento verificou-se que devido o início tardio desta avaliação (apenas a partir de Março), assumiram que qualquer metal que tenha apresentado elevação na coluna d'água possa ter provocado efeito sobre os sedimentos. Assim, alumínio, ferro e manganês que apresentaram maior magnitude. Dentre estes ferro e alumínio foram os metais que apresentaram maiores concentrações acima da faixa de variação pré-evento e são descritos como tendo maior probabilidade de estarem relacionados ao rompimento da barragem de Fundão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A distribuição dos pontos de amostragem próximos à foz do rio Doce foi definida em 5 pontos de amostragem específicos (Seção IA, Seção II, Seção III, Seção IV e Seção V) para avaliar a qualidade da água na zona costeira afetada pelo fluxo proveniente do rio Doce. Estes pontos de amostragem foram posicionados, numa extensão de 1 km a partir da foz do rio Doce, de forma a fornecer informações sobre a dispersão da pluma de sedimentos contendo rejeitos nos sentidos nordeste e sul, sudeste e sudoeste. Outros 12 pontos de amostragem foram posicionados em três transectos a partir da foz do rio Doce, alcançando uma distância de até 15 km da foz. O monitoramento da qualidade da água incluiu também pontos de amostragem dentro da APA Costa das Algas e do RVS de Santa Cruz. Quanto as amostragens para a qualidade de água foram feitas inicialmente em duas profundidades, superficial e profunda (20 e 80% da superfície da coluna d'água) e posteriormente adicionadas as profundidades P15 e P50, referentes a 15 e 50% da superfície da coluna d'água, respectivamente. Este relatório descreve uma revisão de demais relatório e portanto existem modificações durante o período de amostragem, mudando a partir de Fevereiro de 2016 para coletas diárias e aumento de pontos de amostragem (04 pontos em um novo transecto a partir da Foz do Rio Doce e um novo ponto entre o Rio doce e o limite norte da APA).

- O relatório não apresenta as metodologias de coleta, bem como os equipamentos e o material utilizado na coleta dos dados.

Justificativa: Como não foram especificados detalhes a respeito da coleta de

amostras, dúvidas existem quanto a representatividade destes resultados. Outro aspecto importante deve-se ressaltar: a mudança entre as empresas contratadas para a realização das coletas. Inclusive usam esta mudança nas empresas responsáveis pela coleta como sendo o principal motivo/argumento para justificar algumas discrepâncias analíticas. Dessa forma coloca-se em dúvida e também torna-se difícil a avaliação e a consideração de alguns resultados. Quanto a malha amostral proposta não observou-se irregularidade entre a escolha dos pontos, porém a coleta diária deveria fornecer maiores dados e facilitar a visualização do comportamento de aumento ou decréscimo dos níveis de concentração dos parâmetros avaliados. Esta observação não foi possível ou foi de certa forma tendenciosa, uma vez que valores de limites de quantificação variaram durante toda a campanha, mediante aos diversos laboratórios contratados para estas análises.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Como se trata de uma revisão de dados levantados anteriores em outros relatórios e que estes por sua vez foram determinados por diferentes laboratórios, os valores apresentados dificultam o real entendimento quanto ao impacto do rejeito quanto a diversos elementos.

Justificativa: Também se ressalta a inexistência de informação quanto aos métodos empregados para as análises químicas. Dessa forma uma rastreabilidade quanto ao controle de qualidade, recuperação, valores de precisão e exatidão, praticamente não é apresentada, e quando é, está de forma inadequada. Assim sendo, uma avaliação analítica mais precisa é impossível e toda interpretação apenas baseando-se em limites de quantificação e premissas segundo as resoluções CONAMA não descreve o real comportamento da distribuição tanto espacial quanto temporal destes parâmetros e discussões a respeito acabam sendo mais especulativas dos que refletidas em gradientes de concentração ao longo do tempo e espaço.

Ainda quanto aos limites de quantificação utilizados são na maioria das vezes expresso iguais aos valores máximos permitidos segundo as resoluções CONAMA. Analiticamente, os equipamentos e as metodologias atuais possibilitam alcançar limites bem inferiores e assim seria possível verificar o real comportamento dos metais bem como o transporte destes ao longo da área de estudo. Apesar de aceitável, a melhor visualização do comportamento dos metais seria obtida não pela expressão de concentrações única e exclusivamente como sendo valores abaixo de LQ, mas para estes valores próximos ao LQ, deveriam ser apresentados valores de desvios, dessa forma seria mais fácil verificar a precisão e ter uma melhor segurança quanto aos resultados apresentados. Por exemplo, temos para as amostras de água, arsênio total apresentaram em sua maioria valores abaixo de LQ. Os gráficos como são apresentados não descrevem os limites de CONAMA (0,00002 mg/L) e assim todas as amostras não apresentam tendências, ficando todas abaixo deste valor.. ou seja impossível de verificar efeitos como foram observados e descritos em relatórios

apresentados pela UFES. O mesmo descritivo (apresentação gráfica) é feito para vários outros metais.

As concentrações de ferro total encontradas durante o primeiro período de monitoramento (de 17 de Novembro de 2015 até 31 de Dezembro de 2015), para a profundidade de 20% da coluna d'água, apresentaram mais de 50% das amostras acima do LQ apenas as estações 1N, 1S, Seção II, III e IV. Dentre estas estações, a mediana apresentou resultados muito próximos à 0,30 mg/L, valor praticado como LQ de alguns dos laboratórios. Apesar de não ter no CONAMA 357 valores limites para ferro total, este valor de LQ é muito alto, fazendo com que realmente as amostras estejam abaixo de LQ, e sendo novamente inviável de verificar qualquer modificação no ambiente, seja de aumento ou atenuação de concentração durante o período deste trabalho.

Atribuem valores de alta concentração encontrados como sendo incompatíveis ao observado e atribuem estas discrepâncias a erros referentes a mudanças de laboratórios responsáveis pela coleta. Também fazem uso do descarte destes outliers na apresentação gráfica. O que se observa é que não foi feita uma discussão quanto a estes extremos, em relação a área de ocorrência e periodicidade e sendo totalmente descartados como sendo relacionados ao evento.

A estatística apresentada também acaba sendo tendenciosa uma vez que se faz a análise primeiramente a partir da análise de variância, descartando-se os outliers e assim considerando haver uma homogeneidade entre os resultados. Não foram testadas homogeneidade e homocedasticidade. Deveriam ser feitos estatísticos observando-se estas premissas ou considerar apenas metodologias estatísticas não paramétricas. Ainda utilizam de valores de regressão baixos (0,20) para falar a respeito de diferenças significativas de redução ou aumento dos níveis de concentração.

Resultados

Os dados avaliados sugerem que o impacto da pluma na qualidade da água e sedimento no oceano parece se limitar aos locais próximos à foz do Rio Doce. Consideram que as concentrações são, de forma geral, mais elevadas em águas de fundo do que em superfície, indicando a influência do processo de ressuspensão sobre qualidade da água de fundo, provocado por eventos meteorológicos de curto prazo. Esse resultado é observado principalmente ao longo do período seco, quando predomina o efeito de fatores meteorológicos sobre o aporte pelo rio Doce. Também correlacionam o padrão de variação espacial em função da granulometria, onde as maiores concentrações determinadas são descritas nos locais onde o teor de sedimentos finos é mais elevado.

Justificativa: As concentrações encontradas principalmente para As foram excluídas

por meio das análises estatísticas como sendo relacionadas ao rejeito de minério. Segundo este relatório o As apresenta concentrações elevadas na zona costeira do ES em decorrência de processos naturais e antrópicos não relacionados necessariamente à foz do rio Doce e ao rompimento da Barragem. Porém, sabe-se que a atividade de mineração na Bacia do rio Doce exerce um impacto direto no enriquecimento deste metal tanto na água como no sedimento. Também deve-se considerar toda a influência da ação mecânica e física na liberação deste metal dito comum nesta área para a coluna d'água por ressuspensão e o consequente acréscimo deste no ambiente.

Os resultados como foram apresentados, visualmente não viabilizam a tendência de comportamento dos parâmetros analisados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não são apresentados os métodos e técnicas analíticas sendo portanto difícil a interpretação dos dados no contexto da avaliação das alterações do ambiente decorrente do acidente. Os resultados apresentados e a não inclusão de valores extremos levam a uma tendência errônea ou incompleta de avaliação. As correlações quanto às condições metaecológicas a respeito da dispersão dos metais foi feita de forma adequada, porém sub ou superestimada em função dos poucos valores de concentração obtidos (muitos descritos como sendo abaixo do LQ). Uma melhor observação e interpretação seria obtida caso obtivesse um maior número de resultados, uma vez que tendo valores menores de LQ, variações seriam mais perceptíveis. Muito se discute em cima de valores de CONAMA, descartando efeitos de aumento nas concentrações ocorridos em função do acidente e que aqui são descartados devido aos altos valores de limites de quantificação.

Justificativa: O relatório mesmo apresentando um descritivo de relatórios anteriores, mostra uma continuidade no comportamento de distribuição dos metais, mantendo assim as conclusões antes verificadas. Assim mesmo com falhas consideráveis quanto a não homogeneidade no padrão de amostragem referentes aos diversos laboratórios contratados, bem como com relação aos parâmetros analíticos, estas conclusões mantêm-se consistentes.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Os dados apresentados por este relatório fazem parte de outros relatórios e são requisitados em outras avaliações.

- **RELATÓRIO: RT-054_159-515-2282_01-B. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Relatório de Janeiro/2018**

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT-054_159-515-2282_01-B. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Relatório de Janeiro/2018

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Março de 2018

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Larissa Santarém, estagiária.

Resumo do escopo: Este relatório apresenta uma atualização dos dados apresentados no relatório RT-048_159-515-2282_02-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento a Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017. Este relatório citado foi já previamente avaliado e mantém os mesmos parâmetros de análise e malha amostral. São acrescidos resultados das análises de amostras coletadas até 31 de Agosto de 2017.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A distribuição dos pontos de amostragem são os mesmos descritos no relatório RT-048_159-515-2282_02-J. Título: Qualidade da Água e do Sedimento a Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017, já avaliado.

Justificativa: Assim como o relatório anteriormente avaliado se mantém os mesmos critérios e problemáticas ora discutidos. Também não foram especificados detalhes a respeito da coleta de amostras, dúvidas existem quanto a representatividade destes resultados, como a mudança de empresas contratadas para a realização das coletas e o uso desta como para algumas discrepâncias analíticas

Metodologia Análise

Descrição resumida: Como se trata de uma revisão de dados levantados anteriores

em outros relatórios e que estes por sua vez foram determinados por diferentes laboratórios, os valores apresentados dificultam o real entendimento quanto ao impacto do rejeito quanto a diversos elementos.

Justificativa: Ainda se manteve a inexistência de informação quanto aos métodos empregados para as análises químicas. Assim sendo, uma avaliação analítica mais precisa continua sendo impossível e toda interpretação apenas baseando-se em limites de quantificação e premissas segundo as resoluções CONAMA não descreve o real comportamento da distribuição tanto espacial quanto temporal destes parâmetros e discussões a respeito acabam sendo mais especulativas dos que refletidas em gradientes de concentração ao longo do tempo e espaço.

Resultados

A inferência quanto a distribuição dos dados avaliados ainda parte que o impacto da pluma na qualidade da água e sedimento no oceano parece se limitar aos locais próximos à foz do Rio Doce. Considerando que as concentrações são, de forma geral, mais elevadas em águas de fundo do que em superfície, indicando a influência do processo de ressuspensão sobre qualidade da água de fundo, provocado por eventos meteoceanográficos de curto prazo. Também se mantém o comportamento do padrão de variação espacial em função da granulometria, onde as maiores concentrações determinadas são descritas nos locais onde o teor de sedimentos finos é mais elevado.

Justificativa: Assim como discutido e apresentado no relatório anterior as concentrações encontradas principalmente para As foram excluídas por meio das análise estatísticas como sendo relacionadas ao rejeito de minério e não sendo diretamente correlacionada ao rompimento da Barragem.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não são apresentados os métodos e técnicas analíticas sendo, portanto difícil a interpretação dos dados no contexto da avaliação das alterações do ambiente decorrente do acidente. Os resultados apresentados e a não inclusão de valores extremos levam a uma tendência errônea ou incompleta de avaliação. As correlações quanto às condições metaocenográficas a respeito da dispersão dos metais foi feita de forma adequada, porém sub ou superestimada em função dos poucos valores de concentração obtidos (muitos descritos como sendo abaixo do LQ). Uma melhor observação e interpretação seria obtida caso obtivesse um maior número de resultados, uma vez que tendo valores menores de LQ, variações seriam mais perceptíveis. Muito se discute em cima de valores de CONAMA, descartando efeitos de aumento nas concentrações ocorridos em função do acidente e que aqui são descartados devido aos altos valores de limites de quantificação.

Justificativa: O relatório mesmo apresentando um descritivo de relatórios anteriores,

mostra uma continuidade no comportamento de distribuição dos metais, mantendo assim as conclusões antes verificadas. Assim mesmo com falhas consideráveis quanto a não homogeneidade no padrão de amostragem referentes aos diversos laboratórios contratados, bem como com relação aos parâmetros analíticos, estas conclusões mantêm-se consistentes.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Os dados apresentados por este relatório fazem parte de outros relatórios e são requisitados em outras avaliações.

- **RELATÓRIO: C738-DT19 - Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Hidrogeoquímica Marinha

Equipe avaliadora: Doutor Renato Rodrigues Neto, Doutora Renata Caiado Cagnin, Doutor Eduardo Schettini Costa e Doutor Cesar Alexandro da Silva.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: C738-DT19 - Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES.

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Dezembro de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): CTA – Serviços em Meio Ambiente LTDA.

Equipe técnica envolvida na elaboração do relatório (nome e nível de experiência): Humberto Ker de Andrade, Mestre em Aquicultura, Biólogo, Diretor Geral; Alessandro Trazzi, Mestre em Engenharia Ambiental, auditor líder.

Resumo do escopo: Este documento tem por finalidade apresentar o relatório final do monitoramento da ictiofauna, carcinofauna e ictioplâncton na região marinha adjacente à foz do rio Doce, no município de Linhares/ES. Porém, estão inclusos resultados de ferro, manganês e alumínio no sedimento costeiro e serão os parâmetros aqui avaliados.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: De Abril de 2016 a Abril de 2017.

- Coleta de sedimento: Draga de Petersen

Justificativa: O relatório não deixa claro o método de separação da amostra de sedimento retirada pela draga.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O sedimento foi encaminhado para o laboratório Tommasi Analítica Ltda., acreditado pelo INMETRO na ISO 17.025, onde foram realizadas as análises dos metais ferro, manganês e alumínio.

Justificativa: O relatório não descreve os métodos e técnicas empregados nas análises dos parâmetros químicos. A responsabilidade sobre a qualidade analítica dos dados

ficou a cargo da Samarco, sendo que não é especificado o controle de qualidade seguido, bem como equipamentos e técnicas de extração dos componentes químicos do sedimento.

Resultados

Descrição resumida: Em relação aos resultados das treze campanhas, entre Abril de 2016 a Abril de 2017, o alumínio total obteve menores concentrações no mês de Abril/16, com 1.825,70 mg/kg na estação Z1N; em Maio/16 com 2.013,60 mg/kg na estação Z3E; e Abril/16 com 2.649,30 mg/kg na estação Z3S. Já as maiores concentrações foram todas obtidas no mês de Março/17, com os valores de 38.783,00 mg/kg na estação Z3S; 37.515,00 mg/kg na estação Z1S; e 29.977,00 mg/kg na estação Z1E.

O parâmetro Ferro total obteve os menores valores em Dezembro/16, com 674,03 mg/kg (estação Z3S); Maio/16 com 13.341,00 mg/kg (estação Z3E); e Setembro/16 com 17.443,00 mg/kg (estação Z3E). As maiores concentrações foram encontradas no mês de Abril/16, com o valor 106.430,00 mg/kg, na estação Z1N; em Junho/16 com 99.772,00 mg/kg na estação Z2N, e Janeiro/17, com 96.955,00 mg/kg na estação Z2N.

Os valores máximos de manganês total variaram entre 1.284,20 mg/kg na estação Z1E, no mês de Abril/16; 1.022,70 mg/kg, na estação Z1S, no mês de Junho/16; e 1.021,70 mg/kg, na estação Z3S, no mês de Dezembro/16. Já os valores mínimos ocorreram em Outubro/16, na estação Z3E, com 193,99 mg/kg; em Setembro/2016, no ponto Z3E com 233,84 mg/kg; e em Novembro/2016, no ponto Z2E, com 283,81 mg/kg.

Na campanha de Abril de 2016 alguns valores mais elevados podem ser observados, alterando a tendência de partição dos elementos, sendo que esta ocorrência pode estar associada a passagem de sistema frontal atmosférico e consequente aumento da ondulação e agitação marinha, o que proporcionou a ressuspensão do material antes depositado, provocando a liberação de metais e metalóide novamente para a coluna d'água tanto na forma dissolvida quanto particulado (UFES, 2017).

Justificativa:

Os resultados foram apresentados apenas em forma de tabela, sem gráficos ou tratamentos estatísticos que pudessem fornecer informações acerca de variabilidade temporal e espacial, o que permitiria a melhor interpretação dos possíveis impactos causados pela pluma de rejeitos na qualidade do sedimento.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Este relatório não apresenta interpretações dos resultados da química do sedimento com relação ao impacto da pluma de rejeito de mineração.

Justificativa: Mesmo que não existam conclusões sobre os metais (Al, Fe e Mn) no

sedimento, é interessante obter esses dados para possível consolidação aos novos resultados hidrogeoquímicos a serem gerados pela RRDM.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Para aproveitamento dos dados deste relatório solicito o protocolo detalhado de todas as análises químicas descritas junto aos laboratórios responsáveis (Tommasi Analítica Ltda) e os dados brutos de todos os pontos planilhados. São necessários também os limites de detecção e quantificação adotados e a forma como foi feito controle analítico (matérias certificados, padrões, brancos, etc).

APÊNDICE I - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Ictioplanctônicas.

- **RELATÓRIO: Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Ictioplâncton marinho e estuarino

Equipe avaliadora: Ana Cristina Teixeira Bonecker, Márcia Salustiano de Castro

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES

Local e data de publicação: Área de influência da foz do rio Doce, no município de Linhares/ES - Janeiro 2018

Órgão/Empresa executor(a): CTA Serviços em Meio Ambiente LTDA.

Equipe (nome e nível de experiência): A equipe foi coordenada por Alessandro Trazzi e foi composta por mais oito membros. O Dr. José Mauro Sterza (técnico & científico) foi responsável pelo ictioplâncton no presente documento. O mesmo possui experiência e publicações sobre zooplâncton estuarino e de baías.

Resumo do escopo: O documento apresenta os resultados finais das análises das amostras de ictiofauna, carcinofauna e ictioplâncton obtidas ao longo de 13 campanhas mensais realizadas entre Abril de 2016 e Abril de 2017 em três áreas, com o objetivo de atender à Notificação IBAMA No678309-E. Em relação ao ictioplâncton foram registrados 51 táxons compreendendo 31 famílias; entre eles nenhum foi considerado raro, ameaçado de extinção ou endêmico da região. Os autores avaliaram as variações da densidade ictioplanctônica e da composição da comunidade ao longo do estudo através de índices ecológicos e de análises multivariadas. Não foram observadas diferenças significativas dos índices ecológicos entre as três áreas analisadas. Onze táxons foram considerados mais abundantes na área de estudo em um ou mais meses de estudo.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: O ictioplâncton foi coletado entre Abril de 2016 e Abril de 2017 em nove estações de coleta distribuídas em três áreas: área de deposição da camada espessa (ADCE), área de deposição da camada fina (ADCF) e área sem deposição de

rejeitos (ASDR).

As amostras de ictioplâncton foram coletadas através de arrastos oblíquos com rede bongô com malhas de 330 e 500 μm . A rede foi equipada com fluxômetros para a determinação do volume de água filtrada pela rede. As amostras foram fixadas em formol a 4%. A metodologia utilizada no presente estudo foi a mesma recomendada na literatura para estudos ictioplanctônicos.

Metodologia Análise

Descrição resumida: As amostras obtidas foram triadas para a separação dos ovos e das larvas de peixes dos demais organismos coletados. Posteriormente, esses organismos foram identificados utilizando bibliografia especializada. As referências citadas para auxiliar na etapa da identificação estão entre as recomendadas para identificação do ictioplâncton. Além disso, foram utilizadas referências de identificação de organismos adultos para os indivíduos em estágio de juvenil.

Após a identificação foram calculados índices de diversidade, equitabilidade e riqueza para avaliar a comunidade ictioplanctônica registrada na área de estudo. Além disso, foram verificadas possíveis variações significativas espaciais e temporais através do teste ANOVA e do teste de Tukey, quando havia diferença significativa. A comunidade ictioplanctônica foi avaliada também através de análises multivariadas (MDS, ANOSIM, PERMANOVA, SIMPER). Essas rotinas foram realizadas com os programas Statistica 7.0 e Primer 6.0.

Resultados

Descrição resumida: Entre Abril de 2016 e Abril de 2017 foram registradas 31 famílias. O maior número de táxons foi registrado em Fevereiro de 2017 e o menor ocorreu em Junho de 2016. Durante o estudo não foram observadas espécies raras, ameaçadas de extinção ou endêmicas da região. Entre os táxons mais abundantes coletados ao longo do estudo estão: *Oligoplites* sp., Engraulidae, Clupeiformes, Sparidae, Sciaenidae, *Menticirrhus* sp., *Gobiosoma* sp., Mullidae, *Chloroscombrus chrysurus*, Microdesmidae e Gerreidae. Os mesmos foram mais abundantes em um mês ou mais durante o período de coleta.

A densidade média de ovos de peixes (ovos.100 m^{-3}) foi maior na área ASDR. Na área ADCE a maior densidade média de ovos foi obtida em Abril de 2016, enquanto nas áreas ADCF e ASDR as maiores densidades médias ocorreram em Dezembro de 2016. A maior densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m^{-3}) foi registrada na área ADCE. Nas áreas ADCE e ADCF as maiores densidades médias de larvas de peixes ocorreram no mês de Junho de 2016 e na área ASDR a maior densidade média foi registrada em Maio de 2016.

Não foram registradas diferenças significativas de diversidade média entre as três

áreas analisadas durante o período de estudo. Assim como para diversidade, a equitabilidade média e a riqueza média não variaram significativamente entre as três áreas. Considerando cada área separadamente observou-se que esses três índices variaram ao longo do ano de estudo e tiveram padrões semelhantes de distribuição dos dados.

A análise da composição da comunidade mostrou que não houve diferença significativa entre as três áreas estudadas. Entretanto, as campanhas de Fevereiro, Abril, Maio, Junho, Junho, Agosto de 2016 e Fevereiro de 2017 foram significativamente diferentes das demais.

A análise do SIMPER mostrou que o mês de Fevereiro de 2017 a assembleia de larvas de peixes foi formada por um maior número de táxons (nove) em relação aos outros meses de coleta. Entretanto, é importante ressaltar que esses resultados podem estar super estimados uma vez que na análise foram usadas categorias taxonômicas que se sobrepõem, como por exemplo, a família Engraulidae e a ordem Clupeiformes. Essa ordem engloba entre outras famílias os engraulídeos.

Para a utilização dos índices ecológicos e para as análises multivariadas de assembleias de larvas de peixes recomenda-se que sejam utilizados apenas espécies e/ou categorias taxonômicas que não se sobreponham. Na metodologia de coleta não foi citado qual nível taxonômico foi utilizado nas análises de comunidade.

A grafia das ordens não está correta: onde lê-se Clupeiforme leia-se Clupeiformes onde lê-se Anguilliforme leia-se Anguilliformes.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O estudo compara os resultados obtidos entre Abril de 2016 e Abril de 2017 com a literatura e conclui que os táxons encontrados na região são considerados comuns em ambientes costeiros da costa brasileira. O número de táxons registrados no presente estudo (51 táxons) foi considerado pelos autores como alto quando comparado com monitoramentos realizados na costa do Espírito Santo. As densidades de ovos e larvas de peixes não seguiram um padrão sazonal de distribuição assim como observado em outros estudos realizados na região.

Segundo os autores, não houve mudanças expressivas das densidades de ovos e larvas de peixes em relação aos padrões pretéritos da região, registrados antes da chegada dos rejeitos. Os autores sugerem que a variação da densidade de ovos de peixes ao longo do estudo pode estar relacionada ao fator sazonalidade e ao fato dos peixes desovarem em manchas. Segundo os mesmos, os resultados encontrados e os padrões observados não

indicam impactos dos rejeitos e da diluição da pluma sobre o ictioplâncton. As altas densidades de ovos de peixes registradas em algumas campanhas indicam, segundo os autores, condições favoráveis para a desova de peixes na região durante o período de estudo.

Quanto aos índices ecológicos os autores encontraram maior diversidade que a registrada na literatura durante o levantamento denominado de branco, realizado antes da chegada dos rejeitos.

Justificativa: Dessa forma, os autores tentam responder através de comparação com dados da literatura se houve diferença em relação à comunidade ictioplanctônica após a chegada dos rejeitos.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não serão solicitados dados brutos para a Fundação Renova. O relatório avaliado será utilizado na comparação da composição da comunidade ictioplanctônica registrada no presente monitoramento com os dados pretéritos da região antes de depois do rompimento da barragem.

APÊNDICE J - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Modelagem Numérica.

- **RELATÓRIO: Avaliação Dos Impactos Da Ruptura Da Barragem De Rejeitos De Fundão Em Mariana Nove Meses Após O Desastre: Capítulo 4 – “Avaliação Da Zona Estuarina Do Rio Doce E Zona Costeira Adjacente”.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação Dos Impactos Da Ruptura Da Barragem De Rejeitos De Fundão Em Mariana Nove Meses Após O Desastre: Capítulo 4 – “Avaliação Da Zona Estuarina Do Rio Doce E Zona Costeira Adjacente”.

Local e data de publicação: Rio de Janeiro, 29 de Novembro de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): FUNDAÇÃO COPPETEC.

Equipe (nome e nível de experiência):

Prof. Paulo Cesar Colonna Rosman: Eng. Civil/Recursos Hídricos na Poli/UFRJ, M.Sc. Eng. Oceânica na COPPE/UFRJ e Ph.D. em Coastal Engineering – MIT-USA: Coordenador técnico, participou de desenvolvimento de modelos, análise de dados, elaboração de mapas e gráficos e edição deste relatório; D.Sc. Ludmila Assunção Pinheiro: Oceanógrafa - UFPA, M.Sc. em Geologia no IGEO/UFRJ, D.Sc. em Engenharia Oceânica na Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica na COPPE/UFRJ, atualmente pesquisadora em pós-doutorado na mesma área: participou de desenvolvimento de modelos, análise de dados, elaboração de mapas e gráficos e edição deste relatório; M.Sc. Rodrigo dos Santos Peixoto: Eng. Ambiental - Poli/UFRJ, M.Sc. em Engenharia Costeira e Oceanográfica na COPPE/ UFRJ, atualmente doutorando na mesma área: participou de desenvolvimento de modelos, análise de dados, elaboração de mapas e gráficos e edição deste relatório; M.Sc. Patricia Auler Rosman: Matemática/Informática no IM/UFRJ, M.Sc. em Engenharia de Sistemas na COPPE/UFRJ: Especialista em Tecnologia da Informação, responsável pela manutenção evolutiva do SisBaHiA®, suporte técnico ao sistema de modelagem.

Resumo do escopo: Este relatório mostra a análise realizada, através de modelagem computacional, o impacto que a ruptura da barragem de Fundão em Mariana causou na qualidade da água da zona estuarina do Rio Doce e zona costeira adjacente, com o objetivo de avaliar o processo de dispersão da pluma de sedimentos nos primeiros meses após o material atingir o ambiente marinho. O período da simulação numérica foi de 20/11/2015 até 20/03/2016. Os principais resultados do relatório foram:

- 1) A pluma de sedimentos provindos do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão chega até o litoral e é transportada pelas correntes costeiras predominantemente para sul.
- 2) As concentrações mais elevadas de sedimento em suspensão ficaram restritas à região fluvial e estuarina do Rio Doce e à região costeira vizinha à embocadura, até cerca de 5 km, chegando até as proximidades do litoral da cidade de Regência.
- 3) A simulação mostrou que a pluma de sedimentos é transportada a grandes distâncias para sul, cerca de 55 km para sul da foz do Rio Doce.
- 4) A análise feita por padrões de similaridade mostrou que a probabilidade da pluma de sedimentos, vinda do Rio Doce, migrar para norte e atingir o arquipélago de Abrolhos é irrisória.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Não ocorreram coletas de amostras neste relatório.

Justificativa: Não ocorreram coletas de amostras neste relatório.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Dentro da metodologia, a modelagem utilizou dados de batimetria do projeto Modelagem Computacional da Captação de Água e Descarte de Efluentes do Complexo Gás-Químico UFN-IV no Rio Doce (ES) e de cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. A vazão do rio foi estimada a partir dos dados de nível de água para a Estação de Colatina - Corpo dos Bombeiros. A concentração de sedimentos em suspensão foi obtida a partir de dados medidos fornecidos pela contratante na estação de Linhares-ES, margem direita. A caracterização física do sedimento foi obtida através do fornecimento de dados da contratante, por meio de ensaios realizados com amostras do rejeito de mineração. Os dados de maré foram obtidos a partir de medições de campo realizadas pelo projeto UFES-FEST-PENO-3570. Com essas medições foi feita uma análise harmônica para a região. Os dados de vento utilizados na modelagem foram obtidos através do modelo de reanálise ERA-INTERIM, disponibilizado pelo European

Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF).

Justificativa: A metodologia não especifica as condições de contorno e inicial para a modelagem hidrodinâmica. A Figura 4-10 menciona apenas o uso de dados de nível d'água como forçante no contorno de mar (fronteira aberta). As condições oceânicas bem como a atuação do vento são fundamentais para a dispersão de plumas de rios no chamado far-field, distante da foz. Deve-se também deixar claro na metodologia que não se considerou eventual estratificação vertical na região para a modelagem hidrodinâmica, realizando-se uma modelagem 2DH.

Resultados

Descrição resumida: Foram realizadas análises separadamente do modelo hidrodinâmico e do modelo de transporte de sedimentos. Na análise hidrodinâmica, foram considerados cenários típicos das correntes na região em momentos distintos de condições de maré e ventos, ilustrando a circulação com eventos em dias específicos da abrangência temporal da modelagem. Para a modelagem do transporte de sedimentos coesivos, foram apresentadas análises mais profundas a respeito da chegada do pico de concentração da pluma, da chegada da onda de cheia, entre outros aspectos da variabilidade temporal da concentração de sedimentos ao longo da plataforma continental e da dispersão da pluma ao longo do domínio de modelagem.

Justificativa: Embora a abrangência temporal da modelagem seja curta (4 meses), a apresentação de cenários típicos de circulação na modelagem hidrodinâmica não esgota a avaliação da variabilidade das correntes na plataforma continental adjacente à foz do Rio Doce. Circulação média e a variância permitiriam entender resumidamente as correntes típicas da região. Séries temporais de velocidade e espectros auxiliariam a entender as frequências de variabilidade (e respectivas energias) dos processos modelados que afetam a região. A modelagem de transporte de sedimentos apresenta uma análise mais profunda e revela importantes cenários de dispersão da pluma de sedimentos ao longo da plataforma continental do Espírito Santo. A análise tanto da hidrodinâmica quanto do transporte de sedimentos carece de comparações com dados reais. Estes, no entanto, têm pouca disponibilidade na região e os autores apresentam uma análise de um período curto de medições de correntes. A discussão da dispersão da pluma também poderia ter sido enriquecida com imagens de satélite para o período modelado, já que as medições *in situ* para o período são escassas.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os métodos e técnicas utilizados identificam as principais mudanças ocorridas no ecossistema marinho em decorrência do desastre ambiental. Fazem-se análises estatísticas, variabilidade temporal e abrangência espacial da pluma de sedimentos, servindo como base para a melhoria das modelagens futuras. Por isso, pede-se que se esclareçam os pontos destacados na metodologia de análise e que análises futuras procurem trazer mais dados e o sensoriamento remoto como ferramentas de validação e avaliação dos resultados obtidos com a modelagem.

Justificativa: O relatório buscou responder as principais mudanças ocorridas no ambiente marinho após o desastre ambiental.

ANÁLISE GERAL DO RELATÓRIO

Este relatório mostra a análise realizada, através de modelagem computacional, do impacto que a ruptura da barragem de Fundão em Mariana causou na qualidade da água da zona estuarina do Rio Doce e zona costeira adjacente, com o objetivo de avaliar o processo de dispersão da pluma de sedimentos nos primeiros meses após o material atingir o ambiente marinho. O período da simulação numérica foi de 20/11/2015 até 20/03/2016.

Dentro da descrição da configuração do experimento numérico realizado, não foram especificadas as condições de contorno e inicial para a modelagem hidrodinâmica. Mencionam-se apenas o uso de dados de nível d'água como forçante no contorno de mar (fronteira aberta). As condições oceânicas bem como a atuação do vento são fundamentais para a dispersão de plumas de rios no chamado far-field, distante da foz. Deve-se também deixar claro na metodologia que não se considerou eventual estratificação vertical na região para a modelagem hidrodinâmica, realizando-se uma modelagem 2DH.

Foram realizadas análises separadamente do modelo hidrodinâmico e do modelo de transporte de sedimentos. Na análise hidrodinâmica, foram considerados cenários típicos das correntes na região em momentos distintos de condições de maré e ventos, ilustrando a circulação com eventos em dias específicos da abrangência temporal da modelagem. Para a modelagem do transporte de sedimentos coesivos, foram apresentadas análises mais profundas a respeito da chegada do pico de concentração da pluma, da chegada da onda de cheia, entre outros aspectos da variabilidade temporal da concentração de sedimentos ao longo da plataforma continental e da dispersão da pluma ao longo do domínio de modelagem.

Embora a abrangência temporal da modelagem seja curta (4 meses), a apresentação de cenários típicos de circulação na modelagem hidrodinâmica não esgota a avaliação da variabilidade das correntes na plataforma continental adjacente à foz do Rio Doce. Circulação média e a variância permitiriam entender resumidamente as correntes típicas da região. Séries temporais de velocidade e espectros auxiliariam a entender as frequências de

variabilidade (e respectivas energias) dos processos modelados que afetam a região. A modelagem de transporte de sedimentos apresenta uma análise mais profunda e revela importantes cenários de dispersão da pluma de sedimentos ao longo da plataforma continental do Espírito Santo. A análise tanto da hidrodinâmica quanto do transporte de sedimentos carece de comparações com dados reais. Estes, no entanto, têm pouca disponibilidade na região e os autores apresentam uma análise de um período curto de medições de correntes. A discussão da dispersão da pluma também poderia ter sido enriquecida com imagens de satélite para o período modelado, já que as medições *in situ* para o período são escassas.

Em uma análise geral, os métodos e técnicas utilizados identificam as principais mudanças ocorridas no ecossistema marinho em decorrência do desastre ambiental. Fazem-se análises estatísticas, variabilidade temporal e abrangência espacial da pluma de sedimentos, servindo como base para a melhoria das modelagens futuras. No entanto, é necessário o esclarecimento dos pontos destacados a respeito da descrição da configuração do experimento numérico e que análises futuras tragam mais dados *in situ* e o sensoriamento remoto como ferramentas de validação e avaliação dos resultados obtidos com a modelagem.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Solicita-se apenas informações complementares sobre as condições de contorno utilizadas no mar (temperatura, salinidade e velocidade) e a avaliação dos resultados do modelo com dados medidos *in situ* (aplicação de ferramentas estatísticas e os resultados encontrados).

- **RELATÓRIO: Avaliação Dos Impactos Da Ruptura Da Barragem De Rejeitos De Fundão Em Mariana Nove Meses Após O Desastre: Capítulo 5 Avaliação Dos Danos Ambientais Decorrentes Do Rompimento Das Barragens Ao Longo Da Bacia Do Rio Doce E Zona Costeira Adjacente – Biodiversidade: Item 5.2.9 Bio-Óptica Da Pluma Do Rio Doce E Os Recifes Ao Norte Da Foz Do Rio Doce.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação Dos Impactos Da Ruptura Da Barragem De Rejeitos De Fundão Em Mariana Nove Meses Após O Desastre: Capítulo 5 Avaliação Dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente – BIODIVERSIDADE: Item 5.2.9 Bio-óptica da pluma do Rio Doce e os recifes ao norte da foz do Rio Doce.

Local e data de publicação: Rio de Janeiro - RJ, 06 de Janeiro de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Fundação COPPETEC/COPPE/UFRJ.

Equipe (nome e nível de experiência):

Prof. Rogério Valle: Coordenador técnico do capítulo; Prof. Fabiano Thompson; Prof. Paulo Carneiro; Prof. Cristiane Thompson; Prof. Gizele Garcia; Prof. Paulo Salomon; Prof. Carlos Rezende; Prof. Ilana Zalmon; Prof. Ronaldo Francini-Fo; Prof. Telton Ramos; Dra. Claudia Omachi; Oceanógrafo Felipe Chagas; Bióloga Ana Carolina Soares; Biólogo Bráulio Cherene Vaz de Oliveira; Biólogo Eric Mazzei; Biólogo Rafael Menezes; Biólogo Leonardo Lopes Costa; Biólogo Thiago Pessanha Rangel; Biólogo Marcelo Gomes de Almeida; Biólogo Rafael Menezes e Biólogo Mario Mascagni

Resumo do escopo: O relatório aborda o comportamento da pluma de sedimentos dispersos na foz do Rio Doce após a chegada dos rejeitos de Mariana no litoral capixaba, por meio de imagens de satélite. Informações de intensidade e direção do vento local também foram avaliadas buscando uma correlação entre a força com o comportamento da pluma mencionada. O objetivo principal foi sugerir as possíveis regiões de alcance da pluma de sedimentos oriunda na foz do Rio Doce, destacando alguns recifes coralíneos ao norte da referida foz.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Dados obtidos por sensoriamento remoto da cor do oceano, temperatura da superfície do mar e vento foram adquiridos de fontes amplamente utilizadas pela comunidade acadêmica devido a sua qualidade comprovada. Os dados de vento foram obtidos da NOAA e dos demais parâmetros do portal Ocean Color, da NASA.

Justificativa: Os dados utilizados estão entre os melhores disponíveis na atualidade para esse tipo de análise e foram obtidos com resolução espaço-temporal compatível para as necessidades.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os dados de cor do oceano e temperatura da superfície do mar passaram pelos processamentos padrões fornecidos pelo software Seadas, utilizando um algoritmo para águas costeiras nas informações provenientes da cor, até se obter as variáveis de interesse. Entretanto, nem todas as variáveis mencionadas no relatório são possíveis de serem adquiridas com a resolução mencionada, que é de 250 metros. Na verdade, esse resultado é alcançado somente em algumas bandas do visível, enquanto em outras é necessário que o resultado seja interpolado para este valor.

Justificativa: Os procedimentos de processamento utilizados são os adequados para obtenção das variáveis. Entretanto a obtenção do material particulado em suspensão não foi detalhada, já que não parte do mesmo processamento para a obtenção das outras variáveis.

Resultados

Descrição resumida: Dentre os resultados descritos no texto e apresentados em forma de gráficos e figuras, mostrou-se uma possível influência do vento e de uma ressurgência costeira sobre a distribuição de diferentes massas d'água sobre a plataforma continental do Espírito Santo e da Bahia.

Justificativa: Houve uma mesclagem de análises qualitativas com uma proposta de análise quantitativa por meio de agrupamentos para avaliar a área de influência da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o mar. O texto se apresentou resumido, com poucas imagens e gráficos que mostrassem o que foi dito, não permitindo uma avaliação mais crítica dos resultados, entretanto conseguiu expor a possibilidade do material expelido pelo Rio Doce alcançar a região da APA Costa das Algas e dos recifes coralíneos do Banco de Abrolhos.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A técnica empregada no relatório está entre as mais indicadas para o objetivo proposto. O sensoriamento remoto permite avaliar grandes áreas em longos períodos de tempo que não seriam possíveis coletando informações de forma *in situ* no campo. Apesar de algumas informações que foram descritas não estarem claras, o objetivo principal, que foi verificar se existe a possibilidade da pluma de sedimentos do Rio Doce alcançar os recifes coralíneos ao norte de sua foz, pode ser avaliado no texto.

Justificativa: O relatório tenta responder quais foram as principais mudanças ocorridas no ambiente após o impacto, oferecendo hipóteses sobre como a pluma de sedimentos do Rio Doce pode se dispersar na plataforma continental do Espírito Santo e Bahia.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não é necessária a requisição dos dados brutos, pois todos eles são de acesso público nos portais da NOAA e Ocean Color.

ANÁLISE GERAL DO RELATÓRIO

O relatório aborda o comportamento da pluma de sedimentos dispersos na foz do Rio Doce após a chegada dos rejeitos de Mariana no litoral capixaba, por meio de imagens de satélite. As informações de intensidade e direção do vento local também foram avaliadas buscando uma correlação entre essa forçante com o comportamento da pluma mencionada. O objetivo principal do relatório foi sugerir as possíveis regiões de alcance da pluma de sedimentos oriunda na foz do Rio Doce, destacando alguns recifes coralíneos ao norte da referida foz.

Dados obtidos por sensoriamento remoto da cor do oceano, temperatura da superfície do mar e vento foram adquiridos de fontes amplamente utilizadas pela comunidade acadêmica devido a sua qualidade comprovada. Os dados de vento foram obtidos da NOAA e dos demais parâmetros do portal *Ocean Color*, da NASA. Os dados utilizados estão entre os melhores disponíveis na atualidade para esse tipo de análise e foram obtidos com resolução espaço-temporal compatível para as necessidades. Entretanto, nem todas as variáveis mencionadas no relatório são possíveis de serem adquiridas com a resolução mencionada, que é de 250 metros. Na verdade, esse resultado é alcançado somente em algumas bandas

do visível, enquanto que em outras é necessário que o resultado seja interpolado para este valor. Dessa forma, os procedimentos de processamento utilizados são os adequados para obtenção das variáveis, no entanto, a obtenção do material particulado em suspensão não foi detalhada, já que não parte do mesmo processamento para a obtenção das outras variáveis.

De uma forma geral, os resultados descritos no texto e apresentados em forma de gráficos e figuras, mostrou-se uma possível influência do vento e de uma ressurgência costeira sobre a distribuição de diferentes massas d'água sobre a plataforma continental do Espírito Santo e da Bahia. Houve uma fusão de análises qualitativas com uma proposta de análise quantitativa por meio de agrupamentos para avaliar a área de influência da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o mar. O texto se apresentou resumido, com poucas imagens e gráficos que mostrassem o que foi dito, não permitindo uma avaliação mais crítica dos resultados, entretanto conseguiu expor a possibilidade do material expelido pelo Rio Doce alcançar a região da APA Costa das Algas e dos recifes coralíneos do Banco de Abrolhos.

O sensoriamento remoto permite avaliar grandes áreas em longos períodos de tempo que não seriam possíveis coletando informações de forma *in situ* no campo. Apesar de algumas informações que foram descritas não estarem claras, o objetivo principal, que foi verificar se existe a possibilidade da pluma de sedimentos do Rio Doce alcançar os recifes coralíneos ao norte de sua foz, pode ser avaliado no texto. Uma conclusão definitiva sobre o comportamento de dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce exige o emprego de mais análises quantitativas.

- **RELATÓRIO: Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES.

Local e data de publicação: Não informado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev – Oceanografia e Hidrografia.

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos: Oceanólogo, MSc, Diretor de Operações; Thiago Altoé: Oceanógrafo, Gerente do Projeto e Coordenador do Campo; Carlos Augusto França Schettini: Oceanólogo, Dr, Análise dos Dados e Relatório; Rafael Batista: Oceanógrafo, Equipe de Campo; Fernando Bonisenha: Técnico em Batimetria, Equipe de Campo; Denise Galinare: Oceanógrafo, Equipe de Campo; Ricardo Alves: Tecnólogo em Gestão Portuária, Equipe de Campo; Guido Alves: Diagramação, Editoração e Diagramação.

Resumo do escopo: Este relatório apresenta os resultados das campanhas oceanográficas realizadas na plataforma continental ao largo da desembocadura do Rio Doce no período de 22 de Dezembro de 2015 até 2 de Fevereiro de 2016, tendo como objetivo rastrear a dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. O relatório apresenta a descrição geral dos resultados e uma análise preliminar entre as características hidrográficas observadas com as variáveis determinantes locais, como marés, vento, correntes e descarga fluvial. Os principais resultados apresentados neste relatório são:

- 1) A maioria dos levantamentos foram realizadas em condições similares de vento e correntes;
- 2) Os 13 primeiros levantamentos foram realizados em condições de baixa descarga fluvial, enquanto que os 3 últimos foram realizados em condições de descarga fluvial elevada;

- 3) A presença da pluma fluvial do Rio Doce ocorre em uma escala espacial muito próximo da desembocadura, e sua evolução ocorre preferencialmente para o sul, afastando-se da costa;
- 4) A contribuição fluvial do Rio Doce na área de estudo representa cerca de 2% de todo o volume amostral;
- 5) As massas de água dominantes, em proporções equivalentes, são a Água Tropical e a Água Central do Atlântico Sul.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Dados hidrográficos (salinidade, temperatura, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido) foram registrados em perfis verticais na coluna de água em estações amostrais ordenadas em três seções orientadas aproximadamente ortogonais à linha de costa, no período de 22 de Dezembro de 2015 até 2 de Fevereiro de 2016. As seções são denominadas de seção norte (SN), seção central (SC) e seção sul (SS). Na SN foram planejadas 14 estações amostrais, 19 estações na SC e 25 estações na SS. Próximo da costa a distância entre as estações foi de 500 m, e afastando da costa aumenta a distância entre estações para 1 e 2 km. Foram realizadas 16 campanhas. A campanha realizada no dia 23 de Dezembro foi realizada seguindo um programa diferente, repetindo a SC quatro vezes durante o dia para verificar a possível variabilidade da maré sobre a hidrografia. Esses dados foram registrados com uma sonda da marca JFE-Advantech modelo Rinko Profiler. Dados de vazão do Rio Doce são referentes à estação fluviométrica em Colatina. Dados de velocidade e direção do vento são referentes à estação meteorológica localizada na Portocel, em Aracruz, cerca de 50 km ao sul da desembocadura. Dados de velocidade e direção de correntes são referentes a um fundeio de um perfilador acústico de correntes por efeito Doppler (PACD ou ADCP em inglês) instalado na proximidade da desembocadura no período de 2 de Dezembro de 2015 até o dia 18 de Janeiro de 2016. Dados de maré são referentes à estação maregráfica do terminal portuário de Ubu.

Justificativa: A metodologia para a coleta dos dados hidrográficos (CTD) apresenta alta resolução temporal e espacial. Porém, não há menção na metodologia da configuração utilizada para o ADCP na aquisição dos dados de corrente. Os dados de vazão, vento e maré foram obtidos de fontes totalmente confiáveis e são as mesmas utilizadas pela academia.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Primeiramente, os dados de vazão, vento, correntes e marés foram apresentados em forma de séries temporais para descrever as condições hidro-meteo-

oceanográficas durante a campanha. A turbidez, medida em FTU (Formazin Turbidity Unity) foi convertida para concentração de material particulado em suspensão (MPS, mg/l) a partir da equação elaborada durante a primeira campanha de monitoramento na região próxima da desembocadura, por $MPS (NTU) = 0,57 + 0,27 NTU (r^2 = 0,99)$. Foi apresentada a estatística elementar da base de dados (média, desvio padrão, mínimo e máximo) e os valores de cada variável para os percentis de 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95% obtidos das distribuições de frequências para salinidade, temperatura, material particulado em suspensão, clorofila, saturação de oxigênio dissolvido e concentração de oxigênio dissolvido. A partir de todas as campanhas foram gerados campos de distribuição médios e de variância para cada variável. Para a caracterização de massas de água, os índices termo-halinos foram escolhidos com base em todas as campanhas realizadas. Para definição das três massas de água observadas definiu-se: Água Tropical (AT): salinidade = 37,0 g/kg e temperatura = 28,8 °C; Água Central do Atlântico Sul (ACAS): salinidade 35,8 g/kg e temperatura 18,5 °C; Água Costeira (AC): salinidade 6 g/kg e temperatura 29,3 °C. Ao final da apresentação dos resultados, foram apresentadas as distribuições horizontais de superfície e fundo para as variáveis durante os cruzeiros completos.

Justificativa: A figura utilizada para representar as séries temporais de velocidade e direção do vento e de corrente não estão adequadas, pois dificultam a interpretação do leitor. Sugere-se o gráfico do tipo "stick plot" para essa representação. Os autores afirmam que a maré desempenha um pequeno papel na variabilidade da distribuição das propriedades da água, mas não fornece informações de como foi feita a correlação para chegar a essa conclusão. O coeficiente de correlação encontrado para a equação de conversão da turbidez para MPS é muito elevado, considerado irreal para o ambiente marinho. O relatório não apresenta o procedimento para o pré-processamento dos dados de CTD e ADCP. O método de apresentação dos resultados (tabelas) a partir de análises estatísticas não é eficiente, uma vez que não leva em conta que há uma variabilidade espacial dos dados, isto é, não considera que as condições oceanográficas são diferentes ao longo do transecto e entre os transectos. Alguns campos de variância das características hidrográficas apresentam valores muito discrepantes ao que é encontrado no ambiente marinho, provavelmente houve um erro no cálculo dessa variável. O valor de salinidade escolhido para calcular a fração da AC não está adequado, pois esse valor não representa essa massa de água, o que subestimou a sua contribuição na plataforma continental. A malha amostral não apresenta resolução espacial suficiente para mostrar as distribuições de variáveis em forma de superfície e fundo.

Resultados

Descrição resumida: A maioria dos levantamentos foi realizada em condições similares de vento e correntes, isto é, durante a maior parte do tempo o vento foi proveniente de norte e a direção das correntes para sul. Os 13 primeiros levantamentos foram realizados

em condições de baixa descarga fluvial (entre 250 e 300 m³/s), ou seja, valores abaixo da média histórica para os meses de Dezembro e Janeiro (1500 m³/s), enquanto que os 3 últimos foram realizados em condições de descarga fluvial elevada (chegando a 3.500/4.000 m³/s entre os dias 20 e 24 e reduzindo a partir de então para valores em torno de 1.500 m³/s nos dias 30 e 31). A presença da pluma fluvial do Rio Doce ocorreu em uma escala espacial muito próximo da desembocadura, e sua evolução ocorreu preferencialmente para o sul, afastando-se da costa. A contribuição fluvial do Rio Doce na área de estudo, representada pela contribuição da Água Costeira, representou cerca de 2% de todo o volume amostral somente na camada superficial. As massas de água dominantes, em proporções equivalentes, foram a Água Tropical e a Água Central do Atlântico Sul, o que se observou é a gradual inversão de dominância da AT na camada superficial para a ACAS na camada mais profunda, com a inversão de dominância ocorrendo em torno de 8 m de profundidade. As distribuições horizontais de superfície e fundo corroboram os demais resultados apresentados, indicando geralmente uma forte estratificação de salinidade próximo da desembocadura do Rio Doce, em função da presença da pluma fluvial. Para as campanhas a partir do dia 29 de Janeiro, que estiveram sujeitas a maior descarga fluvial, a presença da pluma é observada em praticamente todo o domínio amostral. Há grande estratificação da temperatura, em todas as campanhas. Isto se deve a presença dominante da AT na superfície e da ACAS no fundo. As distribuições de MPS indicam, na maioria dos casos, valores de concentração de MPS muito maiores próximos do fundo e próximos da desembocadura, o que sugere que processos de ressuspensão e deposição ocorrem nesta área.

Justificativa: A análise integrada entre o papel dos ventos, das correntes, da maré e da vazão com a distribuição das características hidrográficas e a análise de massas de água conduzida pelo presente relatório é fundamental para compreender a dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O presente relatório buscou analisar as características hidrográficas (temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido) e a análise de massas de água juntamente com o comportamento das condições hidro-meteo-oceanográficas (vazão, vento, correntes e marés) durante as campanhas para rastrear a dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. Os resultados apresentados indicaram uma forte estratificação de salinidade próximo da desembocadura do Rio Doce, em função da presença da pluma fluvial, e uma grande estratificação da temperatura devido à presença dominante da AT na superfície e da ACAS no fundo. As distribuições de MPS indicam valores muito altos próximos do fundo e próximos da desembocadura, o que sugere que processos de ressuspensão e deposição ocorrem nesta área.

Justificativa: O conjunto de dados usado nesse relatório é válido, pois engloba informações de diversas fontes possibilitando o entendimento da dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. No entanto, deve ser mais explorado e interpretado para fornecer melhores respostas sobre as principais mudanças ocorridas no ambiente após o impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

- Dados de temperatura, salinidade, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido, medidos com o CTD, amostrados nas 58 estações distribuídas ao longo dos 3 transectos transversais à costa das 16 campanhas realizadas.

- Dados de velocidade e direção de correntes medidos pelo ADCP fundeado na proximidade da desembocadura do Rio Doce no período de 2 de Dezembro de 2015 até o dia 18 de Janeiro de 2016.

ANÁLISE GERAL DO RELATÓRIO

Este relatório apresenta os resultados das campanhas oceanográficas realizadas na plataforma continental ao largo da desembocadura do Rio Doce no período de 22 de Dezembro de 2015 até 2 de Fevereiro de 2016, tendo como objetivo rastrear a dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. O relatório apresenta a descrição geral dos resultados e uma análise preliminar entre as características hidrográficas observadas com as variáveis determinantes locais, como marés, vento, correntes e descarga fluvial. Dados hidrográficos (salinidade, temperatura, turbidez, clorofila e oxigênio dissolvido) foram registrados em perfis verticais na coluna de água em estações amostrais ordenadas em três seções orientadas aproximadamente ortogonais à linha de costa, no período de 22 de Dezembro de 2015 até 2 de Fevereiro de 2016.

A metodologia para a coleta dos dados hidrográficos (CTD) apresenta alta resolução temporal e espacial. Porém, não há menção da configuração utilizada para o ADCP na aquisição dos dados de corrente. Os dados de vazão, vento e maré foram obtidos de fontes totalmente confiáveis e são as mesmas utilizadas pela academia. Na metodologia de análise, o relatório não apresenta o procedimento para o pré-processamento dos dados de CTD e ADCP. Para a análise das massas d'água a partir do triângulo de mistura, o valor de salinidade escolhido para calcular a fração da AC não está adequado, pois esse valor não representa essa massa de água, o que subestimou a sua contribuição na plataforma continental. Para converter a turbidez para MPS, o coeficiente de correlação encontrado é muito elevado, considerado irreal para o ambiente marinho.

Na seção dos resultados, há problemas tanto nas análises quanto na forma de

apresentação de alguns resultados. A figura utilizada para representar as séries temporais de velocidade e direção do vento e de corrente não estão adequadas, pois dificultam a interpretação do leitor. Sugere-se o gráfico do tipo "*stick plot*" para essa representação. Os autores afirmam que a maré desempenha um pequeno papel na variabilidade da distribuição das propriedades da água, mas não fornecem informações de como foi feita a relação para chegar a essa conclusão. As tabelas apresentadas com os resultados estatísticos não são adequadas, uma vez que não levam em conta que há uma variabilidade espacial dos dados, isto é, não considera que as condições oceanográficas são diferentes ao longo do transecto e entre os transectos. Não é descrita a técnica de interpolação dos dados para os campos de superfície e fundo das propriedades. Além disso, a malha amostral não apresenta resolução espacial suficiente para mostrar as distribuições de variáveis interpoladas dentro de um erro razoável.

Em uma análise geral, o conjunto de dados usado nesse relatório engloba informações de diversas fontes possibilitando um avanço no entendimento da dispersão da pluma de sedimentos do Rio Doce. As conclusões apresentadas pelos autores, no entanto, desconsideram que parte da abrangência espacial da pluma do rio não foi detectada devido ao planejamento amostral realizado. Logo, concluir que a pluma de água doce se restringe à zona contígua a foz do rio está mais relacionada a distribuição dos pontos do que efetivamente não haver a chegada da pluma nas seções mais ao norte ou ao sul. Vale ressaltar que o conjunto de dados apresenta uma caracterização física da região ao invés de ser uma avaliação do impacto causado pela chegada da lama de rejeitos no ambiente marinho. Dessa forma, o conjunto de dados deveria ter sido mais explorado e interpretado a fim de fornecer melhores respostas de como as condições oceanográficas podem estar influenciando o comportamento da lama de rejeito.

- **RELATÓRIO: Monitoramento Marinho ADP**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Marinho ADP – Pacote 4. Campanha Entre os dias 24/03/2016 a 11/04/2016.

Local e data de publicação: Não informado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev – Oceanografia e Hidrografia.

Equipe (nome e nível de experiência): MSc. Marcelo Poças Travassos: Oceanógrafo, Diretor de Operações; Fernando Binda: Oceanógrafo, Gerente de Projetos; PhD. Alexandre Braga Coli: Oceanógrafo, Doutor em Engenharia Costeira, responsável pela análise dos dados e relatório; MSc. Sandra Fachin: Oceanógrafa, Mestra em Geologia Marinha, responsável pela análise dos dados e relatório; Thiago Altoé: Oceanógrafo, Coordenador; Sérgio G. Martins: Técnico em Meio Ambiente, responsável pela coleta de dados; Anderson da Silva: Técnico em Meio Ambiente, responsável pela coleta de dados; Patrick Oliveira: Diagramador, responsável pela editoração e Diagramação.

Resumo do escopo: O relatório apresenta a análise de dados coletados no monitoramento da Foz do Rio Doce entre o final de Março e início de Abril de 2016. Apresentam-se dados de temperatura, salinidade, fluorescência e turbidez na coluna d'água a partir de perfis verticais com um CTD em três pontos distintos. Nos mesmos locais, foram fundeados perfiladores Doppler (ADCP) de correntes por cerca de 18 dias.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Dados obtidos a partir de medições in situ, realizando estações oceanográficas para obtenção de dados de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência com um CTD SeaBird 19, e fundeios de três perfiladores acústicos de correntes RDI 1200 KHz e 600KHz.

Justificativa: Os dados foram coletados com equipamentos amplamente utilizados

pelo setor privado e pela comunidade acadêmica em estudos e monitoramento de parâmetros ambientais marinhos. Contudo, ressalva-se que os 3 pontos de perfis de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência não permitem uma visão espacial adequada da região para uma mínima análise conjunta desses parâmetros. Ademais, não é mencionada na metodologia a configuração detalhada dos equipamentos, especialmente informações fundamentais como: de quanto em quanto tempo os perfis com o CTD foram realizados; a taxa de amostragem dos ADCPs fundeados, discretização vertical, entre outras informações detalhadas para uma reprodução futura da configuração aplicada.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O relatório apresenta diferentes medidas estatísticas e séries temporais em diferentes profundidades para avaliar a variabilidade das propriedades analisadas. São apresentadas séries temporais brutas dos dados, sem filtragem, e séries promediadas por dia para diferentes porções da coluna d'água. Análises espectrais de nível da superfície do mar e análise direcional de ondas de gravidade também são apresentadas.

Justificativa: assim como na metodologia de coleta, as metodologias de análise dos dados foram apresentadas muito superficialmente e grande parte delas apenas mencionadas junto com os resultados. Qual foi critério para escolher a superfície representada pela medição a 1 metro de profundidade? Houve comparações com níveis de profundidade próximos? A metodologia de análise dos parâmetros de ondas não é mencionada, entre outros pontos mais específicos.

Resultados

Descrição resumida: Apresenta-se inicialmente uma estatística básica dos diferentes parâmetros coletados a partir do CTD para temperatura, salinidade, clorofila-a a turbidez, seguido de séries temporais dos respectivos parâmetros, dividindo-se parte da análise entre superfície, meio e fundo. Em seguida, apresentam-se resultados obtidos a partir das medições de perfilador acústico de correntes. Apresenta-se uma análise de nível da superfície do mar, estatística básica e séries temporais de correntes e ondas de gravidade.

Justificativa: As análises de CTD apresentam problemas tanto na estatística quanto nas séries temporais. Parte importante dos resultados é apresentada na forma de histogramas, que dificultam a análise e a interpretação dos resultados. Perfis verticais médios e os respectivos desvios-padrão, agrupados ou separados por pontos, permitiriam uma melhor análise da estrutura de massas d'água na plataforma continental e dariam a visão média que as séries temporais não permitem avaliar facilmente. Entendo que os perfis foram apresentados separadamente nos anexos, mas não é suficiente para completar a análise. Ademais, alguns perfis de CTD no anexo mostram claramente que precisam de um melhor

pré-processamento para que se realizem quaisquer estatísticas ou análises físicas com os dados. As séries temporais das propriedades medidas pelo CTD apresentam escalas de cor distintas entre os pontos, o que dificulta a comparação entre os resultados. Na análise dos dados de ADCP, não é possível visualizar a defasagem alegada do ponto P3 em relação aos demais pontos. Além disso, não fica clara qual a entrada para a obtenção dos espectros de potência: qual série temporal é usada? Na interpretação dos resultados dos espectros de potência, os autores associam alguns picos de maior energia diretamente a componentes harmônicas de maré. Isso não é possível caso a resolução temporal do dado (não informado no relatório) seja de 30 min, por exemplo. Os picos do espectro podem ser associados apenas a faixas de frequência, como banda semidiurna, banda diurna, etc. Apenas num espectro de alta resolução com um dado com alta taxa de amostragem temporal seria possível diferenciar as componentes harmônicas da maré. As séries temporais de magnitude das correntes apresentam barras de cores com limites diferentes, que dificulta a comparação entre os pontos. Seria importante também deixar claro de que maneira foram obtidos os valores de magnitude e direção médios para as correntes. Nos histogramas polares de altura significativa de ondas seria importante usar as mesmas faixas de variação para melhor comparação entre os pontos.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório apresenta informações importantes a respeito de diferentes propriedades (temperatura, salinidade, turbidez, fluorescência, correntes, ondas) na região da foz do Rio Doce. São apresentadas estatísticas básicas e séries temporais das propriedades. A campanha foi realizada por cerca de 18 dias, com 3 perfiladores de correntes fundeados em 3 pontos distintos próximos à foz do rio. No mesmo período, foram realizados perfis verticais de CTD para estudo da estrutura vertical de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência na região.

Justificativa: As análises e discussões não focam na influência do Rio Doce sobre os locais de medições. Porém, a amostragem realizada também não permite muitas inferências a respeito da compreensão espacial da pluma do Rio Doce na região. O relatório apresenta alguns importantes resultados na compreensão da dinâmica da plataforma continental em si, que serão fundamentais para o entendimento dos processos físicos que atuam sobre a pluma quando se espalha pela região oceânica adjacente à foz. A continuidade das medições, para a criação de séries temporais longas, é fundamental para entender processos de maior escala temporal que podem influenciar ou determinar o destino da pluma e rejeitos do Rio Doce.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

- Dados brutos de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência para os três pontos de medições (P1, P2,P3);
- Dados brutos de correntes e ondas obtidos nos 3 fundeios (P1, P2, P3) dos perfiladores acústicos.

AValiação GERAL DO RELATÓRIO

O relatório apresenta a análise de dados coletados no monitoramento da Foz do Rio Doce entre o final de Março e início de Abril de 2016. Apresentam-se dados de temperatura, salinidade, fluorescência e turbidez na coluna d'água a partir de perfis verticais com um CTD em três pontos distintos. Nos mesmos locais, foram fundeados perfiladores Doppler (ADCP) de correntes por cerca de 18 dias.

Os dados foram coletados com equipamentos amplamente utilizados pelo setor privado e pela comunidade acadêmica em estudos e monitoramento de parâmetros ambientais marinhos. Contudo, ressalva-se que os 3 pontos de perfis de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência não permitem uma visão espacial adequada da região para uma mínima análise conjunta desses parâmetros. Ademais, não é mencionada na metodologia a configuração detalhada dos equipamentos, especialmente informações fundamentais como: de quanto em quanto tempo os perfis com o CTD foram realizados; a taxa de amostragem dos ADCPs fundeados, discretização vertical, entre outras informações detalhadas. Assim como na metodologia de coleta, as metodologias de análise dos dados foram apresentadas muito superficialmente e grande parte delas apenas mencionadas junto com os resultados. Exemplo: qual foi critério para escolher a superfície representada pela medição a 1 metro de profundidade? Houve comparações com níveis de profundidade próximos? A metodologia de análise dos parâmetros de ondas não é mencionada, entre outros pontos mais específicos. Em geral, a ausência de informações detalhadas sobre parte da metodologia de análise somado à falta de informações sobre a metodologia de coleta, comprometem o entendimento e até mesmo a eventual reprodução futura das figuras (e análises advindas) e resultados encontrados.

As análises de CTD apresentam problemas tanto na estatística quanto nas séries temporais. Parte importante dos resultados é apresentada na forma de histogramas, que dificultam a análise e a interpretação dos resultados. Perfis verticais médios e os respectivos desvios-padrão, agrupados ou separados por pontos, permitiriam uma melhor análise da estrutura de massas d'água na plataforma continental e dariam a visão média que as séries

temporais não permitem avaliar facilmente. Entendemos que os perfis foram apresentados separadamente nos anexos, mas não é suficiente para completar a análise. Ademais, alguns perfis de CTD no anexo mostram claramente que precisam de um melhor pré-processamento para que se realizem quaisquer estatísticas ou análises físicas com os dados. As séries temporais das propriedades medidas pelo CTD apresentam escalas de cor distintas entre os pontos, o que dificulta a comparação entre os resultados. Na análise dos dados de ADCP, não é possível visualizar a defasagem alegada do ponto P3 em relação aos demais pontos. Além disso, não fica clara qual a entrada para a obtenção dos espectros de potência. Na interpretação dos resultados dos espectros de potência, os autores associam alguns picos de maior energia diretamente a componentes harmônicas de maré. Isso não é possível caso a resolução temporal do dado (não informado no relatório) seja de 30 min, por exemplo. Os picos do espectro podem ser associados apenas a faixas de frequência, como banda semidiurna, banda diurna, etc. Apenas num espectro de alta resolução com um dado com alta taxa de amostragem temporal seria possível diferenciar as componentes harmônicas da maré. As séries temporais de magnitude das correntes apresentam barras de cores com limites diferentes, que dificulta a comparação entre os pontos. Seria importante também deixar claro de que maneira foram obtidos os valores de magnitude e direção médios para as correntes. Nos histogramas polares de altura significativa de ondas seria importante usar as mesmas faixas de variação para melhor comparação entre os pontos.

As análises e discussões não focam na influência do Rio Doce sobre os locais de medições. Porém, a amostragem realizada também não permite muitas inferências a respeito da compreensão espacial da pluma do Rio Doce na região.

- **RELATÓRIO: Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória.

Local e data de publicação: Não informado, Abril de 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Econservation – Estudos e Projetos Ambientais.

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos: Oceanólogo, Gerente do Projeto; Thiago Altoé Lopes: Oceanógrafo, Coordenador do Campo; Ricardo Alves Dutra: Técnico Ambiental, responsável pelos levantamentos; Alexandre Braga Coli: Oceanólogo, Dr., Processamento e Relatório de Oc. Física; Sandra Fachin: Oceanóloga, MSc., Processamento e Relatório de Oc. Física.

Resumo do escopo: O principal objetivo deste relatório foi verificar se a pluma de rejeitos lançada na região marinha adjacente ao Rio Doce, após o rompimento da barragem em Mariana-MG, teria alcançado a região de Abrolhos (BA), em consequência da passagem de uma frente fria, no dia 05 de Janeiro de 2016. Esta hipótese foi levantada durante o monitoramento da pluma de turbidez realizado pelo IBAMA, através de imagens de satélite, visto que se observou um aumento de 132 Km² e 1727 Km² da área de abrangência das plumas de sedimentos de maior e menor concentração, respectivamente, entre os dias 05 e 06 de Janeiro de 2016. Além disso, também foi observado que, possivelmente, a pluma de turbidez de menor concentração teria atingido o Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Assim, para que se pudesse verificar sinais da pluma de rejeitos na região de Abrolhos, foi estabelecido um plano amostral com o objetivo de analisar a presença, ou não, do material oriundo do rejeito da SAMARCO na região marinha situada entre Abrolhos e Vitória, e quais seriam os possíveis impactos da presença deste material na comunidade fitoplanctônica e na qualidade d'água da região. Para tanto foram realizados perfis com CTD (para medição da temperatura, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila-a), análise de dados de um ADCP fundeado na região próxima a foz do Rio Doce, coleta e análise da

comunidade fitoplanctônica e, por fim, coleta e análise de amostras de água para se determinar sua qualidade a partir da determinação das concentrações de metais e nutrientes. Neste relatório também são apresentadas imagens do sensor MODIS/AQUA para os mesmos dias nos quais foram realizados os levantamentos de dados (19 a 25 de Janeiro 2016), entretanto, devido à alta cobertura de nuvens, não foi possível avaliar a pluma de turbidez oriunda do Rio Doce.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Entre os dias 19 e 25 de Janeiro de 2016, foram realizadas com um CTD (*JFE-Advantech* modelo *Rinko Profiler*) medições de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez e clorofila-a em 55 estações espaçadas cerca de 5km e distribuídas ao longo de seis transectos dispostos longitudinalmente à costa, entre as cidade de Nova Viçosa (BA) e Vitória (ES). Os seis transectos, junto à costa, parte próximo às localidades de Abrolhos, Conceição da Barra, Pontal do Ipiranga, Regência, Santa Cruz e Manguinhos. A resolução vertical das medições foi de 0,1 m, e estas ocorreram entre 0,3 abaixo da superfície e 0,3 m acima do fundo, sendo a Ambilev a empresa responsável pela coleta dos dados analisados neste relatório. No relatório de campo elaborado pela Ambilev, constam as condições meteoceanográficas, para os períodos da manhã e da tarde, de cada um dos cinco dias das coletas, estando especificadas as condições de vento, ondulação e cobertura de nuvens. As embarcações utilizadas nas amostragens eram equipadas com GPS's de precisão e sondas para determinação da profundidade. Esses equipamentos foram responsáveis pelo posicionamento nas estações de coleta e também para o registro prévio da profundidade, sendo as sondas de profundidade utilizadas para se evitar o toque dos instrumentos de coleta no fundo e, conseqüentemente, ressuspensão de sedimentos do assoalho marinho, o que poderia interferir no monitoramento dos parâmetros de interesse. Entre os dias 18/01 e 25/01 foram realizadas medições de correntes e ondas com um ADCP, que permaneceu fundeado próximo à foz do Rio Doce. No relatório não são encontradas as especificações do equipamento utilizado (marca e modelo), assim como também não são descritas a taxa amostral dos dados, como o fundeio do equipamento foi realizado, as dimensões da estrutura utilizada para fixação do equipamento, etc.

Justificativa: O esforço amostral realizado neste trabalho foi válido visto que abrangeu todas as regiões, possivelmente, cobertas pelas plumas de maior e menor concentração, que foram identificadas a partir das análises das imagens de satélite pelo IBAMA. Além disso, nas diferentes estações foram realizadas medições em toda a coluna d'água, o que favorece uma boa discretização do comportamento da pluma. Em relação aos dados de ADCP, faz-se necessária uma explicação de como o equipamento foi fundeado, das dimensões da estrutura

utilizada no fundeio, identificação do equipamento utilizado, determinação da taxa amostral, verificação da qualidade dos dados (*pitch* e *roll*, por exemplo), esclarecimento sobre a realização ou ao das correções necessárias na etapa de pré-processamento de dados (correção da declinação magnética, por exemplo), etc.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Para análise de dados foram construídos gráficos que mostram as variabilidades temporal e espacial e o comportamento das variáveis investigadas (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez e clorofila-a) ao longo da coluna 'água.

Justificativa: A metodologia empregada para a análise dos dados está correta, apesar de não ser tão abrangente quanto poderia para responder, por exemplo, sobre o comportamento da maré, como esta estaria influenciando na distribuição dos parâmetros na coluna d'água, etc.

Resultados

Descrição resumida: Para cada um dos seis transectos realizados (Abrolhos, Conceição da Barra, Pontal do Ipiranga, Regência, Santa Cruz e Manguinhos), realizaram-se cálculos dos valores médios, máximos e valores mínimos (por transectos) da salinidade, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila-a, sendo estes valores apresentados em tabelas distribuídas ao longo do texto. Além disso, buscou-se avaliar a distribuição espacial das variáveis investigadas em todas as estações de medições, considerando cada um dos transectos, sendo deste modo apresentadas figuras da distribuição das propriedades da água do mar para cada um dos transectos e isoladamente para cada uma das estações. No relatório também são apresentados gráficos da distribuição ao longo dos transectos das propriedades da água do mar, nas camadas superficial (1m), meio da coluna da água e fundo (1m a partir do fundo), referentes aos diferentes transectos.

Sobre as condições meteorológicas da região de estudo, foram reunidas informações das estações automáticas do INMET localizadas nas imediações dos pontos de coleta (A612, A614, A616 e A405) e apresentadas análises dos dados de ventos e pressão atmosférica, medidos entre os dias 18/01 e 26/01, um dia anterior e um dia depois da realização da coleta de dados *in situ*.

Em relação aos dados coletados com ADCP, foram apresentados gráficos do tipo *stickplot* para três profundidades e gráfico do tipo *compass*, que mostra a intensidade e a direção das correntes medidas. Para os dados de ondas, foram apresentados gráficos referentes a altura significativa, período de pico e direção média de pico.

Justificativa: Os resultados apresentados estão válidos apesar de que estes deveriam ter sido melhor explorados para o melhor caracterização da distribuição e variabilidade dos

parâmetros investigados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: No item de conclusões do relatório são apresentados resumos relacionados à qualidade de água e a comunidade fitoplanctônica. Dentre as principais conclusões, tem-se que: a pluma de rejeitos de menor concentração não atingiu o Parque Nacional de Abrolhos, e (b) que para toda a região da plataforma investigada, o rompimento da barragem em Mariana (MG) não gerou impactos negativos na região.

Justificativa: O relatório tenta responder quais foram as principais mudanças percebidas no ambiente desde a ocorrência do impacto. Em relação à parte relacionada à hidrodinâmica do ambiente, acredita-se que análises deveriam ter sido mais assertivas, para que se pudesse ter maior clareza sobre o comportamento da pluma no ambiente. Para tanto, teria sido interessante avaliar, por exemplo, o fluxo residual de correntes, mesmo apenas se tendo um ponto de fundeio de ADCP, avaliação do campo de ventos em toda a área, etc.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

- Dados de temperatura, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila-a, medidos com o CTD, amostrados nas 55 estações amostrais distribuídas ao longo dos 6 transectos transversais à costa.

- Dados de ADCP (correntes e ondas) juntamente com as informações sobre as dimensões da estrutura na qual o equipamento ficou fundeado.

ANÁLISE GERAL DO RELATÓRIO

O principal objetivo deste relatório foi verificar se a pluma de rejeitos lançada na região marinha adjacente ao Rio Doce, após o rompimento da barragem em Mariana-MG, teria alcançado a região de Abrolhos (BA), em consequência da passagem de uma frente fria, no dia 05 de Janeiro de 2016. Assim, para que se pudesse verificar sinais da pluma de rejeitos na região de Abrolhos, foi estabelecido um plano amostral com o objetivo de analisar a presença, ou não, do material oriundo do rejeito da SAMARCO na região marinha situada entre Abrolhos e Vitória, e quais seriam os possíveis impactos da presença deste material na comunidade fitoplanctônica e na qualidade d'água da região. Para tanto foram realizados perfis com CTD (para medição da temperatura, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila-a), análise de dados de um ADCP fundeado na região próxima a foz do Rio Doce, coleta e análise da comunidade fitoplanctônica e, por fim, coleta e análise de amostras de

água para se determinar sua qualidade a partir da determinação das concentrações de metais e nutrientes. Neste relatório também são apresentadas imagens do sensor MODIS/AQUA para os mesmos dias nos quais foram realizados os levantamentos de dados (19 a 25 de Janeiro 2016), entretanto, devido à alta cobertura de nuvens, não foi possível avaliar a pluma de turbidez oriunda do Rio Doce.

O esforço amostral realizado neste trabalho foi válido visto que abrangeu todas as regiões, possivelmente, cobertas pelas plumas de maior e menor concentração, que foram identificadas a partir das análises das imagens de satélite pelo IBAMA. Além disso, nas diferentes estações foram realizadas medições em toda a coluna d'água, o que favorece uma boa discretização do comportamento da pluma. Em relação aos dados de ADCP, faz-se necessária uma explicação de como o equipamento foi fundeado, das dimensões da estrutura utilizada no fundeio, identificação do equipamento utilizado, determinação da taxa amostral, verificação da qualidade dos dados (*pitch* e *roll*, por exemplo), esclarecimento sobre a realização ou ao das correções necessárias na etapa de pré-processamento de dados (correção da declinação magnética, por exemplo), etc.

Os resultados de CTD e ADCP são apresentados ao longo do relatório identificando suas variabilidades espaciais e temporais. No entanto, não são apresentadas análises e discussões a respeito dos resultados obtidos.

O relatório tenta responder quais foram as principais mudanças percebidas no ambiente desde a ocorrência do impacto. Em relação à parte relacionada à hidrodinâmica do ambiente, acredita-se que análises deveriam ter sido mais assertivas, para que se pudesse ter maior clareza sobre o comportamento da pluma no ambiente. Para tanto, teria sido interessante avaliar, por exemplo, o fluxo residual de correntes, mesmo apenas se tendo um ponto de fundeio de ADCP, avaliação do campo de ventos em toda a área, etc.

- **RELATÓRIO: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas – Atualização de Maio/2017.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Modelagem numérica

Equipe avaliadora: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi, Dr. Angelo Lemos, Dr. Guilherme Mill, MSc. Tayná Martins Paiva, MSc. Fernanda Perassoli, MSc. Mahatma Fernandes, MSc. Sabrina Fonseca.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas – Atualização de Maio/2017.

Local e data de publicação: Belo Horizonte – MG, Maio de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda.

Equipe (nome e nível de experiência): M.Sc. J.P. Bechtold: Especialista de Qualidade da água Sênior, Revisor; D.Sc. Luis Melges: Especialista em Análise de Risco e Ambiental Sênior, Revisor; D.Sc. Gustavo Estrada: Analista Ambiental Sênior, Revisor; M.Sc. Eduardo Richard: Oceanógrafo; M.Sc. Gabriela Mello: Especialista em Qualidade da água Sênior; Helvécio Duarte: Engenheiro Ambiental.

Resumo do escopo: Neste documento, foi realizado o monitoramento da qualidade da água na área afetada pela pluma, determinada como aquela que apresentava altos níveis de turbidez (caracterização visual). Este relatório teve como objetivo geral realizar uma atualização e uma descrição das condições mais recentes da qualidade de água e sedimentos na zona costeira e região próxima à foz do rio Doce, incluindo a APA Costa das Algas, com base no banco de dados do programa de monitoramento realizado pela Fundação Renova. Assim, a distribuição dos pontos de amostragem próximos à foz do rio Doce foi definida em 5 pontos de amostragem específicos (Seção IA, Seção II, Seção III, Seção IV e Seção V) para avaliar a qualidade da água na zona costeira afetada pelo fluxo proveniente do rio Doce. Estes pontos de amostragem foram posicionados, numa extensão de 1 km a partir da foz do rio Doce, de forma a fornecer informações sobre a dispersão da pluma de sedimentos contendo rejeitos nos sentidos nordeste e sul, sudeste e sudoeste. Outros 12 pontos de amostragem foram posicionados em três transectos a partir da foz do rio Doce, alcançando uma distância de até 15 km da foz. O monitoramento da qualidade da água incluiu também pontos de amostragem localizados dentro da APA Costa das Algas e do RVS de Santa Cruz, que

começaram a ser monitorados no dia 3 de Dezembro de 2015. O limite norte da APA está a aproximadamente 23 km da foz do rio Doce. Seis pontos de amostragem foram situados dentro área da APA. As amostragens deveriam ser feitas em duas profundidades, superficial e profunda, que correspondem, respectivamente, a 20% e 80% da superfície da coluna d'água. Foi executada uma amostragem de sedimentos pela Samarco nos pontos Seção IA, Seção II, Seção III, Seção IV e Seção V em 17 de Novembro de 2015, embora não tivesse sido exigida inicialmente no TCSA. Com base em dados coletados entre Novembro de 2015 e Fevereiro de 2017, o rompimento da Barragem de Fundão pode ter afetado as concentrações de até 30 parâmetros na zona costeira. Essa afirmação foi baseada na elevação coincidente das concentrações com a chegada da onda de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem. Para um grupo menor de parâmetros, os efeitos foram de prazo mais longo. Ao passo que, para a maioria dos parâmetros, os efeitos foram de curto prazo, da ordem de poucas semanas a alguns meses. Como o monitoramento da qualidade de sedimentos foi iniciado somente no início de Março (T3), as conclusões acerca dos efeitos do rompimento da barragem de Fundão sobre este compartimento guardam maior incerteza. Esses metais são: alumínio, ferro e manganês, que apresentaram alterações de maior magnitude e persistência na água; e arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, magnésio, zinco e vanádio, que apresentaram alterações de menor magnitude e persistência na água.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: O Anexo 1 do TCSA estabeleceu que a frequência de amostragem nos pontos de monitoramento deveria ser a cada duas horas até o reestabelecimento dos níveis anteriores à chegada do pico de vazão e deveriam ser avaliados os seguintes parâmetros de qualidade: Temperatura, Sólidos dissolvidos totais, Ferro (Fe) total, Turbidez, Sólidos suspensos totais, Fósforo, Cor, Alumínio (Al), Manganês (Mn), Condutividade elétrica, Arsênio (As), Zinco (Zn), pH, Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg), Oxigênio dissolvido (OD), Chumbo (Pb), Coliformes, DBO, Ferro (Fe) dissolvido. A partir de 27 de Fevereiro de 2016 a frequência de amostragens passou a ser diária e quatro pontos de amostragem foram acrescentados em um novo Transecto Sudeste a partir da foz do rio Doce. As coletas foram realizadas em P15 (15 cm) abaixo da superfície e P50 (50 cm) acima do leito oceânico. Conforme determina o TCSA, além da caracterização de água e sedimento, para caracterização da hidrodinâmica marinha são coletados dados dos Perfis de Corrente Doppler Acústicos (ADCP) e condutividade, temperatura e profundidade (CTD) em três pontos continuamente conforme Figura 3. Os parâmetros oceanográficos medidos pelo ADCP

são ondas, correntes e nível do mar. Os hidrográficos medidos pelo CTD são temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência (calibrada para clorofila-a). Para essa análise, foram obtidos dados de velocidade e direção de ventos da estação meteorológica de Portocel (localizada a cerca de 15 km ao sul da foz do rio Doce).

Justificativa: No relatório não foi descrito a marca e a frequência do ADCP. Mesmo que o mesmo tenha tido problema e posteriormente substituído o conjunto de dados obtidos pelo equipamento é válido no período em que estava funcionando sendo capaz de responder os objetivos do relatório. Além do mais surgiram alguns questionamentos em relação à metodologia de coleta, tais como: Qual o real motivo para a realização da troca? Quais foram os critérios utilizados para identificar tais erros? Os dados passaram por algum tipo de tratamento?

Metodologia Análise

Descrição resumida: Para este relatório, os dados de qualidade da água do monitoramento realizado pela Samarco após o rompimento da barragem de Fundão foram divididos em quatro períodos, como descritos a seguir: Período 1 (T1): de 17 de Novembro a 31 de Dezembro de 2015 (44 dias); Período 2 (T2): de 01 de Janeiro a 26 de Fevereiro de 2016 (56 dias); Período 3 (T3): de 27 de Fevereiro de 2016 a 31 de Outubro de 2016 (247 dias), período que corresponde à mudança da metodologia de coleta e análise, após revisão do TCSA, e ao período seco do ano hidrológico. Nesse período, a qualidade da água tende à estabilização, com alterações de curto prazo (e.g. 3 a 5 dias) e menor amplitude regidas por fenômenos meteo-oceanográficos (GOLDER, 2016a). Período 4 (T4): de 01 de Novembro de 2016 a 28 de Fevereiro de 2016 (120 dias). Portanto, no presente relatório os dados meteoceanográficos serão utilizados também para avaliar o possível efeito da ressuspensão sobre a qualidade da água. Essa análise será ainda apoiada pelo teste da pergunta P3 (vide seção 1.3). As variações na qualidade da água da zona costeira dependem, de forma conjunta, do aporte do rio Doce e dos processos meteoceanográficos atuantes próximos à foz do rio Doce.

Justificativa: O fato de ter dividido o relatório em perguntas a serem respondidas torna o relatório mais objetivo. Entretanto, não existe no relatório o método de análise aplicado para os dados de CTD e ADCP deixando confusa a interpretação dos mesmos. Dessa forma, fica difícil entender e saber se os dados foram coletados ou se foi utilizado os dados de outros relatórios anteriores.

Resultados

Descrição resumida: Dos 21 parâmetros avaliados, apenas cromo total e bário total apresentaram conformidade com o padrão em todas as amostras coletadas na profundidade

20% da coluna d'água desde 17 de Novembro de 2015 em todos os pontos de amostragem da zona costeira. Os seguintes parâmetros apresentaram não conformidades na zona costeira em pelo menos uma das profundidades: Alumínio dissolvido, Coliformes termotolerantes, E. coli, Fosfato, Mercúrio total, Nitrogênio amoniacal, Zinco total, Arsênio total, Cobre dissolvido, Ferro dissolvido, Níquel total, Nitrato, Oxigênio dissolvido, Cádmio total, Chumbo total, Fósforo total, Manganês total, Nitrito, pH. Dentre eles estão fósforo total, E. coli e coliformes termotolerantes, que foram descontinuados a partir da revisão do TCSA. Para estes parâmetros, somente a profundidade superficial foi avaliada em virtude da ausência dos dados em P50. Os resultados de dados ADCP e CTD reportados por Ambilev (2016a,b,c,d) e CTA (2016a,b,c,d; 2017a,b) indicam que, próximo à foz do rio Doce, a presença da massa de Água Tropical (AT) é frequente (alta temperatura e salinidade) e prevalecem correntes com sentido sul, sul-sudeste e sul-sudoeste de baixa velocidade (abaixo de 0,5 m.s⁻¹), em conformidade com os ventos alísios predominantes soprando de E-NE. As correntes mais fortes podem atingir máximos de até 1,2 m.s⁻¹ em superfície. Embora as correntes de fundo sejam menos intensas que as de superfície, elas apresentam boa correlação com os dados superficiais. A baixa profundidade da coluna d'água permite que os ventos tenham influência direta sobre o perfil de correntes. No entanto, as inversões devido à mudança no padrão de ventos têm maior duração, sendo mais facilmente perceptíveis.

Justificativa: Os resultados físicos estão bem discutidos. No entanto, falta explorar melhor os dados, principalmente de CTD, visto que os autores não descrevem nada sobre o padrão de temperatura e salinidade nos pontos amostrais. Já os dados do ADCP foram descritos superficialmente e ainda contém uma breve discussão sobre o padrão de corrente, maré e padrão de vento.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: As concentrações são, de forma geral, mais elevadas em águas de fundo do que em superfície, indicando a influência do processo de ressuspensão sobre qualidade da água de fundo, provocado por eventos meteoceanográficos de curto prazo. Esse resultado é observado principalmente ao longo do período seco (T3), quando predomina o efeito de fatores meteoceanográficos sobre o aporte pelo rio Doce. No que tange o período T4, nota-se, de forma geral, uma redução das alterações em comparação com os períodos T1 e T2. Essa redução é observada tanto pela diminuição da intensidade dos pulsos de alteração do primeiro grupo de parâmetros, como pela ausência de novos pulsos de alteração dos parâmetros do segundo grupo. A intervenção de controle de rejeitos promovida pela Fundação Renova e o fato do pulso de elevação da vazão do rio Doce em T4 ter sido menor que em T2 são os fatores que provavelmente explicam essas diferenças. Em Seção IA, mais

próxima da foz do rio Doce, as alterações observadas no final de Janeiro e Novembro de 2016 atingem resultados de turbidez superiores a 300 UNT e concentrações de ferro total maiores que 5 mg/L. Durante os eventos de passagens de frentes frias com altura de ondas acima da média e ventos do quadrante sul-sudoeste, os sedimentos predominantemente arenosos de Seção IA, tendem a se depositar rapidamente, enquanto em 1E os sedimentos finos permanecem durante um tempo maior em suspensão. Neste evento, a turbidez e a concentração de ferro total na água apresentam os maiores resultados nas amostras coletadas mais próximas ao fundo (P50), diferentemente dos períodos de maior vazão do rio Doce, quando a piora na qualidade da água se deu de forma mais intensa em superfície.

Justificativa: O relatório identifica os principais pontos afetados, além disso, mostra a relação dos eventos de entrada de frente fria com a dispersão e ressuspensão da pluma de sedimento com o aumento dos metais analisados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

- Dados brutos de temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência (calibrada para clorofila-a) nos pontos de medições;
- Dados brutos de correntes, ondas e elevação do nível do mar obtidos nos 3 fundeios (P1, P2, P3) dos perfiladores acústicos.

ANÁLISE GERAL DO RELATÓRIO

Neste documento, foi realizado o monitoramento da qualidade da água na área afetada pela pluma, determinada como aquela que apresentava altos níveis de turbidez (caracterização visual). Este relatório teve como objetivo geral realizar uma atualização e uma descrição das condições mais recentes da qualidade de água e sedimentos na zona costeira e região próxima à foz do rio Doce, incluindo a APA Costa das Algas, com base no banco de dados do programa de monitoramento realizado pela Fundação Renova. Conforme determina o TCSA, além da caracterização de água e sedimento, para caracterização da hidrodinâmica marinha são coletados dados dos Perfis de Corrente Doppler Acústicos (ADCP) e condutividade, temperatura e profundidade (CTD) em três pontos continuamente conforme Figura 3. Os parâmetros oceanográficos medidos pelo ADCP são ondas, correntes e nível do mar. Os hidrográficos medidos pelo CTD são temperatura, salinidade, turbidez e fluorescência (calibrada para clorofila-a). Para essa análise, foram obtidos dados de velocidade e direção de ventos da estação meteorológica de Portocel (localizada a cerca de 15 km ao sul da foz do rio Doce).

No relatório não foram descritas a marca, frequência e configurações de amostragem dos ADCPs. Os autores citam relatórios anteriores como referência dos resultados das medições. Não tivemos acesso aos relatórios citados, que impossibilita uma avaliação crítica das análises e conclusões do relatório em questão. Dessa forma, alguns questionamentos ficam em aberto, tais como: Qual o real motivo para a realização da troca do equipamento? Quais foram os critérios utilizados para identificar tais erros? Após a retirada dos equipamentos, os dados passaram por algum tipo de tratamento?

O fato de ter dividido o relatório em perguntas a serem respondidas torna o relatório mais objetivo. Entretanto, não apresenta o método de análise aplicado para os dados de CTD e ADCP deixando confusa a interpretação desses resultados. Dessa forma, fica difícil interpretar os dados e identificar se foram coletados ou se foram utilizados os dados de relatórios anteriores.

APÊNDICE K - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes à Sedimentologia.

- **RELATÓRIO: RT-002_159-515-2282_01-J. Rompimento Da Barragem De Rejeitos De Fundão: Plano De Recuperação Ambiental**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT-002_159-515-2282_01-J. Rompimento Da Barragem De Rejeitos De Fundão: Plano De Recuperação Ambiental

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Fevereiro de 2016

Órgão/Empresa executor (a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): EQUIPE TÉCNICA: Luls Melges, Doutor, Cientista Ambiental; Antônio Freitas, Doutor, Engenheiro Químico; Lee Niki, Mestre, Cientista Ambiental; Jean Pierre Davit, Mestre, Engenheiro Ambiental; Denis Millette, Doutor, Cientista Ambiental; Deborah Chan-Yan, Mestre, Engenheira civil; LÍDERES TÉCNICOS: Alan Bronso, Mestre, Engenheiro de recursos hídricos; Alistair Cadden, Mestre, Engenheiro Geodésico; Roy Lopes, Mestre, Engenheiro Geodésico; Rowland Atkins, Mestre, Geomorfologista; Robert Millar, Doutor, Engenheiro de recursos hídricos; Marcelo Diniz, Mestre, Engenheiro civil; Phil Osborne, Doutor, Geomorfologista costeiro; Aloysio Saliba, Doutor, Engenheiro hidrólogo; J.P. Bethtold, Mestre, Biólogo; Kara Warner, Doutora, Bióloga; Fernando Pantuzzo, Doutor, Geólogo químico; RensVerburg, Doutor, Geólogo Químico; Lúcio Bedê, Doutor, Biólogo; Ademir Reis, Doutor, Biólogo; Martin Jalkotzy, Mestre, Ecologista de Fauna; Kyle Knopff, Doutor, Biólogo; Brock Simons, Doutor, Biólogo; Jacek Patalas, Biólogo; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Giovanni Torchia, Mestre, Biólogo; Audrey Wagenaar, Mestre, Cientista Ambiental; Cristine Thomas, Mestre, Cientista ambiental; Trish Miller, Mestre, Cientista ambiental; SUPORTE TÉCNICO: Thiago Alves, Biólogo; Laurent Saumure, Mestre, Engenheiro ambiental; Fernanado Tomé, Mestre, Engenheiro Civil; Thaís Amaral, Engenheira ambiental; Manuel Gantijo, Biólogo; Alexandre Pulino, Biólogo; ELABORAÇÃO DE RELATÓRIO: Farruck Naveed, Coordenador geral; Cameron White, Coordenadora adjunta; Deborah Dutra, Editoração; Elza Carmo, Editoração; Tadeu Eliziario, Design Gráfico; Massimo Dragan, Design Gráfico.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Identificação inicial dos impactos ambientais causados pelo rompimento da barragem de Fundão, que serviu para orientar ações iniciais relacionadas ao controle e mitigação desses impactos, bem como para subsidiar a definição de levantamentos complementares de informações que são necessárias para a especificação e detalhamento das demais ações de recuperação.

São analisados diversos dados coletados entre 17 de Novembro e 10 de Dezembro de 2015, entre os quais estão dados de turbidez e sólidos suspensos totais. Segundo o relatório, os dados avaliados sugerem que o impacto da pluma na qualidade da água marinha parece se limitar aos locais próximos à foz do Rio Doce e persistiram acima das condições normais durante todo período de coleta.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de turbidez e sólidos suspensos totais.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 23 estações de coleta;
- Duas profundidades de coleta: 20% e 80% da profundidade local;
- Em 5 estações localizadas na porção marinha adjacente à foz a frequência de coleta foi de 2 em 2 horas e para as outras 18 estações restantes, a frequência de coleta foi diária;
- O relatório não apresenta os equipamentos e o material utilizado na coleta dos dados.

Justificativa: Embora tenham sido amostrados dados em 23 estações na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, algumas estações estavam extremamente próximas umas das outras enquanto outras regiões, conhecidas na literatura como locais preferenciais de deposição do sedimento oriundo do Rio Doce (Quaresma et al., 2015¹), não foram incluídas na malha de amostragem.

Em relação à frequência de amostragem, em 5 estações localizadas próximas à foz, os parâmetros foram medidos de duas em duas horas (excluindo-se o período noturno) e em 18 estações, distribuídas entre as regiões próxima e distante da foz, a frequência de medição foi diária. A frequência de amostragem foi considerada excessiva, pois a elevada resolução temporal de amostragem torna a análise extremamente complexa.

¹Quaresma, V. S.; Catabriga, G. M.; Bourguignon, S. N.; Godinho, E.; Bastos, A. C. Modern Sedimentary processes along the Doce River adjacent continental shelf. *Brazilian Journal of Geology*, 2015.

Metodologia da Análise

Descrição resumida: O relatório não descreve os métodos e técnicas empregados nas análises dos dados de turbidez e sólidos suspensos totais, somente os apresenta em gráficos de dispersão.

Justificativa: Não é possível avaliar a metodologia utilizada na análise dos dados apresentados, pois a mesma não é descrita. É importante destacar que o método utilizado no processamento e na análise influencia diretamente os resultados que são apresentados. Por exemplo, o tamanho das partículas e composição (porcentagem de matéria orgânica) terão influência nos processos físicos e químicos que determinam a floculação e a decantação dessas partículas.

Outro ponto importante a se destacar é que o desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Os dados avaliados sugerem que o impacto da pluma na qualidade da água marinha parece se limitar aos locais próximos à foz do Rio Doce. Além disso, não foram observadas diferenças nos parâmetros entre as amostras coletadas na porção superior e na porção inferior da coluna d'água e os níveis persistiram acima das condições normais durante todo período de coleta.

Justificativa: Os resultados são apresentados de forma generalizada em gráficos de dispersão, não sendo possível identificar, tanto no texto quanto nos gráficos, a tendência de comportamento dos parâmetros analisados, para cada estação amostral, durante o período considerado no relatório. A não identificação dos resultados nos gráficos dificulta uma interpretação conclusiva dos mesmos e impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Segundo o relatório, os dados sugerem que o material resultante do rompimento da barragem de Fundão, incluindo as liberações que ainda ocorriam desse local, ainda estariam causando alteração da qualidade da água para parâmetros específicos nos locais de amostragem próximos à foz do Rio Doce, ao passo que para pontos mais distantes essas alterações são menos evidentes, exceto pelo impacto visual da pluma.

Justificativa: O relatório descreve que os níveis de turbidez e sólidos suspensos totais persistiram acima das condições normais durante todo período de coleta, mas não destaca quais foram as mudanças que ocorreram nesses parâmetros após a chegada da pluma na zona costeira. Nos gráficos referentes às estações consideradas no relatório como "próximas à foz", são apresentados valores dos parâmetros para os dias que antecederam a chegada da pluma, mas não é possível identificar a que estações pertencem os dados apresentados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT AMB 077/16. Monitoramento Marinho ADP – Pacote 4. Campanha Entre os dias 24/03/2016 a 11/04/2016.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT AMB 077/16. **TÍTULO:** Monitoramento Marinho ADP – Pacote 4. Campanha Entre os dias 24/03/2016 a 11/04/2016.

Local e data de publicação: Vitória - ES, Abril de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev - Oceanografia e Hidrografia, Empresa do Grupo Econservation - Estudos e Projetos Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos, Oceanógrafo, Msc, Diretor De Operações; Fernando Binda, Oceanógrafo, Gerente De Projetos; Alexandre Braga Coli, Oceanógrafo, Phd Em Engenharia Costeira, Analise Dos Dados E Relatório; Sandra Fachin, Oceanógrafa, Msc Em Geologia Marinha, Analise Dos Dados E Relatório; Thiago Altoé, Oceanógrafo, Coordenador; Sergio G. Martins, Técnico Em Meio Ambiente, Coleta De Dados; Anderson Da Silva, Técnico Em Meio Ambiente, Coleta De Dados; Patrick Oliveira, Diagramação, Editoração E Diagramação.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Análise de dados de Salinidade, Temperatura, Turbidez e Clorofila-a (obtidos por CTD) juntamente com os dados de Correntes, Ondas e Mares. Análise de perfis verticais de dados de turbidez coletados entre os dias 24 de Março e 11 de Abril de 2016. Os dados foram coletados para 3 estações localizadas na região marinha adjacente à foz do Rio Doce. Os dados de turbidez mostraram uma maior turbidez nos pontos mais rasos, principalmente no ponto mais próximo à foz.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Neste relatório são analisados as informações sobre os dados de turbidez coletados ao longo da coluna d' água.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 3 pontos de coleta, sendo P1 próximo à foz do Rio Doce (6,5 m), P2 à sul da foz (28 m) e P3 localizado radialmente à foz em 41 m de profundidade;
- Coleta de perfis verticais de turbidez com a utilização de um CTD da marca *Seabird*, modelo SBE 19, com uma resolução vertical de saída dos parâmetros medidos de 0.1 m;

- O relatório não apresenta a frequência de amostragem dos dados de CTD.

A distribuição espacial de amostragem não foi considerada adequada visto que seria de fundamental importância conhecer a evolução temporal da turbidez na região ao norte da foz do Rio Doce.

Em relação à frequência de amostragem, a mesma não é informada, e portanto, não pode ser avaliada.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Durante o processamento dos perfis de turbidez coletados não foi aplicado nenhum filtro especial a não ser para a simples remoção dos dados espúrios. Também não foi realizado nenhum agrupamento ou alisamento de dados (“janelamento”), corte de profundidades (na superfície ou no fundo) ou interpolação em intervalos constantes de profundidade (“binagem”). Os dados coletados em cada ponto foram analisados a partir da perspectiva temporal, tanto o perfil como um todo, como em camadas (superfície, meio e fundo). Além disso, foi feita uma análise estatística descritiva dos dados de turbidez para cada ponto.

Justificativa: Na análise dos perfis de CTD seria necessário fazer a binagem dos dados. Este procedimento evitaria que dados coletados mais de uma vez na mesma profundidade influenciassem na análise estatística dos dados que é apresentada no relatório. Tal duplicação de dados é observada em alguns perfis e para algumas profundidades. A não uniformidade dos dados analisados gera resultados artificiais e pode resultar em interpretações errôneas durante a análise estatística descritiva, tais como: tendência nos dados.

Resultados

Descrição resumida: As medições efetuadas em P1 possuem valores de turbidez com uma média superior e uma distribuição mais ampla do que em P2 e P3, decorrente da sua proximidade à foz do Rio Doce e menor profundidade (6.5 m). Na estação P1, a moda de turbidez foi de 15 NTU e nas estações P2 e P3 na classe entre 0 e 5 NTU.

Justificativa: A não uniformidade dos dados analisados gera resultados artificiais e pode resultar em interpretações errôneas durante a análise estatística descritiva, ou seja, diminui a confiabilidade dos resultados obtidos nessa análise.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não faz qualquer associação entre os níveis de turbidez observados e o desastre ambiental ocorrido.

Justificativa: O relatório não faz qualquer associação entre os níveis de turbidez observados e o desastre ambiental ocorrido. São somente apresentados os resultados oriundos da análise estatística descritiva, bem como figuras com a evolução temporal dos níveis de turbidez.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT AMB 075/15. Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT AMB 075/15. TÍTULO: Monitoramento Hidrográfico na Plataforma Adjacente à Foz do Rio Doce, nas Proximidades de Regência, ES.

Local e data de publicação: Vitória - ES, Abril de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Ambilev - Oceanografia e Hidrografia, Empresa do Grupo Econservation - Estudos e Projetos Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos, Oceanógrafo, Msc, Diretor De Operações; Fernando Bonisenha, Técnico Em Batimetria, Equipe De Campo; Carlos Augusto França Schettinji, Oceanógrafo, Dr, Analise Dos Dados E Relatório; Rafael Batista, Oceanógrafo, Equipe De Campo; Thiago Altoé, Oceanógrafo, Gerente Do Projeto E Coordenador Do Campo; Denise Galinari, Oceanógrafo, Equipe De Campo; Ricardo Alves, Tecnólogo Em Gestão Portuária, Equipe De Campo; Guido Alves, Diagramação, Editoração E Diagramação.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Análise de dados de Salinidade, Temperatura, concentração de MPS e Clorofila-a juntamente com os dados de Vazão do Rio Doce, Correntes, Velocidade e Direção do Vento, e Nível do Mar.

O escopo desse relatório inclui a análise de perfis verticais de Material Particulado em Suspensão (MPS), os quais foram obtidos a partir dos dados de turbidez coletados entre os dias 22 de Dezembro de 2015 e 2 de Fevereiro de 2016. Os dados foram coletados na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, em 58 estações amostrais ordenadas em três seções orientadas aproximadamente ortogonais à linha de costa.

A análise dos dados de MPS indica que valores de concentração de MPS são muito maiores na camada mais próxima ao fundo e nos pontos próximos da desembocadura.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Aqui serão analisados os dados de MPS.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 58 estações amostrais divididas em 3 transectos de coleta, sendo o primeiro

transversal à foz do Rio Doce (6,5 m), o segundo, ao sul da foz (28 m) e o terceiro ao norte da foz;

- Coleta de dados de turbidez com a utilização de um CTD da marca JFE-Advantech modelo Rinko Profiler, com uma resolução vertical de saída dos parâmetros medidos de 0.1 m.

- Frequência de amostragem dos dados de turbidez: a cada dois dias.

Justificativa: Desde que a malha amostral abrange regiões localizadas ao sul, ao norte e a leste da foz do Rio Doce, incluindo desta forma grande parte da região preferencial de dispersão do sedimento oriundo do Rio Doce, a distribuição amostral foi considerada adequada. Em relação à frequência de amostragem, essa também foi considerada adequada.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O Relatório descreve que a turbidez, medida em FTU (Formazin Turbidity Unity), foi convertida para concentração de material particulado em suspensão (MPS, mg/L) a partir da equação elaborada durante a primeira campanha de monitoramento na região próxima da desembocadura, por $MPS (NTU) = 0,57 + 0,27 NTU (r^2 = 0,99)$.

Justificativa: É importante destacar que visto que no relatório não são apresentados os dados de MPS que deram suporte para a construção da equação utilizada para calcular a concentração de MPS, não é possível a avaliação da metodologia utilizada na análise dos dados de MPS a partir dos dados indiretos de medidas turbidez por sistema óptico. Outro ponto importante a se destacar é que o desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Os dados de MPS foram avaliados com base nos resultados da análise estatística descritiva e no cálculo dos percentis de 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95%. Os dados também foram analisados com base em sua variação espacial em cada transecto. Os resultados encontrados mostraram que para o MPS, as distribuições médias indicaram que as maiores concentrações estão invariavelmente próximas ao fundo, com uma variância extremamente elevada. Os percentis e os valores mínimos, medianos e máximos de MPS são apresentados em uma tabela, sem qualquer discussão no texto.

Justificativa: Visto que no relatório não são apresentados os dados de MPS que deram suporte a construção da equação utilizada para calcular a concentração de MPS, não

é possível a avaliação da metodologia utilizada na análise, integração e apresentação dos dados de MPS.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Não são apresentados os métodos e técnicas utilizados para a integração e apresentação dos dados com objetivo de identificar as principais mudanças no(s) ecossistema(s) avaliadas em decorrência do desastre ambiental ocorrido. São somente apresentados os resultados oriundos da análise estatística descritiva em tabelas, bem como figuras com a evolução temporal dos níveis de MPS.

Justificativa: O relatório não faz qualquer associação entre os níveis de MPS e o desastre ambiental ocorrido.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. São solicitados os dados de turbidez e MPS que deram origem a curva utilizada para calibração do sensor. Ressalta-se que os dados serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: MT-032 159-515-2282 01-B. Atualização da qualidade da água e sedimento na Zona Costeira após o rompimento da Barragem de rejeitos de Fundão.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyenne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: MT-032_159-515-2282_01-B. Atualização da qualidade da água e sedimento na Zona Costeira após o rompimento da Barragem de rejeitos de Fundão.

Local e data de publicação: Belo Horizonte, Maio de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência):

O memorando não apresenta a equipe técnica alocada para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Determinar se as principais alterações nos parâmetros físico-químicos descritas no Plano de Recuperação Ambiental continuaram a ser observadas nos dados coletados até 12 de Abril de 2016.

Em relação aos parâmetros avaliados nesta análise, o memorando apresenta que tanto a turbidez como a concentração de sólidos suspensos totais, próximo à foz do Rio Doce permaneceram elevadas e com maiores valores em comparação às estações amostrais mais distantes. Além disso, o memorando afirma que “parece que os níveis de ambos estão decrescendo ao longo do tempo”.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Neste relatório são analisados dados de turbidez e sólidos suspensos totais.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- No memorando é descrita uma mudança na malha amostral e na profundidade de coleta a partir do dia 27/02/2016. É descrita uma alteração tanto na localização dos pontos amostrais, como na quantidade de pontos que passou de 23 para 28, com pontos dentro da APA Costa das Águas.

- A profundidade de coleta mudou de 2 (20% e 80% da profundidade) para 4 pontos (20% e 80% da profundidade, e à 15 cm da superfície e à 50 cm do fundo).

- Em relação à frequência de amostragem não é descrito se é utilizada a frequência estabelecida no Plano de Recuperação Ambiental: 1 vez ao mês.

- O memorando não apresenta quais equipamentos e técnicas foram utilizadas

durante a coleta.

Justificativa: Apesar da mudança de 23 para 28 estações de amostragem com pontos dentro da APA Costa das Águas e da mudança da profundidade de coleta, não é possível a avaliação da qualidade das amostras, pois os métodos e técnicas de amostragem não são descritos no Memorando. Além disso, desde que também não é informado se a frequência de amostragem estabelecida no Plano de Recuperação Ambiental foi empregada (1 vez ao mês), não se torna possível avaliar se a frequência temporal de amostragem foi adequada. Caso tenha seguido o Plano, a frequência seria adequada.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O memorando não descreve os métodos e técnicas empregados nas análises dos dados de turbidez e sólidos suspensos totais, somente os apresenta em gráficos de dispersão, a partir dos quais não é possível identificar os valores referentes a cada estação amostral.

Justificativa: Não é possível a avaliação da metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez e sólidos suspensos totais, pois a mesma não é descrita. É importante destacar que o método utilizado na análise tem consequências diretas nos resultados que são apresentados, e dessa forma, não foi possível, por exemplo, saber qual o tamanho das partículas que estão sendo analisadas como "sólidos suspensos totais". O desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados dificulta uma interpretação correta dos mesmos e impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados indicaram que para o período analisado (27/02/2016 - 12/04/2016), os níveis de turbidez permaneceram elevados próximo à foz do Rio Doce, enquanto aqueles medidos em pontos de amostragem distantes e na APA foram mais baixos. Além disso, os níveis de turbidez nos pontos de amostragem próximos à foz decresceram ao longo do tempo.

Os níveis de sólidos suspensos totais tenderam a ser baixos quando comparados a períodos prévios, e a concentração de sólidos suspensos totais permaneceu a ser superior nas estações de amostragem próximas à foz quando comparada a das estações mais distantes.

Justificativa: Apesar do memorando descrever o comportamento geral dos níveis de turbidez e sólidos suspensos totais, ele somente os apresenta em gráficos de dispersão, a

partir dos quais não é possível identificar os valores referentes a cada ponto de amostragem. Desta forma, não é possível confirmar o padrão espaço-temporal descrito no texto.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O memorando relata uma redução dos níveis de turbidez e sólidos suspensos totais e relaciona essa redução às atividades de recuperação ambiental adotadas até aquele momento pela SAMARCO, concentradas no controle das fontes de sólidos, às mudanças nos padrões sazonais de precipitação com a transição da estação chuvosa para a estação seca, ou ainda uma combinação de todos estes fatores.

Justificativa: Destaca-se que o memorando não sugere ou afirma que os altos níveis dos parâmetros analisados estão associados à chegada do rejeito à região costeira, somente relaciona a queda nos níveis desses parâmetros às ações adotadas pela SAMARCO e aos padrões sazonais de precipitação.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam uma comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **Relatório: Rt 011-159-515-2282_00-B Rompimento Da Barragem Derejeitos De Fundão: Análise Da Ocorrência De Deposição De Rejeitos Oriundos Da Barragem De Fundão No Ambiente Marinho Adjacente Ao Rio Doce.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT_011-159-515-2282_00-B Rompimento Da Barragem Derejeitos De Fundão: Análise da Ocorrência de Deposição de Rejeitos Oriundos da Barragem de Fundão no Ambiente Marinho Adjacente ao Rio Doce.

Local e data de publicação: Belo Horizonte, Maio de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Luis Melges, Mestre, Oceanógrafo e revisor; Ricardo Lessa, Mestre, Geógrafo, Geoprocessamento; Camila Cotrim, Estagiária, Suporte Técnico.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo:

O relatório apresenta e discute os resultados da investigação da ocorrência de depósitos de rejeitos no fundo marinho da região sob a influência da pluma do Rio Doce. A área de estudo começa no estuário da foz do Rio Doce, se estende para o norte até Barra Nova, para o sul até a APA Costa das Algas, e para leste, em direção ao Oceano Atlântico, até a quebra da plataforma continental ou à distância de 45 km da costa. O escopo do relatório inclui:

- Caracterização visual do tipo predominante de material depositado no fundo marinho sob a influência da foz do Rio Doce;
- Identificação visual de evidências de deposição recente de sedimentos finos de coloração alaranjada similar aos rejeitos oriundos da barragem de Fundão sobre fundos marinhos inconsolidados;
- Identificação visual de evidências de deposição recente de sedimentos finos de coloração alaranjada similar aos rejeitos oriundos da barragem de Fundão sobre bancos de macroalgas e rodólitos localizados dentro e fora dos limites da Área de

Proteção Ambiental (APA) Costa das Algas e do Refúgio da Vida Silvestre (RVS) de Santa Cruz.

Com base em uma coleta de dados, que ocorreu em Março de 2016, os principais resultados apresentados foram:

Em relação à caracterização visual do tipo predominante de material depositado no fundo marinho foram observados sedimentos predominantemente lamosos próximos à foz do Rio Doce, tornando-se gradativamente arenosos em direção a norte, leste (*offshore*) e sul. Rodolitos e algas ocorrem a leste da foz (a partir de 43 m de profundidade) e na APA Costa das Algas, especialmente a partir de 42 m de profundidade, onde se formam bancos de rodolitos.

Em relação à identificação visual de evidências de deposição de rejeitos, essas foram encontradas exclusivamente sobre fundos lamosos, até a profundidade máxima de 34 m. Não foi encontrado nenhum indício visual de deposição de rejeitos nos pontos de vistoria localizados no interior da APA Costa das Algas e da RVS de Santa Cruz. Nos pontos de vistoria dessas unidades de conservação também não foram observados indícios visuais de deposição de rejeitos e/ou impacto agudo sobre os rodolitos e macroalgas que ocorrem no ambiente bentônico.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Neste relatório são analisados dados de sedimento superficial de fundo.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 94 estações de amostragem divididas em 5 transectos transversais a linha de costa e em 3 linhas concêntricas a foz do Rio Doce.
- Único evento de coleta em Março de 2016.
- Coleta de imagens por micro-ROVs (veículos subaquáticos não-tripulados e controlados remotamente).
- Coleta de sedimentos por meio de draga Van Veen.

Justificativa: A metodologia de coleta, imagens do fundo marinho, atende ao escopo do relatório.

A malha espacial de amostragem foi considerada adequada visto que abrange a área de dispersão da pluma do Rio Doce, a qual foi determinada a partir de um levantamento prévio tanto de dados coletados pela empresa elaboradora do relatório, como de estudos realizados anteriormente ao desastre.

A frequência de amostragem foi considerada adequada, já que o período de quatro meses foi considerado tempo suficiente para que o material oriundo do rejeito alcançasse a área de interesse. A coleta ocorreu em Março de 2016.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os dados foram analisados por meio da visualização de imagens e através da caracterização visual do material de fundo coletado. Para a classificação visual do fundo marinho foram levadas em consideração características granulométricas e a presença de algas e rodólitos. Já a presença do material oriundo do rejeito foi determinada mediante análise visual da granulometria e da coloração do material coletado.

Justificativa: Desde que o relatório tem como escopo a descrição de uma análise visual do material coletado e a identificação visual de evidências de deposição recente de sedimentos finos de coloração alaranjada similar aos rejeitos oriundos da barragem de Fundão sobre o fundo marinho da região adjacente à foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas, a metodologia utilizada foi considerada adequada.

Resultados

Descrição resumida: Os dados foram apresentados através de fotos e filmagens.

Em relação à caracterização visual do tipo predominante de material depositado no fundo marinho foram observados sedimentos predominantemente lamosos próximos à foz do Rio Doce, tornando-se gradativamente arenosos em direção a norte, leste (*offshore*) e sul. Rodólitos e algas ocorrem a leste da foz (a partir de 43 m de profundidade) e na APA Costa das Algas, especialmente a partir de 42 m de profundidade, onde se formam bancos de rodólitos.

Em relação à identificação visual de evidências de deposição de rejeitos, essas foram encontradas exclusivamente sobre fundos lamosos, até a profundidade máxima de 34 m. Não foi encontrado nenhum indício visual de deposição de rejeitos nos pontos de vistoria localizados no interior da APA Costa das Algas e da RVS de Santa Cruz. Nos pontos de vistoria dessas unidades de conservação também não foram observados indícios visuais de deposição de rejeitos e/ou impacto agudo sobre os rodólitos e macroalgas que ocorrem no ambiente bentônico.

Justificativa: Desde que a análise visual permitiu que os objetivos estabelecidos no escopo do relatório fossem alcançados, a análise realizada foi considerada adequada. É importante destacar que uma análise quantitativa da granulometria permitiria uma análise mais conclusiva da caracterização do sedimento superficial de fundo mapeado.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório apresenta, através de fotos e filmagens do fundo

marinho, evidências visuais de deposição de rejeitos, exclusivamente sobre fundos lamosos, até a profundidade máxima de 34 m.

Justificativa: Apesar de não destacar as mudanças ocorridas nos ambientes investigados, o relatório apresenta evidências da deposição do rejeito.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não são requisitados os dados brutos desse relatório.

- **RELATÓRIO: RT_ECV 073/16 Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT_ECV 073/16 Levantamentos de Dados de Turbidez, Fitoplâncton e Qualidade de Água entre Abrolhos e Vitória.

Local e data de publicação: Vitória - ES, Abril de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Econservation e Ambilev Oceanografia e Hidrografia Ltda. ME

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos, Oceanógrafo, Msc, Gerente Do Projeto E Revisor Do Relatório; José Marcus De Oliveira Godoy, Químico, Dr., Análises Químicas E Relatório De Oc. Química; Gisele Christina Tôso Kruger, Ciências Ambientais, Msc, Relatório De Oc. Química; José Mauro Sterza, Biólogo, Msc, Processamento E Relatório De Oc. Física; Alexandre Braga Coli, Oceanólogo, Dr., Processamento E Relatório De Oc. Física; Sandra Fachin, Oceanóloga, Msc, Processamento E Relatório De Oc. Física.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório traz os resultados do levantamento da qualidade de água do mar realizado entre a região de Abrolhos (BA) e Vitória (ES), e as possíveis consequências sobre a comunidade fitoplânctônica. Os levantamentos foram realizados entre os dias 19 e 25 de Janeiro de 2016.

A análise dos dados de turbidez mostrou que em todos os transectos efetuados, as medições de turbidez indicaram maiores valores nas águas mais próximas do litoral e que decrescem à medida que se distancia da costa. Os maiores valores foram medidos em Regência, nas águas superficiais próximas à foz do Rio Doce.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de turbidez.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 55 estações de amostragem divididas em 6 transectos transversais à linha de costa

entre o Município da Serra - ES e Nova Viçosa - BA.

- Os dados de turbidez foram coletados nos dias 19, 21, 22, 24 e 25 de Janeiro de 2016, uma única vez em cada estação de amostragem.

- Foi utilizado um CTD da marca JFE-Advantech, modelo Rinko Profiler e a resolução vertical utilizada para a saída dos parâmetros medidos foi de 0.1 m.

Justificativa: Desde que os transectos estão distribuídos uniformemente ao longo da região de interesse e que as estações de amostragem cobrem uma faixa ampla de profundidades, a distribuição amostral foi considerada adequada para o cumprimento do escopo do relatório. Em relação à frequência de amostragem, a mesma também foi considerada adequada.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os perfis verticais de turbidez foram interpolados linearmente ao longo de cada transecto para fornecer uma caracterização da situação da qualidade da água na plataforma continental sudeste do Brasil entre Nova Viçosa (BA) e Manguinhos (ES). Os dados também foram analisados considerando-se as camadas de superfície, meia-coluna de água e fundo de cada perfil. Além disso, foram observados os valores médios, máximos e mínimos de turbidez para cada um dos 6 perfis.

Justificativa: Apesar de não terem sido fornecidos detalhes sobre como foram identificadas as camadas de superfície, meia-coluna de água e fundo de cada perfil, a metodologia utilizada na análise foi considerada adequada para investigar o comportamento da turbidez ao longo de cada transecto.

Resultados

Descrição resumida: São apresentados em tabelas os valores médios, máximos e mínimos de turbidez para cada um dos 6 perfis.

A análise dos dados de turbidez mostrou que em todos os transectos efetuados, as medições de turbidez indicaram maiores valores nas águas mais próximas do litoral e que decrescem à medida que se distancia da costa. Os maiores valores foram medidos em Regência, nas águas superficiais próximas à foz do Rio Doce.

Justificativa: Desde que os resultados apresentados apenas descrevem um comportamento geral dos níveis de turbidez, não sendo apresentada no relatório qualquer ausência ou presença de relação desses com o material oriundo do rejeito da SAMARCO na região marinha a partir da foz do Rio Doce, os resultados apresentados não cumprem os objetivos estabelecidos no escopo do relatório.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não destaca as mudanças ocorridas nos ambientes investigados, apenas apresenta o comportamento geral dos níveis de turbidez ao longo dos transectos.

Justificativa: Não são apresentados os métodos e técnicas utilizados para a integração e apresentação dos dados com objetivo de identificar as principais mudanças no(s) ecossistema(s) avaliadas em decorrência do desastre ambiental ocorrido.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório.

- **RELATÓRIO: RT_017-159-515-2282_01J RELATÓRIO TÉCNICO - Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Julho 2016.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyenne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT_017-159-515-2282_01J Relatório Técnico - Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Julho 2016.

Local e data de publicação: Belo Horizonte, Julho de 2016

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): Kara Warner, Doutora, Especialista ambiental sênior; J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Helvécio Duarte, Engenheiro ambiental; Adrian de Bruyn, Especialista ambiental sênior; Marian Jamieson, Estagiária em Engenharia civil; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gabriela Melo, Especialista em qualidade de água; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Luis Melges, Mestre, Oceanógrafo e revisor; Antônio Freitas, Doutor, Engenheiro químico sênior e revisor.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório apresenta uma atualização e uma descrição das condições da qualidade da água e dos sedimentos na zona costeira e região próxima à foz do rio Doce, incluindo a APA Costa das Algas. O relatório apresenta uma análise dos dados coletados em 29 pontos na zona costeira, entre os dias 17 de Novembro de 2015 e 22 de Junho de 2016.

São descritas as alterações que ocorreram no monitoramento a partir do dia 27/02/2016. Houve alteração tanto na localização dos pontos amostrais, como na quantidade de pontos que passou de 23 para 29, com pontos dentro da APA Costa das Águas. A profundidade de coleta mudou de 2 (20% e 80% da profundidade) para 4 pontos (20% e 80% da profundidade, e à 15 cm da superfície e à 50 cm do fundo). Em relação à frequência de amostragem é descrita também uma alteração da mesma: passou de 2 vezes por dia à amostragem diária. O relatório também apresenta no escopo a análise e a frequência de coleta de novos parâmetros, além de turbidez e sólidos suspensos totais: material particulado em suspensão (MPS), granulometria do

MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial. O sedimento superficial de fundo foi coletado semanalmente.

Níveis de turbidez e sólidos suspensos totais estavam mais elevados nos pontos de amostragem localizados na região próxima à foz comparada aos pontos de amostragem mais distantes à foz e na região da APA. Além disso, as maiores concentrações foram observadas em Novembro e Dezembro de 2015, de forma que os níveis desses parâmetros apresentaram uma redução ao longo do período considerado.

O relatório não apresenta resultados para os parâmetros concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de turbidez e concentração de sólidos suspensos totais.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 29 estações amostrais distribuídas na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, estando 6 estações localizadas na APA Costa das Algas;
- Frequência de amostragem de dados Turbidez, Sólidos suspensos totais e MPS foi diária e de sedimento superficial de fundo foi semanal;
- O documento cita que os dados foram coletados e analisados conforme métodos padrões e também apresenta no anexo exemplos de métodos e técnicas de 2 laboratórios. É importante destacar que os dados foram coletados e analisados por 4 laboratórios, e que somente são apresentados exemplos de métodos e técnicas de 2 laboratórios.

Justificativa: Apesar da distribuição espacial e da frequência temporal de amostragem serem consideradas adequadas, o relatório não descreve a metodologia de coleta utilizada por dois dos quatro laboratórios contratados. A ausência de tais informações dificulta a avaliação dos dados apresentados, bem como sua interpretação. Além disso, o relatório não apresenta a metodologia de coleta dos dados de densidade do sedimento superficial de fundo.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O Relatório não descreve os métodos e técnicas empregados, pelos quatro laboratórios, nas análises dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial de fundo.

Justificativa: Não é possível avaliar a metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial de fundo, pois a mesma não é descrita. É importante destacar que o método utilizado na análise tem consequências diretas nos resultados que são apresentados, e dessa forma, não foi possível, por exemplo, saber qual o tamanho das partículas que estão sendo analisadas como "sólidos suspensos totais". Partículas de diferentes tamanhos serão influenciadas de diferentes formas pelos processos físicos e químicos que ocorrem no meio.

Outro ponto importante a se destacar é que o desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: O relatório somente apresenta resultados para os parâmetros turbidez e sólidos suspensos totais.

Níveis de turbidez e sólidos suspensos totais estavam mais elevados nos pontos de amostragem localizados na região próxima da foz comparada aos pontos de amostragem mais distantes da foz e na região da APA. Além disso, as maiores concentrações foram observadas em Novembro e Dezembro de 2015, de forma que os níveis desses parâmetros apresentaram uma redução ao longo do período considerado.

O documento ressalta "que os dados avaliados incluem resultados gerados por diferentes laboratórios, que em alguns casos utilizaram valores de quantificação diferentes. Os resultados não quantificados foram assumidos como sendo iguais ao limite de quantificação para fins da análise estatística".

Justificativa: Não foram apresentados resultados de todos os parâmetros apresentados no escopo do relatório. Além disso, o próprio documento destaca que a não uniformidade na análise dos dados por parte dos laboratórios contratados influencia e dificulta a interpretação dos resultados apresentados. Tal fato torna os resultados apresentados no relatório não comparáveis a outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Outro ponto importante a se destacar é que durante as análises estatísticas realizadas para determinar a variabilidade espaço temporal dos dados, foi feita a exclusão de valores considerados *outliers*. Esses valores não foram apresentados e podem sim representar as condições reais de turbidez observadas na coluna d'água, uma vez que a situação que se apresentava era totalmente fora do padrão esperado.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório faz conclusões a respeito do impacto do rompimento da barragem sobre os níveis de turbidez e sólidos suspensos totais. Segundo o relatório, com base nos resultados apresentados é evidente que o rompimento da barragem afetou os níveis de turbidez e sólidos suspensos totais na zona costeira. Os valores foram mais elevados no período inicial após a chegada da pluma de rejeitos resultante do rompimento da barragem de Fundão. O relatório sugere que tal fato pode estar associado ao rompimento dessa barragem.

Segundo o relatório, a redução dos níveis de turbidez e sólidos suspensos totais com o tempo pode ser associada à redução da precipitação nas áreas próximas à barragem de Fundão onde há rejeitos sujeitos a erosão, bem como às ações de controle implementadas pela SAMARCO, que incluíram a construção de diques de contenção de sólidos, reconfiguração de cursos d'água e revegetação de planícies de inundação visando o controle de erosão.

Justificativa: Apesar das conclusões apresentadas no relatório sobre o impacto do rompimento da barragem nos parâmetros analisados, é importante destacar que durante as análises estatísticas realizadas para determinar a variabilidade espaço-temporal dos dados analisados, foi realizada a exclusão de valores considerados *outliers* (página 18). Esses valores não foram apresentados e podem sim representar um impacto agudo do desastre sobre os parâmetros analisados, no caso dos *outliers* superiores. Desta forma, para uma análise correta dos resultados, teria sido adequado realizar uma avaliação e discussão sobre as estações, profundidades e períodos em que os *outliers* foram registrados.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT-048_159-515-2282_02-J. RELATÓRIO TÉCNICO: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Nº do Relatório RT-048_159-515-2282_02-J. **TÍTULO:** RELATÓRIO TÉCNICO: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Atualização de Maio/2017.

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Maio de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Helvécio Duarte, Engenheiro ambiental; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gabriela Melo, Especialista em qualidade de água; Luis Melges, Mestre, Oceanógrafo e revisor; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: O relatório apresenta uma atualização e uma descrição das condições da qualidade da água e dos sedimentos na zona costeira e região próxima à foz do rio Doce, incluindo a APA Costa das Algas, com base nos dados coletados entre Dezembro de 2016 e 28 de Fevereiro de 2017.

Assim como no relatório RT_017-159-515-2282_01-J, nesse relatório também são descritas as alterações que ocorreram no monitoramento a partir do dia 27/02/2016. É descrita a alteração tanto na localização dos pontos amostrais, como na quantidade de pontos que passou de 23 para 29, com pontos dentro da APA Costa das Águas. A profundidade de coleta mudou de 2 (20% e 80% da profundidade) para 4 pontos (20% e 80% da profundidade, e à 15 cm da superfície e à 50 cm do fundo). Em relação à frequência de amostragem é descrita também uma alteração da mesma: passou de 2 vezes por dia à amostragem diária. O relatório também apresenta a análise e a frequência de coleta de novos parâmetros: concentração do material particulado em suspensão (MPS), granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial. Os dados de MPS foram coletados diariamente e o sedimento de fundo, semanalmente.

Os parâmetros turbidez e concentração de sólidos suspensos totais apresentaram

evidências de alterações logo após a chegada da pluma de rejeitos e que persistiram ou voltaram a ocorrer entre Fevereiro de 2016 e Fevereiro de 2017. Além disso, para a turbidez foram observados maiores valores nas estações localizadas mais próximas à foz em relação às estações mais distantes e localizadas na APA.

Sobre a granulometria do sedimento superficial de fundo, os resultados mostraram uma grande variabilidade temporal do teor de sedimentos coesivos, e a ausência de tendências lineares de aumento ou diminuição. Além disso, foi feita uma investigação a respeito da relação entre a granulometria e a concentração de metais, que mostrou uma maior tendência de concentração dos metais oriundos do Rio Doce em áreas com alto teor de sedimentos finos.

O relatório não apresenta resultados para os parâmetros concentração do MPS, granulometria do MPS e densidade do sedimento superficial de fundo.

AValiação DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de granulometria do sedimento superficial de fundo, turbidez e concentração de sólidos suspensos totais.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 28 estações de amostragem distribuídas na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, estando 6 estações localizadas na APA Costa das Algas;
- Frequência de amostragem de dados Turbidez, Sólidos Suspensos totais e MPS foi diária e de sedimento superficial de fundo foi semanal;
- O relatório não apresenta os equipamentos e o material utilizado na coleta dos dados.
- O relatório destaca que as coletas de amostras de água e sedimento da zona costeira, bem como as análises laboratoriais, foram realizadas por diferentes laboratórios acreditados ao longo de todo o período de monitoramento, conforme apresentado nos relatórios anteriores. No entanto, a partir do mês de Julho de 2016, a Fundação Renova contratou apenas um laboratório (Merieux) para a realização das coletas e análises de água e sedimento em todos os pontos de amostragem da zona costeira.

Justificativa: Apesar da distribuição espacial e da frequência temporal de amostragem serem consideradas adequadas, o relatório não descreve a metodologia de coleta utilizada pelos laboratórios contratados. A ausência de tais informações dificulta a avaliação dos dados apresentados, bem como sua interpretação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O relatório não descreve os métodos e técnicas empregados, pelos quatro laboratórios, nas análises dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial de fundo.

Justificativa: Não é possível avaliar a metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial de fundo, pois a mesma não é descrita. É importante destacar que o método utilizado na análise tem consequências diretas nos resultados que são apresentados, e dessa forma, não é possível, por exemplo, determinar qual o tamanho das partículas que estão sendo analisadas como "sólidos suspensos totais". Partículas de diferentes tamanhos serão influenciadas de diferentes formas pelos processos físicos e químicos que ocorrem no meio.

Outro ponto importante a se destacar é que o desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: O relatório aponta que tanto a turbidez e como a concentração de sólidos suspensos totais apresentaram evidências de alterações logo após a chegada da pluma de rejeitos e que persistiram ou voltaram a ocorrer entre Fevereiro de 2016 e Fevereiro de 2017. Além disso, para a turbidez foram observados maiores valores nas estações localizadas mais próximas à foz em relação às estações mais distantes e localizadas na APA. Foi encontrada uma diferença significativa quando foram comparadas as estações localizadas dentro do raio de 5 km a partir da foz e as estações com distância maior que 5 km a partir da foz e na APA. O relatório destaca problemas de acurácia nos dados de sólidos suspensos totais coletados entre Novembro de 2015 e Fevereiro de 2016 e, portanto, os resultados encontrados, precisam ser avaliados com cautela. Tais problemas estariam associados a problemas durante a homogeneização das amostras, durante a retirada de alíquotas para preservação e para o procedimento analítico.

Para o período entre Fevereiro de 2016 e Fevereiro de 2017, as concentrações de sólidos suspensos totais reduziram significativamente em relação ao período anterior, cerca de duas ordens de grandezas. Os resultados apresentaram pouca variação, com picos na concentração de curto-prazo nas estações mais próximas à foz do Rio Doce e em decorrência de eventos de chuva na bacia.

São apresentados resultados de variação espacial da granulometria do sedimento superficial de fundo. Foi avaliada também a variação temporal do teor de finos nas estações

de coleta. Os resultados mostraram uma grande variabilidade temporal do teor de sedimentos coesivos, e a ausência de tendências lineares de aumento ou diminuição. Além disso, foi feita uma investigação a respeito da relação entre a granulometria e a concentração de metais, que mostrou uma maior tendência de concentração dos metais oriundos do Rio Doce em áreas com alto teor de sedimentos finos. O documento ressalta "que os dados avaliados incluem resultados gerados por diferentes laboratórios, que em alguns casos utilizaram valores de quantificação diferentes. Os resultados não quantificados foram assumidos como sendo iguais ao limite de quantificação para fins da análise estatística".

Justificativa: Não foram apresentados resultados de todos os parâmetros apresentados no escopo do relatório. Além disso, o próprio documento destaca que a não há uniformidade na análise dos dados por parte dos laboratórios contratados, influenciando e dificultando a interpretação dos resultados apresentados. Tal fato torna os resultados apresentados no relatório não comparáveis a outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório sugere o impacto do rompimento da barragem sobre os níveis de turbidez e sólidos suspensos totais, em virtude do aumento dos níveis desses parâmetros concomitantemente com a chegada da onda de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem. Segundo o relatório, os valores foram mais elevados no período inicial após a chegada da pluma de sedimentos contendo rejeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão e durante o período chuvoso 2015-2016 e o de 2016-2017.

Justificativa: Apesar das conclusões apresentadas no relatório sobre o impacto do rompimento da barragem nos parâmetros analisados, é importante destacar que durante as análises realizadas para determinar a variabilidade espaço-temporal dos dados analisados, o relatório aponta a influência dos limites de quantificação dos métodos utilizados pelos diferentes laboratórios sobre os resultados encontrados. Além disso, o próprio relatório aponta que os altos valores de sólidos suspensos totais encontrados durante o período logo após a chegada da pluma de rejeitos deveriam ser analisados com cautela, pois os mesmos poderiam não refletir a realidade devido a problemas durante o procedimento analítico dos dados. Desta forma, o relatório não permite que o leitor conclua de forma segura que houve impacto nos níveis de sólidos suspensos totais, já que o próprio relatório questiona a credibilidade dos resultados apresentados.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles

sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT-054_159-515-2282_01-B. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas -Relatório de Janeiro/2018**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT-054_159-515-2282_01-B. Título: Qualidade da Água e do Sedimento na Zona Costeira Próxima à Foz do Rio Doce e na APA Costa das Algas - Relatório de Janeiro/2018

Local e data de publicação: Belo Horizonte - MG, Março de 2018

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda

Equipe (nome e nível de experiência): J.P.Bechtold, Mestre, Especialista de qualidade de água sênior; Eduardo Richard, Mestre, Oceanógrafo; Gustavo Estrada, Doutor, Oceanógrafo; Larissa Santarém, Estagiária.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do Escopo: Ele é apresentado como o último relatório de uma série de relatórios mensais que foram elaborados com o objetivo de atender ao item 2 do Auto de Intimação GFI Nº 12371, emitido pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – IEMA, em 29 de Março de 2016. O relatório apresenta uma análise integrada dos dados coletados entre de Novembro de 2015 e 31 de Agosto de 2017.

É descrita a alteração tanto na localização dos pontos amostrais, como na quantidade de pontos que passou de 23 para 28, com pontos dentro da APA Costa das Águas. A profundidade de coleta mudou de 2 (20% e 80% da profundidade) para 4 pontos (20% e 80% da profundidade, e à 15 cm da superfície e à 50 cm do fundo). Em relação à frequência de amostragem, é descrito também uma alteração da mesma: passou de 2 vezes por dia à amostragem diária. O relatório também apresenta a análise, e a frequência de coleta de novos parâmetros: material particulado em suspensão (MPS), granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial. Os dados de MPS foram coletados diariamente e o sedimento de fundo, semanalmente.

Os parâmetros turbidez e concentração de sólidos suspensos totais apresentaram evidências de alterações logo após a chegada da pluma de rejeitos e que persistiram ou voltaram a ocorrer após Outubro de 2016. Além disso, para a turbidez foram

observados maiores valores nas estações localizadas mais próximas à foz, em relação às estações mais distantes e localizadas na APA. Foi encontrado que os níveis de turbidez, principalmente nas estações próximas à foz, respondem a eventos de aumento da vazão na Bacia do rio Doce.

Sobre a granulometria do sedimento superficial de fundo, os resultados mostraram uma grande variabilidade temporal do teor de sedimentos coesivos, e a ausência de tendências lineares de aumento ou diminuição. Além disso, foi feita uma investigação a respeito da relação entre a granulometria e a concentração de metais, que mostrou uma maior tendência de concentração dos metais em áreas com alto teor de sedimentos finos.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de granulometria do sedimento superficial de fundo, turbidez e concentração de sólidos suspensos totais.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- 28 estações de amostragem distribuídas na região marinha adjacente à foz do Rio Doce, estando 6 estações localizadas na APA Costa das Algas;
- Frequência de amostragem de dados Turbidez, Sólidos Suspensos totais e MPS diária, e de sedimento superficial de fundo semanal;
- O relatório não apresenta os equipamentos e o material utilizado na coleta dos dados.
- O relatório destaca que as coletas de amostras de água e sedimento da zona costeira, bem como as análises laboratoriais, foram realizadas por diferentes laboratórios acreditados ao longo de todo o período de monitoramento, conforme apresentado nos relatórios anteriores. No entanto, a partir do mês de Julho de 2016, a Fundação Renova contratou apenas um laboratório (Merieux) para a realização das coletas e análises de água e sedimento em todos os pontos de amostragem da zona costeira.

Justificativa: Apesar de tanto a distribuição espacial e como a frequência temporal de amostragem serem consideradas adequadas, o relatório não descreve a metodologia de coleta utilizada pelos laboratórios contratados. A ausência de tais informações dificulta a avaliação dos dados apresentados, bem como sua interpretação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: O Relatório não descreve os métodos e técnicas empregados, pelos quatro laboratórios, nas análises dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento

superficial de fundo.

Justificativa: Não é possível avaliar a metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez, sólidos suspensos totais, concentração do MPS, granulometria do MPS, e granulometria e densidade do sedimento superficial de fundo, pois a mesma não é descrita. É importante destacar que o método utilizado na análise tem consequências diretas nos resultados que são apresentados, e dessa forma, não é possível, por exemplo, determinar qual o tamanho das partículas que estão sendo analisadas como "sólidos suspensos totais". Partículas de diferentes tamanhos serão influenciadas de diferentes formas pelos processos físicos e químicos que ocorrem no meio.

Outro ponto importante a se destacar é que o desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados impossibilita a comparação dos resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Ambos os resultados, de turbidez e concentração de sólidos suspensos totais, apresentaram evidências de alterações logo após a chegada da pluma de rejeitos e que persistiram ou voltaram a ocorrer após Outubro de 2016. Além disso, para a turbidez foram observados maiores valores nas estações localizadas mais próximas à foz em relação às estações mais distantes e localizadas na APA. Foi encontrado que os níveis de turbidez, principalmente nas estações próximas à foz, respondem a eventos de aumento da vazão na Bacia do rio Doce. O relatório destaca problemas de acurácia nos dados de sólidos suspensos totais coletados entre Novembro de 2015 e Fevereiro de 2016 e, portanto, os resultados encontrados, precisariam ser avaliados com cautela. Para o período entre Fevereiro de 2016 e Agosto de 2017, as concentrações de sólidos suspensos totais reduziram significativamente em relação ao período anterior, cerca de duas ordens de grandezas. Os resultados apresentaram pouca variação, com picos na concentração de curto-prazo nas estações mais próximas a foz do rio e em decorrência a eventos de chuva na bacia.

São apresentados resultados de variação espacial da granulometria do sedimento superficial de fundo. Foi avaliada também a variação temporal do teor de finos nas estações de coleta. Os resultados mostraram uma grande variabilidade temporal do teor de sedimentos coesivos, e a ausência de tendências lineares de aumento ou diminuição. Além disso, foi feita uma investigação a respeito da relação entre a granulometria e a concentração de metais, que mostrou uma maior tendência de concentração dos metais oriundos do Rio Doce em áreas com alto teor de sedimentos finos.

O documento ressalta "que os dados avaliados incluem resultados gerados por

diferentes laboratórios, que em alguns casos utilizaram valores de quantificação diferentes. Os resultados não quantificados foram assumidos como sendo iguais ao limite de quantificação para fins da análise estatística".

Justificativa: Não foram apresentados resultados de todos os parâmetros apresentados no escopo do relatório. Além disso, o próprio documento destaca que não há uniformidade na análise dos dados por parte dos laboratórios contratados, influenciando e dificultando a interpretação dos resultados apresentados. Tal fato torna os resultados apresentados no relatório não comparáveis a outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório sugere o impacto do rompimento da barragem sobre os níveis de turbidez e sólidos suspensos totais, em virtude do aumento dos níveis desses parâmetros concomitantemente com a chegada da onda de rejeitos liberada pelo rompimento da barragem. Segundo o relatório, os valores foram mais elevados no período inicial após a chegada da pluma de sedimentos contendo rejeitos resultantes do rompimento da barragem de Fundão e durante o período chuvoso 2015-2016 e o de 2016-2017.

Justificativa: Apesar das conclusões apresentadas no relatório sobre o impacto do rompimento da barragem nos parâmetros analisados, é importante destacar que durante as análises realizadas para determinar a variabilidade espaço-temporal dos dados analisados, é apontada a influência dos limites de quantificação dos métodos utilizados pelos diferentes laboratórios sobre os resultados encontrados. Além disso, o próprio relatório aponta que os altos valores de sólidos suspensos totais encontrados durante o período logo após a chegada da pluma de rejeitos deveriam ser analisados com cautela, pois os mesmos poderiam não refletir a realidade devido a problemas durante o procedimento analítico dos dados. Desta forma, o relatório não permite a conclusão de forma segura se houve o impacto nos níveis de sólidos suspensos totais, já que o próprio relatório questiona a credibilidade dos resultados apresentados.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT ECV 233/16 - Revisão 01. Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho. Fevereiro de 2017**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório Técnico – RT ECV 233/16 - Revisão 01. Título: Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho. Fevereiro de 2017

Local e data de publicação: Vitória - ES, Fevereiro de 2017.

Órgão/Empresa executor (a): CTA – Serviços em Meio Ambiente LTD Econservation - Estudos e Projetos Ambientais

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos, Oceanógrafo, Msc, Responsável Técnico; Fábio Murilo Wagnitz, Oceanólogo, Representante Do Ibama; Kelly Bonach, Representante Do Icmbio; Vinícius Neto, Geógrafo, Geoprocessamento; Felipe Sueti Magalhães, Oceanógrafo, Técnico – Sobrevoos; Éric Mazzei, Oceanógrafo, Representante Do Iema; Phillip Rios, Técnico – Sobrevoos.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Monitoramento da dispersão da pluma do Rio Doce através de levantamentos aéreos, entre 25/11/2015 a 25/11/2016. Para o entendimento do comportamento da pluma também são analisados no relatório dados meteoclimatológicos, do nível do Rio Doce e de turbidez.

Os resultados mostraram uma variação temporal dos níveis de turbidez na foz do Rio Doce em resposta à variação temporal do nível do rio. Os maiores valores de turbidez foram registrados durante e após eventos de chuva na bacia, enquanto valores intermediários e baixos foram observados durante a maior parte do tempo e associados a períodos de menor nível do rio.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de turbidez.

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os valores de turbidez na foz do Rio Doce foram fornecidos para a Empresa responsável pela elaboração do relatório pela SAMARCO. Segundo o Relatório, a

SAMARCO possuía um ponto de monitoramento na foz do Rio Doce.

Justificativa: Apesar dos níveis de turbidez terem sido medidos em um único ponto e com frequência de amostragem variável (diária a semanal), tanto a distribuição espacial e como a frequência de amostragem foram consideradas adequadas. A partir dos dados obtidos foi possível cumprir o que foi estabelecido no escopo do relatório. Entretanto, a ausência de informação sobre o método de coleta utilizado dificulta a avaliação dos dados apresentados, bem como sua interpretação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez não é apresentada no relatório, os dados somente são apresentados em tabelas.

Justificativa: Desde que a metodologia de análise não é descrita, não é possível fazer uma avaliação da mesma. O desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados torna a interpretação dos resultados não conclusiva por parte do leitor e impossibilita uma comparação desses resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados mostraram uma variação temporal dos níveis de turbidez na foz do Rio Doce em resposta à variação temporal do nível do rio. Os maiores valores de turbidez foram registrados durante e após eventos de chuva na bacia, enquanto valores intermediários e baixos foram observados durante a maior parte do tempo e associados a períodos de menor nível do rio.

Justificativa: O desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados torna a interpretação dos resultados não conclusiva por parte do leitor e impossibilita uma comparação desses resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não relaciona diretamente a variação temporal dos níveis de turbidez na foz do rio com a ocorrência do rompimento da barragem de rejeitos.

Justificativa: O relatório relaciona a variação nos níveis de turbidez com o aumento do nível do rio em decorrência de eventos de chuva na Bacia do Rio Doce.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: RT ECV 138/17. Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho.**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: RT ECV 138/17. Título: Análise Integrada dos Contornos do Deslocamento das Plumas de Turbidez no Meio Marinho.

Local e data de publicação: Vitória - ES, Junho de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): Econservation - Estudos e Projetos Ambientais.

Equipe (nome e nível de experiência): Marcelo Poças Travassos, Oceanógrafo, Msc, Responsável Técnico; Vinícius Neto, Geógrafo, Geoprocessamento; Felipe Sueti Magalhães, Oceanógrafo, Técnico – Sobrevoos; Phillip Rios, Técnico – Sobrevoos; Maurício Camargo, Oceanógrafo, Dr., Estatística E Relatório Técnico; Marta Oliver, Geógrafa, Msc, Geoprocessamento; Lucas Jonis, Oceanógrafo, Equipe De Sobrevoos - Aquisição De Dados.

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório

Resumo do escopo: Monitoramento da dispersão da pluma do Rio Doce através de levantamentos aéreos, entre 25/11/2015 a 27/03/2017. Para o entendimento do comportamento da pluma também são analisados no relatório dados meteoceanográficos, dados do nível do Rio Doce e dados de turbidez.

Os resultados mostraram uma variação temporal dos níveis de turbidez na foz do Rio Doce em resposta à variação temporal do nível do rio. Os maiores valores de turbidez foram registrados durante e após eventos de chuva na bacia, enquanto valores intermediários e baixos foram observados durante a maior parte do tempo e associados a períodos de menor nível do rio.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de turbidez.

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os valores de turbidez na foz do Rio Doce foram fornecidos para a Empresa responsável pela elaboração do relatório pela SAMARCO. Segundo o Relatório, a SAMARCO possuía um ponto de monitoramento na foz do Rio Doce.

Justificativa: Apesar dos níveis de turbidez terem sido medidos em um único ponto e com frequência de amostragem variável (diária a semanal), ambos, a distribuição espacial e a frequência de amostragem foram consideradas adequadas. A partir dos dados obtidos foi possível cumprir o que foi estabelecido no escopo do relatório. Entretanto, a ausência de informação sobre o método de coleta utilizado dificulta a avaliação dos dados apresentados, bem como sua interpretação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: A metodologia utilizada na análise dos dados de turbidez não é apresentada no relatório, os dados somente são apresentados em tabelas.

Justificativa: Desde que a metodologia de análise não é descrita não é possível fazer uma avaliação da mesma. O desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados torna a interpretação dos resultados não conclusiva por parte do leitor e impossibilita uma comparação desses resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados mostraram uma variação temporal dos níveis de turbidez na foz do Rio Doce em resposta à variação temporal do nível do rio. Os maiores valores de turbidez foram registrados durante e após eventos de chuva na bacia, enquanto valores intermediários e baixos foram observados durante a maior parte do tempo e associados a períodos de menor nível do rio.

Justificativa: O desconhecimento dos métodos e técnicas empregados na análise dos dados torna a interpretação dos resultados não conclusiva por parte do leitor e impossibilita uma comparação desses resultados encontrados com outras informações disponíveis na literatura, como os resultados encontrados pela equipe da UFES.

AValiação GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não relaciona diretamente a variação temporal dos níveis de turbidez na foz do rio com a ocorrência do rompimento da barragem de rejeito.

Justificativa: O relatório relaciona a variação nos níveis de turbidez com o aumento do nível do rio em decorrência de eventos de chuva na Bacia do Rio Doce.

REQUISição DE DADOS BRUTOS

São requisitados os dados brutos desse relatório desde que, juntamente com eles sejam disponibilizadas as informações de coleta e análise dos dados. Ressalta-se que os dados brutos serão utilizados desde que os métodos de coleta e análise (procedimentos laboratoriais) tenham sido adequados e permitam a comparação com os dados coletados pela equipe da UFES.

- **RELATÓRIO: C738-DT19. Rompimento Da Barragem De Rejeitos De Fundão: Plano De Recuperação Ambiental. Dezembro De 2017**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Sedimentologia

Equipe avaliadora: Valéria da Silva Quaresma; Kyssyanne Samihra Santos Oliveira; Caroline F. Grilo; Adeildo de Assis Costa Júnior

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: C738-DT19. Título: ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE REJEITOS DE FUNDÃO: Plano de Recuperação Ambiental. Dezembro de 2017

Local e data de publicação: Vitória - ES, Dezembro de 2017.

Órgão/Empresa executor(a): CTA – Serviços em Meio Ambiente LTDA

Equipe (Nome E Nível De Experiência): Alessandro Trazzi, Biólogo, M.Sc. Engenharia Ambiental, Diretor Técnico; Marcos Eugênio Pires De Azevedo Lopes, Eng. Agrônomo, M.Sc E D.Sc. Engenharia Ambiental, Gerente Técnico; Gabriel Dalberto Belotti Junior, Eng. Ambiental, M.Sc Engenharia Ambiental, Gestor De Projeto; Catharine Frigini Cuzzuol, Eng. Ambiental, Analista Ambiental; José Mauro Sterza, Biólogo, Dr. Em Ecologia E Recursos Naturais, Consultor Técnico; Ricardo De Freitas Netto, Biólogo, Dr. Em Ecologia E Recursos Naturais, Consultor Técnico; Felipe Luis Tozetti, Biólogo, Consultor Técnico; Carlos Eduardo Da Silva Alves, Diagramador, Diagramação E Impressão; Marcielle Torezani, Tec. Geomática / Graduanda Eng. Ambiental, Tec. Geomática / Graduanda Eng..

A equipe atende à expertise necessária para a elaboração do relatório.

Resumo do escopo: Monitorar as alterações na estrutura das comunidades biológicas (ictioplâncton, carcinofauna e ictiofauna) na área de influência da foz do Rio Doce, no município de Linhares/ES, em função do rompimento da barragem de Fundão e, assim, fornecer subsídios para avaliar o efeito da tendência de dispersão da pluma de turbidez no Rio Doce. Para tanto, foram analisadas diversas variáveis ambientais, entre elas a granulometria do sedimento superficial de fundo. Os dados foram coletados entre Abril de 2016 e Abril de 2017.

Os resultados mostram um aumento da porcentagem de lama ao longo do período de coleta nos pontos localizados ao norte da foz. Além disso, foi encontrado um predomínio de sedimento lamoso nos pontos a leste e ao sul, situados mais próximos à foz, enquanto um predomínio de sedimentos arenosos foi encontrado nos pontos a leste e ao sul, situados mais distantes da foz.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

A presente análise é feita para os dados de granulometria do sedimento superficial de fundo.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

- Malha amostral com 9 pontos distribuídos ao sul, a leste e ao norte da foz do Rio Doce;
- Frequência de amostragem de sedimento superficial de fundo foi mensal: Abril/2016 a Abril/2017;
- O sedimento superficial de fundo foi coletado com um busca-fundo do tipo *Petersen*.

Justificativa: Foram consideradas adequadas a distribuição espacial, a frequência temporal de amostragem e a metodologia de coleta.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Para a análise granulométrica, as amostras foram processadas via peneiramento a seco e pipetagem.

Justificativa: A metodologia utilizada foi considerada adequada.

Resultados

Descrição resumida: Para a classificação dos sedimentos foram utilizadas medidas de tendência central, como a média, o desvio padrão, a assimetria e a curtose. Os teores das frações granulométricas dos sedimentos e principais medidas de tendência central utilizando-se Φ , para cada campanha e ponto amostral, foram apresentados em forma de tabelas.

Os resultados mostram um aumento da porcentagem de lama ao longo do período de coleta nos pontos localizados ao norte da foz. Além disso, foi encontrado um predomínio de sedimento lamoso nos pontos a leste e ao sul, situados mais próximos à foz, enquanto um predomínio de sedimentos arenosos foi encontrado nos pontos a leste e ao sul, situados mais distantes da foz.

Justificativa: Os métodos utilizados na análise, integração e apresentação dos resultados possibilitaram um entendimento geral do padrão de variabilidade espaço-temporal da granulometria do sedimento superficial de fundo.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: O relatório não faz nenhuma avaliação do impacto causado pelo

rompimento da barragem na área de estudo.

Justificativa: O relatório não destaca mudanças na granulometria do sedimento superficial de fundo associadas ao desastre ambiental ocorrido, nem faz qualquer relação com o aporte do Rio Doce.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não são requisitados os dados brutos desse relatório.

APÊNDICE L - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes às Comunidades Zooplanctônicas Marinhas.

• **RELATÓRIO: Avaliação dos impactos da ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre / Capítulo 5 – Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente - BIODIVERSIDADE**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 3

Projeto/Sub-projeto: Zooplâncton marinho

Equipe avaliadora: Doutor Luís Fernando Loureiro e equipe.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Avaliação dos impactos da ruptura da Barragem de Rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre / Capítulo 5 – Avaliação dos Danos Ambientais Decorrentes do Rompimento das Barragens ao Longo da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Adjacente – BIODIVERSIDADE

Local e data de publicação: Rio de Janeiro – 06 de Janeiro de 2017

Órgão/Empresa executor(a): COPPE/UFRJ

Equipe (nome e nível de experiência): Coordenador Prof. Rogério Valle

Resumo do escopo: Síntese dos conhecimentos acerca dos padrões de biodiversidade após o rompimento da Barragem de Fundão em Mariana, tal como estes padrões se apresentaram no momento da pesquisa realizada, incluindo avaliação preliminar dos possíveis impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem, no município de Mariana-MG, no dia 05 de Novembro de 2015, cujos rejeitos atingiram a foz do Rio Doce e zona costeira adjacente, no dia 22 de Novembro de 2015, 17 dias após o evento.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: A expedição ao Rio Doce e ambiente marinho adjacente ocorreu entre os dias 11 a 19 de Setembro de 2016. A coleta no mar foi realizada em dois pontos (Recife 1; Recife 2) (em áreas com recifes coralíneos recentemente descobertos; Mazzei *et al.*, 2016) nas proximidades da cidade de Barra Nova, na parte Sul do Banco de Abrolhos. A

distância entre os dois pontos é de aproximadamente cinco milhas. Para a amostragem do plâncton foram empregadas redes de plâncton de 125 µm de malha (rede grande, com fluxômetro) com três repetições do esforço amostral e arrasto de 15 minutos em cada local para a quantificação do metazooplâncton. As amostras foram fixadas e mantidas refrigeradas em caixa de isopor com gelo para posterior quantificação no laboratório.

Justificativa: A metodologia de coleta dos organismos planctônicos apresentada no relatório está incompleta. Não é informado o tipo de arrasto (horizontal, oblíquo ou vertical) utilizado durante as coletas, a profundidade e horário em que as amostragens ocorreram, assim como as especificações (modelo) da rede utilizada. Considerando a distribuição espacial, foram analisados somente dois pontos localizados ao norte da foz do Rio Doce, obtendo-se assim apenas dados da região adjacente a foz, sob influência ou não da pluma de rejeitos nesta localidade no momento da coleta. A frequência de amostragem foi considerada insuficiente, pois apenas uma coleta (tréplica e arrasto de 15 minutos) em cada ponto inviabiliza a avaliação preliminar dos possíveis impactos ambientais decorrentes do rompimento da barragem. Quanto ao objetivo do trabalho, apenas a quantificação do zooplâncton total sem a identificação das espécies, suas respectivas abundâncias e distribuição ao longo de toda a área e não apenas em dois pontos amostrados ao norte da foz do rio Doce, não responde as premissas relacionadas ao título do relatório: Avaliação dos dados ambientais decorrentes do rompimento das barragens ao longo da bacia do Rio Doce e Zona Costeira adjacente.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os organismos planctônicos, denominados de metazooplâncton, foram avaliados apenas por sua abundância.

Justificativa: A metodologia e técnica empregada para as análises dos organismos zooplanctônicos foram insuficientes e superficiais, impossibilitando uma maior compreensão dos dados, uma vez que os organismos zooplanctônicos representam uma fração importante na produtividade secundária e manutenção do ecossistema. Uma análise mais minuciosa abrangendo espécies e os diversos grupos taxonômicos presente no plâncton através de identificação, é de extrema importância para compreensão da sua distribuição e do seu dinamismo no ambiente através do entendimento conjunto da sua biologia e ecologia.

Resultados

Descrição resumida: A abundância de metazooplâncton foi reduzida na maioria das localidades.

Justificativa: Os dados não caracterizam os principais táxons dos organismos

zooplancctônicos, apresentando-se de forma generalista (metazooplâncton). A importância da identificação dos principais táxons se faz necessário para a avaliação dos possíveis impactos causados pela lama de rejeito no ambiente, uma vez que a existência ou ausência de espécies chaves podem ser bioindicadoras de ambientes impactados.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os resultados de abundância dos organismos metazooplancctônicos foram apresentados de forma superficial com apenas os valores de indivíduos por metro cúbico em cada local de coleta, não sendo possível a identificação e a avaliação das principais mudanças desse ecossistema em decorrência do desastre ambiental ocorrido.

Justificativa: A metodologia utilizada foi insuficiente, impossibilitando a detecção de resposta da comunidade zooplancctônica às principais mudanças ocorridas ao impacto em questão. Não sendo possível a utilização dos resultados para futuras comparações entre os dados analisados (organismos metazooplancctônicos).

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

É necessária a aquisição dos dados de campo (horário de coleta, especificações da rede de zooplâncton e tipo de arrasto empregado) bem como dos laboratoriais das amostras de zooplâncton (identificação das espécies registradas) coletadas nos dois pontos ao norte da foz do rio Doce durante este monitoramento para futuras comparações em relatórios posteriores. Assim teremos a quantificação específica destes organismos, permitindo uma análise mais aprofundada e uma melhor comparação com os nossos dados. Estes dados são de especial interesse devido ao momento oportuno da coleta, que foi realizada poucos dias após a chegada da lama proveniente do rompimento da barragem de rejeitos.

APÊNDICE M - Relatórios sobre a Avaliação e Consolidação de Dados Pretéritos referentes ao Ecossistema Praial.

• RELATÓRIO: Monitoramento Ambiental Dos Efeitos Da Pluma De Turbidez Sobre O Ecossistema De Praia (Rebio Comboios)

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 4

Projeto/Sub-projeto: Morfodinâmica praial

Equipe avaliadora: Jacqueline Albino; Luiz Henrique Sielski de Oliveira

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Ambiental Dos Efeitos Da Pluma De Turbidez Sobre O Ecossistema De Praia (Rebio Comboios)

Local e data de publicação: Vitória, 2016

Órgão/Empresa executor(a): APLYSIA ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

Equipe (nome e nível de experiência): Tatiana Furley bióloga doutora; Heloisa Giacomini bióloga; Thais Tristão Tovar bióloga mestre; Luís Felipe Niencheski, oceanólogo doutor; Fabrício Saleme de Sá biólogo mestre; Letícia de Moraes bióloga mestre; Letícia de Moraes bióloga mestre, Fernando Aquinoga de Mello ecólogo mestre. A análise de dados físicos da pluma de rejeitos e sedimentológicos foi realizada pela Aplysia assessoria e consultoria LTDA. Elaboração do Relatório de parâmetros físicos e químicos da água e sedimento realizado por Luís Felipe Niencheski, oceanólogo doutor. O profissional apresenta experiência técnica e científica comprovada em currículo. A integração dos dados físicos das análises sedimentológicas e da pluma de rejeitos com dados da comunidade bentônica e análises ecotoxicológicas, bem como a divulgação do relatório ficou a cargo da empresa Aplysia Assessoria e Consultoria LTDA.

Resumo do escopo: O objetivo do relatório analisado foi avaliar se a pluma dos rejeitos da Samarco penetrou nos sedimentos da praia na região da REBIO Comboios e se, conseqüentemente, alterou as características físicas, químicas e biológicas do ecossistema praial. O relatório é guiado por questões cujos os resultados das análises tentam responder. As questões enunciadas no relatório são:

- Qual é o grau de penetração da pluma de turbidez na areia da praia?
- A água e o sedimento coletados na praia apresentam potencial tóxico aos organismos aquáticos?

- Os organismos do ambiente praial estão sendo influenciados pela pluma?
- Como os processos biogeoquímicos (adição/remoção de elementos dissolvidos) observados na coluna d'água influenciam na avaliação da penetração da pluma no sedimento?

Em relação a morfodinâmica e características físicas da praia, apenas dados granulométricos foram apresentados. Outro aspecto físico pertinente à avaliação dos impactos da pluma sobre os aspectos físicos da praia apresentado no relatório é a caracterização do material particulado em suspensão. Portanto, considerando os dados físicos para avaliação do impacto da pluma de rejeitos sobre a praia, o presente relatório está baseado na análise dos dados referentes a granulometria e material particulado em suspensão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Campanhas de coleta: As campanhas foram realizadas em 25 e 26 de Novembro de 2015, 28 de Dezembro de 2015 e, 27 e 28 de Janeiro de 2016. Foram coletadas e analisadas amostras de água superficial, da água intersticial e do sedimento.

Nas três campanhas foram coletadas amostras em quatro estações de coleta estabelecidas nas praias adjacentes à desembocadura do Rio Doce. Na região marinha/estuarina foram amostrados nove pontos ao longo de um gradiente de salinidade oblíquo em relação à costa. O ponto mais interno, de menor salinidade, encontra-se localizado dentro do corpo d'água do Rio Doce e o mais externo, de maior salinidade, em mar aberto na região de influência da Corrente do Brasil.

Água (material particulado em suspensão): Amostras de água foram coletadas para avaliação da pluma de turbidez. Foram considerados aspectos físicos, material particulado em suspensão, aspectos geoquímicos e ecotoxicológicos. A coleta, preservação e análises de água seguiram a padronização do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª e 22ª Edição (APHA, 2005 e 2012). As amostras de água foram coletadas com um balde na superfície e filtradas com filtro de acetato de celulose de 0,45 µm. Não foram coletadas amostras de água no fundo.

Sedimento: Os sedimentos foram coletados com uso de testemunhadores de PVC transparentes, que penetraram até um metro de profundidade. As amostras foram coletadas e transferidas para caixas de aço inox, homogeneizadas e alíquotas foram separadas para análise das variáveis químicas. Após as coletas, as amostras de sedimento foram acondicionadas em recipientes apropriados e mantidas a 4º C.

Justificativa: Os métodos de coleta de água e sedimentos seguem o padrão estabelecido para a maioria dos estudos de caracterização dos aspectos físicos de praias. Apesar de não haver coleta de água ao longo da coluna d'água, apenas em superfície, o método de coleta e armazenamento das amostras se mostram adequados para avaliar a penetração da pluma dos rejeitos no sedimento da praia.

A coleta de sedimentos com testemunhadores de PVC transparente permitiu observar a estratificação dos sedimentos da praia em subsuperfície. Entretanto, a posterior homogeneização dos sedimentos compromete a caracterização dos estratos observados nos testemunhos. Considerando a avaliação morfodinâmica da praia, destaca-se a ausência de dados topográficos de perfis praias e as possíveis alterações morfológicas nos perfis praias, o que permitiria conhecer as respostas morfodinâmicas em função do aporte de material de granulação mais fina no ambiente. Ainda assim, os métodos se mostraram adequados aos objetivos de avaliação da penetração da pluma de rejeito nos sedimentos.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Água (material particulado em suspensão): Análises *in situ* com uso de multisonda em água superficial e intersticial verificaram os seguintes parâmetros: temperatura, salinidade, pH, condutividade, potencial de oxi-redução e turbidez. Esses parâmetros foram determinados utilizando equipamento portátil multiparâmetro da marca HORIBA, modelo U50, previamente calibrado. O material particulado em suspensão foi analisado pelo método proposto por Niencheski *et al.* (2006). Foram utilizados filtros de acetato de celulose com 0,45 µm de poro e 47 mm de diâmetro, previamente pesados em laboratório. Após a filtração, os filtros foram secos em estufa a 45-50°C por 24h. Após esfriarem em dessecador, os filtros foram novamente pesados em laboratório. A quantificação do material particulado foi obtida por:

$$MES = (P2 - P1)/V,$$

onde: MES = material em suspensão; P2 = peso total (filtro + material particulado em suspensão); P1 = peso do filtro e V = volume filtrado.

Sedimento (caracterização sedimentar): Os sedimentos foram secos em estufa a 60°C. Após a secagem completa, o sedimento foi desagregado e posteriormente quarteado até atingir uma alíquota de 50 gramas. A análise granulométrica foi realizada por peneiramento a seco para a fração grossa (maior que 0,63^{A*} mm), utilizando peneiras com

A * No relatório analisado parece haver um erro de digitação, o peneiramento a seco se faz

intervalo de malha de 0,5 phi, abrangendo as frações entre -2,0 a 4,0 phi. Os parâmetros estatísticos das distribuições granulométricas foram obtidos conforme descrito por Folk e Ward (1957). Os valores para o cálculo dos parâmetros granulométricos foram obtidos por percentis a partir da curva granulométrica acumulada traçada em gráfico de probabilidade aritmética. Os diâmetros dos sedimentos são expressos em escala Phi (ϕ) (Krumbein, 1934). O cálculo dos parâmetros estatísticos foi realizado pelo programa Sysgran 3.0 (Camargo, 2006).

Justificativa: Os métodos analíticos são adequados considerando o escopo e os parâmetros avaliados pelo relatório. Uma única ressalva pode ser feita a respeito da ausência do método utilizado para análise granulométrica da fração dos sedimentos menores que 0,063 mm. O relatório menciona que as análises granulométricas foram feitas por peneiramento a seco para as frações de sedimentos mais grossas (maior que 0,063 mm). Porém, nos resultados, a distribuição dos sedimentos compreende também intervalos menores que 0,063 mm, que representam silte e argila.

Resultados

Descrição resumida: O relatório analisado apresenta os resultados dados granulométricos divididos em classes de cascalho, areia, silte e argila. Mais de 90 % dos grãos dos sedimentos se concentraram na classe areia em todas as amostras e em todas as campanhas. Os teores de cascalho apresentaram-se relativamente baixos, sendo que os teores mais elevados atingiram 10 e 20 %. A classe de silte esteve presente em pequenas quantidades, com maiores valores na Estação 3, na Campanha de Janeiro de 2016. O material particulado em suspensão apresentou os valores mais altos na primeira campanha, decaindo nas campanhas subsequentes. Os pontos onde o material particulado apresentou os maiores teores na zona de arrebentação.

Justificativa: Os resultados das análises granulométricas poderão ser usados para futuras comparações. No entanto, não é possível verificar variações internas na classe areia uma vez que o relatório não distingue as unidades intraclasse (areia muito fina, fina, média ou grossa) e nem apresenta dados das curvas granulométricas.

com frações maiores que 0,063 mm, correspondendo às classes com tamanhos de grãos de areias, cascalhos, grânulos etc.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Apesar dos teores reduzidos de sedimentos finos (menores que 0,063 mm), a influência da pluma de rejeitos é reportada no relatório. A turbidez medida na água intersticial mostrou que houve um aporte maior de sedimentos nas primeiras campanhas e que a turbidez reduz conforme aumenta a profundidade de coleta.

Considerando que o objetivo do estudo foi avaliar a penetração da pluma de rejeitos nos sedimentos de praia, todos os métodos e técnicas empregados foram adequados. Entretanto, uma análise da morfodinâmica da praia não é possível ser realizada uma vez que dados essenciais, como dados topográficos não foram adquiridos.

Justificativa: O relatório tenta responder sobre a penetração da pluma de rejeito nos sedimentos da praia e foi feita uma descrição granulométrica que responde a questão. Entretanto, do ponto de vista da morfodinâmica a ausência de dados topográficos não permite uma avaliação mais profunda das alterações nos perfis praias e perfis de equilíbrio das praias estudadas. Algumas questões pontuais metodológicas e de apresentação dos dados comprometem uma avaliação dos dados pretéritos com futuras comparações considerando os dados levantados pelo Anexo 04. Não é possível verificar variações internas na classe areia uma vez que o relatório não distingue as unidades intraclasse e nem apresenta dados das curvas granulométricas. Em relação ao material particulado em suspensão os dados apresentados se restringem a superfície da coluna d'água o que compromete a avaliação sobre ressuspensão de material que pode ter sido decantado ou que tenha sido transportado para a zona de arrebentação por fluxos hiperpicnais.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

O relatório não exhibe dados brutos da distribuição granulométrica. Não é possível distinguir quais as frações de areia são mais abundantes (areia muito fina, fina, média ou grossa) nem mesmo comparar se houve alteração na composição das areias entre as três campanhas de amostragem. É importante que se tenha a distribuição granulométrica em intervalos de 1 ou 0,5 phi para futuras comparações e acompanhamento de variações nos parâmetros granulométricos ao longo do perfil praial. Para avaliar a adequação dos dados aos monitoramentos futuros é necessário ter acesso aos dados produtos da granulometria e do material particulado em suspensão.

- **RELATÓRIO: Monitoramento Ambiental Dos Efeitos Da Pluma De Turbidez Sobre O Ecossistema De Praia (Rebio Comboios)**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: Anexo 4

Projeto/Sub-projeto: Comunidades bentônicas do ecossistema praial

Equipe avaliadora: Karla Gonçalves da Costa, Vanessa Simão, Sabrina Brahim Neves, Gean Zanetti

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Ambiental Dos Efeitos Da Pluma De Turbidez Sobre O Ecossistema De Praia (Rebio Comboios)

Local e data de publicação: Vitória, 2016

Órgão/Empresa executor(a): APLYSIA ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

Equipe (nome e nível de experiência): Tatiana Furley bióloga doutora; Heloisa Giacomini bióloga; Thais Tristão Tovar bióloga mestre; Luís Felipe Niencheski, oceanólogo doutor; Fabrício Saleme de Sá biólogo mestre; Letícia de Moraes bióloga mestre; Letícia de Moraes bióloga mestre, Fernando Aquinoga de Mello ecólogo mestre. As análises laboratoriais e análises de dados estatísticos foram realizados pela empresa Ethica Ambiental Serviços e Consultoria LTDA, sendo a elaboração do Relatório técnico da comunidade Bentônica executada pelo MSc. Fabrício Saleme de Sá (Biólogo - CrBio 24.568/02) e a revisão do Relatório da comunidade bentônica MSc. Letícia de Moraes (Bióloga – CrBio 78058/02). Ambos profissionais possuem experiência técnica e científica comprovada em currículo e registradas no conselho de classe. A integração dos dados da comunidade bentônica com análises sedimentológicas e ecotoxicológicas, bem como a divulgação do relatório ficou a cargo da empresa Aplysia Assessoria e Consultoria LTDA.

Resumo do escopo: O relatório avaliado verificou o efeito da pluma dos rejeitos da Samarco no sedimento da praia na região da REBIO Comboios, e as alterações das características físicas, químicas e biológicas da área, incluindo comunidades bentônicas. Para isso foram amostrados sedimentos em pontos sob diferentes graus de influência da pluma de turbidez, com estações distribuídas desde a foz a alguns quilômetros a sul. Análises laboratoriais de identificação e quantificação de organismos e posterior análises estatísticas descreveram a estrutura da fauna bentônica na região e demonstraram variações temporais e espaciais em resposta às mudanças nas características físicas de cada trecho da praia.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: O relatório apresenta dados de campanhas, do mês de chegada dos resíduos na foz do Rio Doce (Novembro/2015), e os dois meses posteriores (Dezembro e Janeiro/2015) a chegada da pluma na foz do Rio Doce, em quatro estações amostrais localizados nas adjacências da REBIO Comboios. Em cada estação foram coletadas, com amostrador quali-quantitativo específico para macrofauna, amostras de sedimentos em triplicata na face praiial, não indicando em qual zona da praia ocorreu a amostragem.

Justificativa: A metodologia empregada, em relação a equipamentos de amostragem, técnicas empregadas e armazenamento, está de acordo com métodos descritos em literaturas especializadas. Contudo, dos pontos amostrados descritos no relatório, somente um (Regência – Sul#3) corresponde a um dos pontos amostrais proposto no monitoramento RRDM (DOCE SUL 3 REGENCIA).

Não foram consideradas no relatório as zonações da praia, sendo o N amostral ($n = 3$) em cada ponto, considerado insuficiente para a determinação da influência da pluma de sedimento na comunidade bentônica. Não é possível determinar em qual faixa da praia foram tomadas as amostras.

Metodologia Análise

Descrição resumida: As atividades laboratoriais consistiram na aplicação de métodos para identificação e quantificação de organismos da macrofauna bentônica, com a utilização de equipamentos, literatura especializada e equipe qualificada para tal atividade. A partir desses dados, foram aplicados estatística descritiva e índices ecológicos para avaliação espacial e temporal da comunidade bentônica. Análises estatísticas refinadas foram utilizadas para avaliação da distribuição dos organismos na área de estudo, bem como relacionar com os parâmetros físicos e sedimentológicos disponíveis e determinar a influência dessas com a presença da pluma. Faltou informação do local onde o material biológico foi depositado.

Justificativa: A metodologia de análises laboratoriais e análises estatísticas dos dados foram realizadas em concordância com estudos técnicos-científicos de ecologia bentônica e estão de acordo com as propostas no monitoramento de Praia _ RRDM.

Resultados

Descrição resumida: O relatório traz como resultado a descrição da macrofauna bentônica, com a lista dos táxons encontrados e índices ecológicos de cada ponto da malha amostral. As análises estatísticas demonstraram variação espacial da comunidade entre os quatro pontos amostrais em função principalmente de parâmetros ambientais, como salinidade

e granulometria. Houve também variação temporal, com alteração significativa dos índices ecológicos entre as campanhas referidas no relatório. Os autores consideraram as alterações na comunidade como resposta às mudanças nas características do ambiente bem como a interação com a presença da pluma de turbidez oriunda do rompimento da barragem de rejeitos.

Justificativa: A integração dos dados físico-químicos com a fauna não foi satisfatório. Os resultados do processamento das amostras da água superficial e intersticial (exemplo: turbidez, ferro total e ferro dissolvido) não foram considerados na análise de correspondência canônica. Desta forma, os resultados focam apenas nas características físicas do sedimento, excluindo da análise elementos chave para atender ao objetivo.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: A ausência de dados da comunidade bentônica anterior a chegada dos rejeitos na foz do Rio Doce prejudica a identificação das mudanças no ecossistema.

A proposta do ANEXO 04 – BENTOS para o Programa de Biodiversidade Aquática contempla dois componentes da fauna bentônica, macrofauna e meiofauna, que em conjunto proporcionam melhores respostas dos impactos do rejeito de minério no ecossistema. O relatório disponibilizado para validação avalia somente a estrutura da macrofauna bentônica.

A comparação temporal de curto prazo dos descritores da fauna bentônica não determinou a influência direta da pluma sobre no ecossistema.

Justificativa: Uma vez que o estudo tinha por objetivo avaliar a variação temporal e espacial da comunidade e relacionar a distribuição da comunidade com a presença da pluma na área de estudo, consideramos o N amostral insuficiente para caracterização da comunidade bentônica, assim como a não integração dos dados físico-químicos da água superficial e intersticial com a fauna.

O relatório analisado indicou uma variação espacial e temporal na estrutura da comunidade bentônica. Com a malha amostral pequena e curto período do monitoramento não é possível descrever a influência da pluma de sedimento.

Os dados apresentados no relatório não poderão ser utilizados para futuras comparações com os dados gerados pelo monitoramento do ANEXO 4 devido a não concordância dos pontos amostrais e desenho amostral, com ausência de divisão do ponto em

transectos e desconsiderando zonações da praia.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

O relatório não exhibe dados brutos da comunidade bentônica, as tabelas de táxons registrados e índices ecológicos apresentados no corpo do texto são valores médios. É de extrema importância para futuras comparações a posse da planilha geral com os dados, contendo lista de táxons identificados e quantidade de organismos.

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 4

Projeto/Sub-projeto: Geoquímica do ecossistema praial

Equipe avaliadora: Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima, Geisamanda Pedrini Brandão Athayde, Maiara Krause, Jefferson Rodrigues de Souza

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Monitoramento Ambiental Dos Efeitos Da Pluma De Turbidez Sobre O Ecossistema De Praia (Rebio Comboios)

Local e data de publicação: Vitória, 2016

Órgão/Empresa executor(a): APLYSIA ASSESSORIA E CONSULTORIA LTDA.

Equipe (nome e nível de experiência): Tatiana Furley (Doutorado), Heloisa Giacomini (Graduação), Thais Tristão Tovar (Mestrado), (Doutorado), Fabrício Saleme de Sá (Mestrado), Letícia de Moraes (Mestrado), Fernando Aquinoga de Mello (Mestrado) Análises de laboratório foram realizadas pelo Laboratório Eurofins Anatech CRL 0212, subcontratado do Laboratório INNOLAB do Brasil Ltda. Elaboração do Relatório de parâmetros físicos e químicos da água e sedimento realizada por Luís Felipe Niencheski, oceanólogo doutor. O profissional apresenta experiência técnica e científica comprovada em currículo. A integração dos dados químicos com as análises sedimentológicas e da pluma de rejeitos com dados da comunidade bentônica e ecotoxicológicas, bem como a divulgação do relatório ficou a cargo da empresa Aplysia Assessoria e Consultoria LTDA.

Resumo do escopo: O escopo do presente relatório se destina a realização de uma avaliação da contaminação aguda na foz do Rio Doce por ocasião do acidente ambiental da empresa Samarco em Mariana-MG. O presente relatório avalia a influência do rejeito de minério de ferro sobre o sistema praial bem como a toxicidade em organismos modelo.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os autores do relatório técnico utilizaram um testemunhador de PVC transparente para realizar a amostragem de sedimento na praia. As amostras coletadas foram transferidas para caixas de aço inox e homogeneizadas. A seguir, alíquotas das

As amostras de água, por sua vez, foram coletadas na superfície com auxílio de um balde, acondicionadas em frascos devidamente identificados e a seguir foram mantidas refrigeradas em caixa térmica até a chegada ao laboratório. Os autores do relatório técnico utilizaram o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª e 22ª Edição (APHA, 2005 e 2012) como guia para a coleta, preservação e análise das amostras.

Justificativa: Os autores do relatório utilizaram uma caixa de aço inox para realizar a homogeneização das amostras, o que não é recomendado quando se deseja determinar elementos traço. Entretanto, não acreditamos que esse fato tenha exercido um efeito prejudicial na qualidade analítica e nos resultados obtidos uma vez que as caixas de aço inox foram utilizadas por um breve momento para a homogeneização e pelo fato de que as concentrações encontradas para ferro nas amostras de sedimento serem relativamente altas. Os autores mencionam que as amostras, já homogeneizadas, foram acondicionadas em “frascos adequados”, provavelmente frascos de polipropileno ou polietileno, porém essa informação não está descrita. Para coleta das amostras de água os autores utilizaram uma metodologia padronizada e bem abrangente para amostragem, armazenagem e análises de água. Os autores do relatório técnico não apresentam de forma clara quais foram a condição de maré e a região de coleta das amostras de areia ao longo do perfil praiar (Face da praia, berma, etc). Além dessas questões, os autores também não apresentam informações sobre o preparo dos materiais utilizados na coleta, como a descontaminação.

Metodologia Análise

Descrição resumida: Os autores do relatório técnico utilizaram uma empresa subcontratada para a realização das análises químicas. O Laboratório Eurofins Anatech CRL 0212 foi o responsável pelas determinações de ferro nas amostras de água e sedimento utilizando o método USEPA 6010C:2007.

Justificativa: O relatório não apresenta dados suficientes para elaboração de uma análise crítica sobre a metodologia de determinação de ferro total e dissolvido. Entretanto, o laboratório subcontratado é certificado pelo INMETRO para os ensaios realizados. O status da certificação da empresa Eurofins Anatech e se encontra ativo possuindo o código de certificação CRL 0212. Informações sobre o desempenho analítico do método utilizado (exatidão, precisão, etc) não foram fornecidos pelos autores e sem as quais não é possível a realização de uma análise crítica da qualidade analítica dos resultados obtidos. Um aspecto importante em análise de sedimentos é a fração granulométrica uma vez que os elementos tendem a se concentrar em partículas de diferentes tamanhos. Os autores não deixam claro se as amostras de sedimento enviadas para a determinação de ferro passaram por um processo de peneiração e qual seria a granulometria utilizada ou se as amostras foram utilizadas in

Descrição resumida: Os resultados apresentados no relatório técnico mostram como as concentrações de ferro total e dissolvido se comportaram durante as três campanhas. Foi possível observar que na matriz água a concentração de ferro diminuiu da água superficial para a água subterrânea com a profundidade da coleta ao longo das três campanhas o que, segundo os autores, é um indicativo de que o sedimento atuou como um filtro para a penetração da pluma.

A matriz sedimento, por sua vez, apresentou uma acumulação de ferro ao longo das três campanhas (nas diferentes profundidades avaliadas) sendo considerada, segundo os autores, um indicativo de que a pluma do rejeito de minério de ferro penetrou no sedimento.

Justificativa: Apesar da falta de dados suficientes para a realização de uma análise crítica sobre os resultados apresentados no presente relatório técnico, a tendência observada nos dados encontrados é coerente do ponto de vista químico. As concentrações de ferro dissolvido encontrada nas amostras de água subterrânea nas diferentes profundidades estudadas são menores do que as concentrações encontradas nas amostras de água superficial. Esse comportamento se justifica uma vez que o Fe (III) forma um precipitado no pH encontrado na água do mar. O sedimento atua como um filtro retendo esse precipitado justificando os resultados encontrados para ferro dissolvido.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: De forma geral, os autores do relatório técnico concluíram que o Rio Doce é a principal fonte de ferro para o ecossistema marinho da região e que o sistema marinho está respondendo de forma a eliminar o Ferro da coluna d'água para o sedimento. Esse processo de remoção possui relação direta com a força iônica do meio (salinidade) e a "dinâmica" do mar podendo ser um processo de mistura conservativo ou por meio de ressuspensão na zona de arrebenção. Os autores apontam outros fatores que podem estar contribuindo com o comportamento biogeoquímico do ferro na região, entre eles os processos químicos (coagulação), biológicos (fitoplâncton) ou geológicos (adsorção em sedimentos). Embora o relatório não apresente resultados anteriores ao rompimento da barragem de Mariana, o impacto ambiental sobre o sistema praial torna-se evidente a partir dos dados apresentados no relatório técnico uma vez que o teor de ferro total apresenta um aumento significativo ao longo das três campanhas atingindo, inclusive, as amostras de sedimento de maior profundidade.

Justificativa: O relatório busca responder os questionamentos inicialmente levantados sobre os impactos da lama de rejeito de minério de ferro sobre o ecossistema marinho.

Entretanto, os dados obtidos pelos autores do relatório técnico são insuficientes para responder de maneira abrangente o real impacto do acidente de Mariana visto que outros elementos potencialmente presentes no rejeito de minério de ferro não foram contemplados no escopo do relatório além do curto espaço de tempo avaliado.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Para avaliar a utilidade dos dados para futuras comparações é necessário acesso aos dados brutos das análises de ferro particulado e dissolvido bem como os demais parâmetros ambientais como temperatura, salinidade, pH, condutividade, potencial de oxi-redução e turbidez coletados em campo.

• **RELATÓRIO: Definição de Níveis de Referência e avaliação de potenciais impactos sobre os manguezais próximos a foz do Rio Doce**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 5

Projeto/Sub-projeto: Manguezal

Equipe avaliadora: Mônica Maria Pereira Tognella - Coordenadora. Antelmo Ralf Falqueto; Andreia Passos Lima Gontijo; Adriano Fernandes; Ivoney Gontijo; Hélia Del Carmen Espinoza Farias; Marcos Paulo Berribilli; Verônica

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Definição de Níveis de Referência e avaliação de potenciais impactos sobre os manguezais próximos a foz do Rio Doce

Local e data de publicação: Rio de Janeiro, Outubro 2016.

Órgão/Empresa executor(a): Golder Associates

Equipe (nome e nível de experiência): Gustavo Estrada - Coordenador técnico com experiência em ecologia de manguezais; Luís Melges - Revisor Senior com experiência em oceanografia química; Eduardo Richard - Analista de Geoprocessamento com experiência em oceanografia química; Ricardo Lessa - Analista de Geoprocessamento com experiência em modelagem de efluentes; Camila Cotrim - Estagiária, graduanda em oceanografia; Mário Luiz Gomes Soares - Planejamento e coordenação campo com experiência em ecologia de manguezais; Filipe Oliveira Chaves - Apoio campo com experiência em ecologia de manguezais; Marciel R. M. Estevam - Apoio campo com experiência em ecologia de manguezais; Michelle P. Araújo - Apoio campo; Alex Alves - Apoio campo com experiência em ecologia de manguezais.

A equipe é composta em grande parte por profissionais que trabalham em ecologia de manguezais sendo coordenada cientificamente por pessoas com larga experiência na pesquisa deste ecossistema (principalmente dois profissionais listados). Por outro lado, esta equipe é constituída por uma parcela pequena de profissionais com perfil técnico em avaliação de danos ambientais, que inclui neste âmbito o coordenador técnico do relatório, e somente um deles possui mais de 20 anos de experiência tendo atuado tanto na pesquisa quanto em análises técnicas de danos aos manguezais. Análise do perfil se fez em função das descrições profissionais que constam no curriculum Lattes dos integrantes responsáveis pelo relatório. Houve inclusive dificuldade para obtenção dos dados na Plataforma Lattes uma vez que os nomes da equipe não se encontram completos ou estão com abreviações.

Salvo melhor juízo atribuo à equipe um perfil mais científico que técnico no que diz respeito aos profissionais listados com experiência em ecologia de manguezais. Os demais integrantes da equipe possuem uma maior vivência técnica, ainda, que não diretamente aplicada ao ecossistema manguezal.

Resumo do escopo:

O relatório consiste na definição da estrutura das florestas de manguezal nos estuários do Rios Piraquê-Açú, Piraquê-Mirim, Barra do Riacho e na Costa das Algas, todos localizados no Município de Aracruz (ES) e dos Rios Ipiranga (Barra Seca, Linhares - ES) e Maricu (Barra Nova, São Mateus - ES) que se encontram em área de abrangência espacial do Plano de Recuperação Ambiental. Teve como objetivo avaliar os vetores de impactos potenciais sobre estes manguezais e definir níveis de referência para o manguezal como forma de comparação futura com a identificação do impacto que possa ter sido causado ao ecossistema pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Os parâmetros avaliados pela equipe como importantes para a definição de níveis de referência para estudos de impacto no manguezal foram a determinação da estrutura de população e dados de dominância na comunidade vegetal com base na avaliação das plantas em áreas determinadas no âmbito do ecossistema. Outra avaliação realizada foi o mapeamento das áreas de manguezal e sua diferenciação na fisionomia apicum, bem como a obtenção de dados abióticos básicos. Não houve coleta de fauna e nem de macroalgas que poderiam estar associadas ou avaliação das plântulas abaixo do dossel e inferiores a 1,5 m de estatura.

Os resultados apresentados foram o mapeamento dos manguezais e suas respectivas áreas de abrangência no estuário e a estrutura populacional das florestas analisada com base em 65 parcelas, distribuídas de forma aleatória e em diferentes localizações e quantidades nos estuários. Foram coletados dados de salinidade, pH e Eh para subsidiar as informações sobre as parcelas e associá-los à dominância de espécies, a metodologia utilizada para avaliação destes parâmetros são condizentes com as técnicas RAP de análise rápida de ecossistema. Em relação aos pontos amostrais no manguezal não há descrição da metodologia empregada para seleção das parcelas e utilizam a classificação das florestas em franja e transição. Relatam que as parcelas foram distribuídas próximas as fozes e em áreas mais a montante no rio, sem especificar procedimento para escolha.

Realizaram também a visualização de potencial impacto por depósito de rejeitos nos estuários, não descrevem a metodologia empregada para esta avaliação nem como a localização dos pontos de observação ou persistência na observação.

Nas análises dos dados de estrutura há descrição das espécies dominantes nas parcelas avaliadas e, posteriormente, identificação das espécies que predominam nos estuários avaliados sem diagnósticos mais detalhados que não aqueles básicos de avaliação de comunidades. Houve uma correspondência entre os dados de dominância de espécies com os dados abióticos obtidos nas parcelas.

Em relação à discussão dos resultados obtidos no que diz respeito a visualização, identificam depósitos de coloração similar aquela do rejeito da mineração nas áreas de Barra Seca e Barra do Riacho. Não houve maiores detalhamentos de extensão destes depósitos e nem de sua localização e período de observação. Não coletaram o material para análise em laboratório. Por outro lado, na discussão afirmam que não houve impacto agudo nos manguezais em função da deposição de rejeitos observadas em algumas áreas. Tomam como base os dados de acompanhamento da pluma de rejeitos realizado pela Econservation para afirmar que não houve impacto as demais áreas em função do maré vazante.

A equipe conclui que os principais vetores que estariam atuando sobre a flora e fauna seriam: deposição de rejeitos; liberação de metais sobre o ambiente; sólidos em suspensão que pode alterar diversidade de malacofauna; e, redução do sucesso reprodutivo em crustáceos. Não foram amostrados nenhum desses organismos ou táxons.

Avaliando o impacto destes vetores nos manguezais estudados a equipe conclui:

- 1 - Não ser plausível que o vetor de impactos definido como deposição de rejeitos ser considerado válido.
- 2 - Uma vez que a equipe não observou mortalidade de fauna e flora não consideram plausível que tenha havido contaminação por metais provenientes do rejeito.
- 3 - Não consideram plausível também que haja efeitos sub-letais na fauna em função da deposição de rejeitos.
- 4 - Define que a liberação de metais nas concentrações que foram observadas em alguns locais são baixas mas deve-se levar em consideração a análise de risco ecológico e danos a saúde humana.
- 5 - Não há risco de efeitos adversos para os filtradores (moluscos e crustáceos).
- 6 - Afirmam que há riscos sobre a fertilidade dos crustáceos de manguezal, uma vez que sua reprodução é marinha, sendo este o único vetor de impacto considerado como plausível neste relatório.

AValiação DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Mapeamento

Descrição resumida: A equipe realizou tomada de pontos geográficos demarcando rotas de tomada de coordenadas e rumo nos estuários dos Rios Piraquê-Açú e Mirim, Barra do Riacho, Ipiranga (Barra Seca) e Mariricu (Barra Nova) tanto por meio aquático quanto terrestre. Com base nestes levantamentos registrou as coordenadas geográficas das parcelas e de alguns limites do manguezal, tendo com isto realizado o cálculo das áreas. As latitudes e longitudes foram registradas em UTM (Universal Transversa Mercator) Zona 24 e Datum horizontal SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Para cada

estuário foi produzido um mapa com a rota e os pontos e outro com polígonos sobre as áreas de manguezal com determinação da extensão e localização das florestas e das áreas de ocorrência dos apícuns. De acordo com a descrição metodológica eles utilizaram técnica visual para diferenciar as florestas maduras ou desenvolvidas daquelas em desenvolvimento. Foram adquiridas imagens dos satélites: World View 2, QuickBird 2 e Geo-Eye 1, em diferentes bandas, em geral, associadas ao espectro do visível. A área dos manguezais localizados na Apa Costa das Algas e que estiveram sujeitos as ações dos rejeitos foram obtidas nas imagens disponíveis na base online Bing da plataforma ArcGis. As imagens possuem datas de passagem do satélite pela região que vão de Janeiro de 2014 a Novembro de 2015, todas anteriores a chegada dos rejeitos na região costeira.

Justificativa: A metodologia empregada neste item fica difícil de ser avaliada uma vez que não há descrição do tipo de equipamento utilizado para obtenção dos pontos de localização geográfica tornando impossível quantificar o erro potencial de localização oriundo do equipamento, da técnica e da acuidade do operador em campo.

Além disto, não há descrição se o mapeamento foi validado com posterior verdade em campo para aferir a análise visual que foi proposta para classificar as florestas de manguezal e que se pressupõe serviriam para delimitar a distribuição do ecossistema no estuário. Consequentemente, com base na escala dos mapas gerados não há como aferir se os pontos extremos apresentados na determinação das rotas (terrestres e aquáticas) coincidem com o término da distribuição do manguezal no estuário. Não há descrição de metodologia empregada para obtenção dos dados de latitude e longitude das posições geográficas que serviram de informação para delimitação das áreas de apicum e de cobertura vegetal de mangue.

Não há informação do número de satélites disponíveis para a leitura dos dados de latitude/longitude e para a determinação das rotas. Desta forma, obstáculos como dossel compacto e pontos elevados adjacentes podem se caracterizar como distorções no sinal do satélite e comprometem a aquisição acurada dos dados geográficos, estando diretamente relacionada com o tipo de coletor de dados utilizados.

Avaliações sobre a distribuição e área do manguezal com base na coloração em tons de verde da vegetação é pouco usual no sensoriamento remoto, uma vez que a proximidade de pigmentos fotossintetizantes entre as espécies de mangue tornam esta análise bastante comprometida, já que também podem se confundir com vegetação de restinga adjacente. A forma como foi utilizada a análise de apicum e o alcance máximo das bandas nas imagens adquiridas comprometem a informação, as áreas de apicum podem ter colorações distintas daquelas empregadas para o estabelecimento dos limites com a região adjacente. Informações sobre umidade do sedimento para a classificação dos apícuns deve levar em consideração a hora de passagem do satélite e as condições de maré no local.

Não houve definição dos objetivos que se pretendiam alcançar com a delimitação das áreas de manguezal, bem como, com a delimitação de sua área e classificação em florestas e apicum. Também não houve definição da frequência de avaliação dos pontos geográficos para o mapeamento.

Estrutura Vegetal

Descrição resumida: A estrutura da vegetação de mangue foi analisada por método empregado mundialmente para o desenvolvimento de estudos ecológicos em manguezais, tendo sido analisados os parâmetros básicos relacionados a avaliação de populações e comunidades vegetais, como, diâmetro e altura média das parcelas e dominância de espécies por área. Os pesquisadores não tornaram explícita a área amostral de cada parcela analisada, apesar da metodologia possibilitar diferentes extensões amostrais.

A seleção das áreas atendeu a necessidade de avaliações nos pontos onde havia maior possibilidade de exposição ao evento, não deixando de analisar as áreas mais a montante no estuário. Entretanto, não há relatos se houve uma uniformização das posições das parcelas de franja em relação à ocorrência das primeiras árvores e se as florestas classificadas como sendo de transição estavam em contato com os limites de distribuição dos manguezais.

Não reportam se as árvores foram numeradas para posterior identificação uma vez que reforçam que os dados de estrutura podem ser utilizados para análises futuras. A dificuldade já apontada no item anterior com a localização geográfica das parcelas também inviabiliza esta avaliação posterior. Não descrevem como e em que posição da parcela foram obtidas as informações de latitude e longitude.

A equipe não relata a condição de plântulas e propágulos nas parcelas analisadas nem se houve avaliações visuais sobre as estruturas reprodutoras uma vez que o período amostral comportava esta análise.

Justificativa: A metodologia empregada para o levantamento dos dados estruturais é condizente com as técnicas utilizadas para análise dos manguezais. O número de parcelas são adequadas para os estuários dos Rios Piraquê-Açú e Mirim, Mariricu e Barra do Riacho. Parcialmente adequadas no rio Ipiranga e nos manguezais da Apa Costa das Algas, uma vez que a extensão em área dos manguezais contemplaria uma maior análise, principalmente quando o objetivo é avaliar os potenciais vetores de impacto. A distribuição das parcelas é adequada para os Rios Piraquê-Açú e Mirim e Barra do Riacho, parcialmente adequada para os demais estuários uma vez que não se buscou a caracterização estrutural nos limites de distribuição do manguezal e tendo em vista que não havia registros da área de influência dos rejeitos nos estuários costeiros que estiveram sob influência da pluma de rejeitos.

Parâmetros Físico-Químicos

Descrição resumida: Os dados abióticos avaliados foram salinidade, pH e Eh (potencial redox) com 5 réplicas por parcela. Não houve descrição da forma de coleta das réplicas e sua distribuição no interior da parcela.

Foi obtida a salinidade do lençol freático e não houve coleta de salinidade na superfície do sedimento. O pH e Eh foram mensurados na superfície e a 15 cm, não foi relatado se houve calibração do equipamento em campo e após as observações realizadas em cada parcela. Mesma observação é feita para a salinidade.

Ausência de informação de como foram obtidos os dados deste item para os manguezais classificados como Lateríticos. De acordo com as metodologias citadas, ainda que Rodrigues (2013) não seja de fácil acesso não haveria como obter dados de salinidade da forma descrita, pelo menos onde se localizam as árvores do mangue. Isto dificulta a avaliação destes parâmetros para este manguezal.

Justificativa: Estes parâmetros físico-químicos analisados são importantes para os estudos ecológicos em manguezais, entretanto, são variáveis que possuem relação direta com a frequência e tempo de inundação, bem como, temperatura e umidade local. Dada esta variabilidade ambiental, informações pontuais não avaliadas em ciclo de maré ou em longo prazo fornecem somente uma avaliação prévia para alguns tensores. Sua associação com os rejeitos precisaria de outras informações adicionais para que possam ser melhor interpretados. Dados de salinidade superficial contribuiriam mais para avaliar a extensão do dano e probabilidade de ocorrência do que a forma empregada.

A ausência de informações adicionais de coleta das variáveis tornam difíceis as interpretações para os estuários como um todo, uma vez que se pressupõe que as coletas não foram realizadas de forma simultânea em todas as parcelas do estuário e ocorreram em momentos distintos do ciclo de marés.

Metodologia Análise

Mapeamento

Descrição resumida: As informações geradas pelo mapeamento resultaram na área de manguezal para cada região avaliada com diferenciação entre floresta e apicum. Determinou a contribuição de cada estuário para a relação total de manguezal sob avaliação. Foram gerados mapas com as rotas e identificam que houve pontos com maior detalhamento em campo.

Justificativa: Ainda que se tenha avaliado a metodologia empregada para obtenção dos dados, a análise das florestas e sua diferenciação em áreas de cobertura vegetal e apicuns vão contribuir para diagnóstico futuro de impactos, principalmente em relação a fauna. De qualquer forma, a informação produzida será de difícil interpretação uma vez que não há descrição da latitude e longitude das posições geográficas obtidas para determinar a distribuição dos

manguezais (área coberta e apicum). Os mapas produzidos estão poluídos dificultando a avaliação dos limites dos manguezais e as áreas de transição terrestres. Apesar das contribuições úteis para análises posteriores, a forma de coleta prévia da informação requer maior critério para sua utilização futura. Além disto, relataram que haviam pontos com maior detalhamento, mas isto não foi apresentado.

Estrutura Vegetal

Descrição resumida: Os dados foram analisados dentro dos pressupostos básicos para avaliação da estrutura das florestas de mangue e sua diferenciação em bosques maduros, intermediários e em desenvolvimento, ainda que isto não tenha sido descrito nas análises interpretativas da estrutura. Houve identificação do número de indivíduos mortos e vivos, bem como sua distribuição dentro destas classificações reportadas acima.

A descrição das espécies dominantes nas parcelas, bem como a distribuição da área basal por contribuição de troncos vivos e mortos e por intervalos de diâmetros são pertinentes e contribuem para análise comparativas futuras de mudanças provocadas por tensores.

Empregam os dados básicos de estrutura (altura e diâmetro médio) para analisar a correspondência com os dados abióticos (salinidade, pH e Eh).

Justificativa: A ausência dos dados relativos a área de amostragem das parcelas de forma individualizada não permitem validar algumas análises de estrutura, uma vez que o número amostral possa não ter sido adequado para uma avaliação estatística da representatividade da parcela na floresta. Não houve uma avaliação do grau de maturidade das florestas por estuários.

Os dados de diâmetro médio e de altura, bem como a disposição geográfica das parcelas, sugerem que a caracterização de alguns deles como de franja e de transição possa ter sido equivocada, principalmente para Barra Nova.

Parâmetros Físico-Químicos

Descrição resumida: Os dados foram analisados por média diferenciados por tipos de florestas, isto é, franja e transição. A interpretação das classificações podem interferir nestes parâmetros médios e estão refletidas no desvio padrão entre as amostras. Não houve análise envolvendo a distribuição das parcelas de franja ao longo do gradiente de inundação no estuário, assim como, para aquelas parcelas classificadas como de transição.

Justificativa: Ausências de informações por parcelas dificultam inclusive a interpretação da influência da maré sobre as mesmas. A técnica de avaliação da salinidade empregada também torna mais difícil este diagnóstico, uma vez que a salinidade do lençol freático pode aumentar por outras questões que não aquelas relacionadas à frequência de inundação na parcela. Para melhor análise destes resultados faltou informações sobre os seguintes

Resultados

Mapeamento

Descrição resumida: Os responsáveis técnicos pelo mapeamento fizeram classificação generalizada das florestas em dois tipos: maduras e pouco desenvolvidas, com base na textura das imagens de satélite com definições que não são comprovadas com verdade de campo.

A delimitação das áreas de manguezal foi realizada de forma manual e com a robustez de dados coletados em campo e que não são apresentados no relatório de forma que se possa avaliar a extensão dos manguezais e, conseqüentemente, a extensão do estuário em cada bacia hidrográfica. Não houve determinação do erro de cálculo da quantificação das áreas.

Apesar da descrição na metodologia de que os manguezais foram avaliados visualmente por grau de textura das florestas, isto não foi identificado nos mapas.

Justificativa: As análises das imagens de satélite só contribuíram para determinação da área de manguezal por estuário. Ainda assim, áreas contendo manguezal em pequenos rios que desembocam na região protegida pelos limites terrestres da Apa Costa das Algas não foram quantificados. Isto se deve pela acuidade da imagem utilizada para o levantamento das informações dos manguezais no local.

Verificação visual de danos estruturais e de vetores de impacto

Descrição resumida: Os relatórios contêm nos resultados um item que apresenta uma avaliação de investigação visual dos impactos. Relatam que não identificaram vestígios de mortandade massiva de fauna e flora. Esclarecem que a flora apresenta um banco de jovens saudáveis, sem sinais de comprometimento, entretanto não identificam em que estuários e em qual porção do mesmo são observados estes jovens. Não observaram indícios de soterramento de pneumatóforos e de plântulas.

Justificativa: Não há descrição da metodologia empregada para avaliação visual das florestas de manguezal, o que pode ter sido feito por transcrições de observações, por parâmetros previamente estabelecidos de observação ou por comparações em imagens obtidas nos bosques.

Não descrevem como podem avaliar o soterramento de pneumatóforos ou de plântulas. Dependendo da espécie se houve soterramento das plântulas o tempo decorrido não permitiria esta interpretação mesmo que se cavassem o sedimento.

A figura 12 apresentada neste item, permite verificar que alguns rizóforos estão com coloração avermelhada e que demonstra pequenas raízes sendo produzidas. Pelo tamanho e

coloração, salvo melhor juízo, demonstram ser bastante recentes. Poderia ser uma resposta para o entupimento das lenticelas dos rizóforos? Isto seria um diagnóstico que o sedimento presente estaria inviabilizando as trocas gasosas das raízes? Existem estudos na literatura que identificam condições de anoxia com a produção de pneumatóforos em troncos por *Avicennia schaueriana*

Estrutura Vegetal

Descrição resumida: A metodologia empregada para a análise da estrutura das florestas de manguezal no relatório é aquela preconizada na literatura como método de avaliação da fitossociologia do manguezal permitindo a comparação de resultados em diferentes áreas de estudo ou em processos de monitoramento ambiental.

Definiram como áreas de avaliação as florestas de franja e aquelas definidas pelo coordenador como de transição, faltando informações sobre as florestas situadas nas porções mais internas, próximas ao continente.

Alguns dados de estrutura podem não ter a qualidade estatística recomendada para o pressuposto da Análise de Variância.

Justificativa: As bacias de franja são comprovadamente aqueles que estaria sujeitas aos maiores danos provenientes dos processos de contaminação oriundos via marítima como é o caso deste evento nos manguezais em estudo. Por outro lado, tendo em vista que não houve um acompanhamento da entrada da maré nestes estuários fica comprometido a análise de potencial vetores de impacto uma vez que não se contemplou em muitos locais as florestas de bacia, sendo estas áreas de deposição e de sumidouro de nutrientes nos manguezais.

A classificação empregada pelos responsáveis técnicos do relatório para classificação de florestas de transição não está citada nas referências bibliográficas e tal nomenclatura não é usualmente empregada nos estudos ecológicos de manguezal, dificultando a interpretação do sentido dado e dos resultados obtidos.

Nas áreas Barra Seca (Rio Ipiranga), Barra Nova (Mariricu) e em Barra do Riacho, discordamos dos responsáveis técnicos de que pelo aspecto estreito da faixa intertidal não ocorram florestas classificadas como de bacia. A faixa intertidal se caracteriza, independente do local, como sendo a área de influência da elevação da maré e dependendo do tipo, isto é, sizígia ou quadratura (e posição dos astros Lua/Terra/Sol) por variações na amplitude diária das mesmas haverá diferente frequência e tempo de inundação num mesmo local dela.

Parâmetros Físico-Químicos

Descrição resumida: Os resultados foram apresentados como média para os tipos de florestas.

Justificativa: Os parâmetros de pH e EH possuem variação relacionada com os processos de emersão e submersão do substrato do manguezal em relação a maré, servindo como referência de impactos somente quando monitorados ao longo do ciclo de maré e com coletas de água intersticial.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os métodos e técnicas empregadas, salvo melhor juízo, podem determinar mudanças no ecossistema manguezal por sensores antrópicos. As análises realizadas com os resultados obtidos é que não foram encaminhadas para que se pudesse identificar mudanças no ecossistema. Faltou maior integração entre elas, principalmente do uso de tecnologia SIG e do sensoriamento remoto. Neste aspecto o relatório deixou muito a desejar, isto é, como empregar estes dados básicos de diagnóstico ambiental das florestas do manguezal para direcionar as respostas que se fazem necessárias num levantamento de dano ambiental. As avaliações genéricas dos resultados também não contribuíram para isto.

Resumidamente, o que se prospectou são técnicas usuais para estudos em manguezal, entretanto, não houve identificação das principais mudanças que poderão ocorrer no ecossistema em decorrência do desastre ambiental.

Não houve uma referência ou preocupação com avaliações na fauna ou na flora associada ao manguezal. Isto pode ser considerado um ponto falho grave, uma vez que neste ecossistema existem espécies que estão em extinção nas áreas de observação, já estiveram sob outros fatores graves que podem comprometer suas populações, são áreas berçários para muitas outras espécies de interesse comercial e que sustentam várias comunidades tradicionais e, além disso, asseguram a conectividade entre sistemas funcionando como um ambiente de tamponamento para o banco de Abrolhos.

Justificativa: O relatório possui dados básicos importantes, mas que estão parcialmente inviabilizados de análises futuras por problemas metodológicos na parte de SIG. Se estes dados somente não foram apresentados no relatório, isto é passível de ser corrigido e utilizado nas análises de monitoramento futura.

Não houve discussão sobre as espécies mais suscetíveis aos impactos causados pelos vetores de impactos potenciais. Não concordamos com a verificação visual de ocorrência de sedimentos que podem ser caracterizados como provenientes dos rejeitos por duas questões: tempo decorrido da observação e ausência de validação por análise de presença de metais nos sedimentos. Tendo em vista que as vistorias em campo ocorreram em Março e Abril de 2016, isto é, quase 4 meses após o evento, dependendo do local e da sensibilidade da espécie os impactos já poderiam ter se dissipado. A observação visual de sedimento sobre as raízes ou sobre outras estruturas rígidas nas adjacências não garante que os efeitos dos contaminantes

associados aos rejeitos não se encontram nas áreas uma vez que a granulometria dos sedimentos provenientes da dragagem possuem granulometria distinta daqueles depositados na linha de costa ao longo dos últimos 100 anos. O comportamento anômalo observado nos sedimentos do rejeito em linha de costa, os tornam persistentes e passíveis de estarem contaminando as áreas em longo prazo. Desta forma, se houve mortandade massiva das plântulas, como afirmam que não ocorreu, pode ter passado despercebida dado o tempo entre o evento e a avaliação.

O relatório apresenta na sua parte introdutória algumas perguntas que deveriam ser respondidas para se atender os objetivos propostos. No nosso entendimento não foram respondidas, consequentemente, os objetivos propostos não foram atendidos. Não houve sequer alguma referência sobre a fauna, salvo raras ocasiões, que levassem a um diagnóstico mesmo que visual sobre a potencialidade do impacto ou não.

Aferir que poderia ter danos imediatos a estrutura não é condizente ao que se esperava como respostas aos rejeitos tendo em vista a própria distância da área fonte como reportado diversas vezes pelos autores. Não houve comparação com a literatura vigente para identificar potenciais alterações da flora e fauna, ainda que existam poucas obras publicadas sobre as áreas.

Considerando o potencial impacto dos metais provenientes do rejeito não se discutiu como os diferentes tipos podem se comportar no manguezal e como seriam as respostas da vegetação aos mesmos, isto é, interferências por exemplo do alumínio na absorção de nutrientes ou a susceptibilidade das espécies ou das florestas ao impacto.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

As imagens adquiridas.

Dados de descrição dos pontos limítrofes dos manguezais para a definição das áreas de ocorrência do ecossistema.

Pareceres dos especialistas envolvidos no Anexo 5 - Manguezal

Parecer Cartografia

Responsáveis técnicos: Helia Farías Espinoza e Marcos Paulo Berribilli.

Os objetivos do relatório da GOLDER compreenderam principalmente a avaliação dos vetores de impacto potenciais que o rompimento da barragem de Fundão pode ter causado aos

Quanto ao levantamento de pontos e métodos utilizados

Ao longo de todo o trabalho e inclusive nos produtos elaborados e especificamente nos vectores chamados de caminhamento e nas coletas dos pontos de vistoria (Caracterização estrutural) das áreas monitoradas não foi especificado o método utilizado em campo para aquisição das coordenadas (GPS de navegação, GPS celular etc). Com isto avaliamos que existem menos possibilidades de retornar exatamente as áreas demarcadas com os pontos, um GPS em média possui um erro que vai de 5 a 15 metros e os erros de precisão devem ser sinalizados no produto cartográfico. É necessário ressaltar que estes processos técnicos são muitos importantes para um mapeamento de qualidade.

Não foi informado qual a metodologia utilizada para a escolha das áreas para caracterização estrutural ou parcelas, nem qual foi a área amostral de cada ponto. Foram feitas parcelas, como pode ser lido no relatório, mas qual o tamanho das mesmas? O ponto em coordenadas UTM corresponde ao centro da área amostrada e caracterizada estruturalmente?

Também observamos que não foram marcadas as delimitações das áreas, seria muito importante que as áreas estudadas estivessem materializadas com marcos geodésicos ou piquetes com informações precisas de Latitude, Longitude e Altitude referenciados a partir do Sistema Geodésico Brasileiro. A determinação desses valores deve ser realizada em consonância com as técnicas de posicionamento adequando conforme a necessidade da área de estudo.

Quanto à utilização de imagens de satélite

É possível verificar que as mesmas não foram utilizadas para fazer estudos sobre sedimentos, estresse na vegetação ou mudanças na coluna da água (fatores importantes a serem considerados quando do estudo do ecossistema afetado). As imagens foram somente utilizadas como pano de fundo para geo-localizar os vectores de caminhamento e pontos levantados nas áreas. O ideal para este estudo teria sido a utilização de imagens multiespectrais que permitam a elaboração de índices de vegetação que ajudem na escolha de áreas onde seria importante a caracterização estrutural. As imagens foram subutilizadas e só permitem melhorar a visualização das áreas.

Não concordamos com a escala utilizada no MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DOS MANGUEZAIS LATERÍTICOS, não é possível observar esses manguezais devido a escala utilizada e a imagem sem resolução da ferramenta BING/ARCMAP, considerada desatualizada para este

Finalmente, acreditamos existir irregularidades no mapeamento, evidenciando falhas que comprometem a qualidade das informações. É imprescindível para qualquer análise temporal voltar exatamente as áreas para realizar um diagnóstico apropriado. Comparações científicas requerem aquisição de pontos com coordenadas conhecidas e erros controlados, para posterior sobreposição e atualização das áreas.

Parecer Produção Primária

Responsáveis: Antelmo Ralf Falqueto e Andreia Passos Lima Gontijo.

Metodologia Coleta

Descrição resumida:

COLETA DA SALINIDADE NA ÁGUA INTERSTICIAL: “Os métodos para medição da salinidade da água intersticial são descritos em *pellegrini (2000)*. para cada medição, foi realizada uma perfuração no solo, com auxílio de uma cavadeira, até a profundidade do lençol freático.” MÉTODO NÃO ESCLARECEDOR.

PONTOS DE COLETA: Franja e florestas de transição. porém, a ausência de aferição da frequência de maré impediu a avaliação das florestas de transição, restringindo a análise. o relatório abarca dados relativos à franja e não contempla bacia, o que impedirá a comparação com os nossos resultados.

NÚMERO DE INDIVÍDUOS: Observou-se ausência do número de indivíduos por parcela. não está claro este delineamento.

METAIS PESADOS NO SEDIMENTO E PLANTAS: Metais pesados não foram quantificados nos manguezais. Conclusões foram baseadas em quantificações realizadas em áreas adjacentes à foz do rio doce, o que permitiu à equipe extrapolação dos efeitos para o manguezal. Considerando os objetivos do anexo 5 no que se refere ao monitoramento dos níveis de metais, o relatório da Golder é inconclusivo e, portanto, não poderá ser utilizado como material pretérito, salvo melhor juízo. Esta mesma observação vale para as avaliações morfofisiológicas das plantas. Cabe ressaltar que a variação da disponibilidade dos metais no ambiente é possível de ocorrer ao longo do tempo. Não há quantificação de metais nas plantas.

ANÁLISE DE ESTRUTURA: A metodologia seguida para a avaliação da estrutura é condizente com aquela proposta para o anexo 5 – Manguezal e, portanto, plausível de uso para comparações futuras.

PARECER:

Considerando os apontamentos, fica clara a necessidade de complementação das informações contidas no relatório, uma vez que os resultados apresentados são decorrentes de amostragem pontual, sem levar em consideração a dinâmica dos metais no sedimento. Isto é importante para que se tenha maior consistência das consequências do derramamento dos rejeitos sobre a fauna e flora a longo prazo.

Parecer Sedimento e Metais.

Responsável técnico: Ivoney Gontijo.

PARECER:

Não fica claro no Relatório Manguezal a análise detalhada dos metais nos sedimentos oriundos do rompimento da barragem. No relatório é citado teores de Fe e Al, mas os outros metais não estão claros.

O relatório Definição de níveis de referência e avaliação de potenciais impactos sobre os manguezais próximos à foz do Rio Doce leva em consideração a questão da Análise da Estrutura e Distribuição dos Manguezais, e não aborda de maneira satisfatória o teor e distribuição geográfica de metais na região estuarina.

Foi focado neste relatório, principalmente parâmetros como Cor Aparente, Sólidos em Suspensão e Turbidez. Os metais não foram destacados com clareza, e sua relação com aspectos da estrutura do mangue.

Um plano de amostragem de sedimentos na região estuarina, mangue, não demonstrado, portanto não é possível tirar conclusões claras da distribuição de metais nesta região e sua consequente influência na vegetação.

Parecer Nutrição

Responsável técnico: Adriano Alves Fernandes.

Apesar da afirmação no item 5.1 ... “ a possível ocorrência de deposição de rejeitos no manguezal possa ter provocado elevação da concentração de algum metal, em especial Fe e Al, tais metais estão associados a fases minerais insolúveis ou muito pouco solúveis, não apresentando risco de solubilização e disponibilização para a biota.”

É possível que ocorra um acúmulo pela planta e isso só será possível com análise química foliar periódica como foi sugerido no projeto.

NÚMERO DE INDIVÍDUOS: “A área das parcelas variou entre 20 e 780 m², de acordo com a densidade da floresta, de forma a ser amostrado um número representativo de indivíduos (árvores)...”

Quanto seria um número representativo de indivíduos? Não está claro

LIBERAÇÃO DE METAIS SOBRE O AMBIENTE: *Apesar de ser considerado baixo no texto o valor de 1mg/l de ferro, esse valor é alto para uma solução nutritiva e causa danos em hortaliças.*

“Essas alterações se mostraram mais relevantes em áreas próximas à foz do rio doce...” Dados não mostrados

“Em áreas distantes, como, por exemplo, a Apa Costa das Algas, onde se localizam parte dos manguezais estudados, e nas fozes dos rios Mariricu e Urussuquara, as concentrações de Fe e Al total pouco se alteraram (e.g. até 1,0 mg/l para Fe total; abaixo do limite classe 1 para Fe dissolvido) e nenhuma evidência de alteração foi observada para outros metais.”

Acredito que a classe 1 citada no texto faz referência à “águas salinas”, o que não está claro, uma vez que existem outros tipos de água segundo a Resolução Conama 357 ainda de acordo com a mesma resolução, o valor máximo de Fe dissolvido em águas salinas, classe 1 é de 0,3 mg/l, contrariando a informação dada no texto onde diz que a concentração de ferro encontrada (até 1,0 mg/l) ficou abaixo do limite.

- **RELATÓRIO: Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES**

EQUIPE AVALIADORA – RRDM

Anexo: 7

Projeto/Sub-projeto: Ictiofauna Marinha-Estuarina

Equipe avaliadora: Maurício Hostim, Igor Pinheiro, Joelson Musiello Fernandes, Helen Pichler.

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO RELATÓRIO

Título do relatório: Relatório Final do Monitoramento da Ictiofauna na região marinha adjacente à foz do rio Doce, Linhares/ES

Local e data de publicação: Janeiro / 2018

Órgão/Empresa executor(a): CTA – Serviços em Meio Ambiente LTDA

Equipe (nome e nível de experiência): Não consta no arquivo encaminhado

Resumo do escopo: O documento está relacionado à avaliação do impacto na comunidade biológica demersal marinha ocasionada pela pluma de turbidez, decorrente do rompimento da barragem de Fundão e seus efeitos ao chegar na plataforma continental. Foram realizadas treze campanhas de monitoramento, gerando três relatórios trimestrais e um relatório quadrimestral. Os comentários apresentados são voltados a avaliação da Ictiofauna e Carcinofauna no âmbito do relatório em questão.

AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO

Metodologia Coleta

Descrição resumida: Os métodos de coleta estão de acordo com os objetivos do relatório, no entanto o desenho amostral aplicado merece ressalva.

Justificativa: A metodologia é considerada validada uma vez que a área definida para o monitoramento do relatório em questão é a área marinha adjacente a foz do Rio Doce. No entanto a ausência de pontos de amostragem na porção estuarina do Rio Doce merece ser ressaltada. Sabe-se da estreita ligação que diversas espécies de peixes marinhos e crustáceos têm com ambiente estuarino e, somado a isso, a menor dinâmica do estuário em comparação com ambientes de plataforma faz com que este ecossistema sejam mais suscetíveis a alterações associadas aos rejeitos oriundos do rompimento da barragem.

Descrição resumida: Amostragem padronizada em com lapso temporal considerável, porém as análises aplicadas avaliam superficialmente as relações entre os dados bióticos e abióticos.

Justificativa: São duas as principais ressalvas com relação a metodologia de análise que tinha por objetivo avaliar o impacto na comunidade biológica demersal marinha ocasionada pela pluma de turbidez, decorrente do rompimento da barragem de Fundão. A primeira, diz respeito a forma como são analisados e apresentados os dados, em termos bióticos e abióticos. A ausência de aprofundamento nas análises torna discussão dos resultados superficial. Além disso, poucas são as associações entre as variações biológicas e os dados ambientais, interpretações de grande relevância para avaliação de impactos ambientais. Em alguns pontos a forma como os dados são apresentados e discutidos há uma aparente atenuação dos reais efeitos do rompimento, principalmente no que tange a ictiofauna e carcinofauna. A segunda ressalva em termos de análise diz respeito a completa falta de conectividade entre os dados de ictioplâncton, carcinofauna e ictiofauna.

Outros pontos que merecem atenção:

- Não está descrito a literatura especializada para identificação da carcinofauna.
- Está descrito que um exemplar de cada espécie foi depositado na coleção do Museu de Biologia Mello Leitão, fazendo menção ao ANEXO II. No entanto a informação é equivocada, pois o anexo II é referente à entrega do material de Ictioplâncton estuarino-marinho na coleção Ictiologica da UFES.
- Os demais grupos como ictiofauna e carcinofauna, não há registro de depósito.

Resultados

Descrição resumida: Os resultados são estritamente descritivo e com comparações diretas. Poucas relações são feitas entre dados bióticos e abióticos.

Justificativa: São descritas abaixo pontos que merecem destaque quanto a análise e apresentação dos resultados.

Ictiofauna:

A análise de similaridade de Bray-Curtis foi aplicada para avaliação da similaridade entre campanhas e diferenças significativas foram observadas. Análise de ANOSIM, da forma como foi delineada se torna tendenciosa, inclusive na descrição dos resultados é comentado: “o fator de influência nessa distinção foi a variação da abundância

entre os meses.” Por exemplo, há diversas amostragens que são outliers (e.g. Janeiro de 2017 – Gráfico 6-14) o que pode gerar valores significativos, mas que nada somam na interpretação dos dados. Outro ponto que merece atenção é análise de SIMPER, que tem como padrão a apresentação da porcentagem de contribuição de cada espécie na formação dos grupos em análises de agrupamento. Nos resultados do documento avaliado as espécies são apenas citadas e não são apresentados os valores de porcentagem de contribuição das espécies.

Nesse ponto surge uma outra questão, porque estes dados não foram comparados através da PERMANOVA que inclusive esta citada no item Materiais e Métodos, mas não há resultados gerados a partir desta análise.

O uso do ANOSIM para análise com cunho espacial (Gráfico 6-14 B), mostra os mesmos dados da figura anterior (Gráfico 6-14 A) porém com outra forma de agrupamento. Para esta análise médias de cada campanha por zonas de amostragem poderiam ter sido utilizadas. Outra questão neste ponto é, novamente, porque não foi utilizada a PERMANOVA para comparação.

O penúltimo parágrafo do item resultado também merece atenção. O parágrafo diz “A correlação entre a comunidade de peixes e a composição granulométrica na área de estudo confirmou a análise de distribuição espacial realizada pelo ANOSIM e SIMPER, sem resposta a um gradiente granulométrico, sendo os resultados do teste de Monte Carlo significativos.” A maioria das análise de variância considerando CPUE e CPUA apresentaram algum padrão associado a granulometria, inclusive com diferenças significativas. Uma afirmação como a descrita necessita de embasamento e não pode ser fundamentada a partir dos resultados apresentados. Além disso, comenta-se muito sobre as espécies mais abundantes e seria de grande relevância considerar também espécies vulneráveis.

A forma de apresentação das espécies na CCA dificulta a interpretação. No entanto mesmo sem a identificação das siglas de abreviação é possível observar que há espécies que tem preferencia por ambientes com menos lama e estão associadas a características como: areia fina, média e grossa. Parte considerável das espécies apresenta relação negativa com a variável LAMA e nada é comentado com relação a esta questão. A análise de correspondência canônica, que tinha por objetivo testar a hipótese da relação entre a distribuição dos organismos e fatores ambientais foi pouco explorada. Os pontos que são discutidos aparentam responder a critérios diferentes daqueles associados a avaliação do impacto ambiental em questão.

Carcinofauna

Não foi realizada nenhuma relação entre as espécies capturadas com seu nome vulgar (popular), seu estado de conservação, a ocorrência de espécies de importância comercial, o registro de espécies endêmicas e exóticas e se a distribuição geográfica de algum táxon foi expandido.

Há erros na denominação das espécies. Por exemplo, as espécies descritas no presente relatório como *Penaeus brasiliensis* e *Penaeus paulensis*, foram alterada por Pérez-Farante & Kensley em 1997, e classificação correta é *Farfantepenaeus brasiliensis* e *Farfantepenaeus paulensis*. Na figura 6-3, a espécie *Xiphopenaeus kroyeri* está escrito errado.

De uma maneira geral, os resultados são superficiais e pouco explicativos. Como por exemplo, em todas as análises (e.g. nas análises temporais tanto do número de indivíduos por área e abundância relativa em biomassa), não é possível observar quais espécie ou grupos são responsáveis pelas flutuações desses valores no ano do monitoramento. Da forma que esta descrita não é possível tecer comparações com os próximos anos, visto que o um dos objetivos (específicos) é identificar os parâmetros estruturadores que determinam os padrões de distribuição das comunidades biológicas frente à diluição da pluma de turbidez.

Parâmetros ambientais monitorados

Ao final de cada arrasto nas estações da área costeira, foram coletadas amostras de sedimento. Foram realizadas as análises granulométricas e de metais (ferro, manganês e alumínio). Além disso foram amostrados diversos parâmetros de qualidade de água (temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido), na parcela da coluna d'água a um metro do fundo.

Este grande montante dados ambientais tem grande potencial para auxiliar na identificação dos padrões de distribuição das espécies, no entanto estes são apresentados apenas de maneira descritiva e superficial. Não são apresentados gráficos e análises para melhor compreensão dos resultados. Além disso, poucas são as associações feitas com relação a variabilidade dos dados biológicos em relação aos dados abióticos.

AVALIAÇÃO GERAL SOBRE AS RESPOSTAS AO IMPACTO

Descrição resumida: Os comentários a respeito do item “CONSIDERAÇÕES FINAIS” possibilitam uma visão geral dos métodos, técnicas, integração e apresentação dos dados.

O item considerações finais sobre a ictiofauna afirma que “foi possível identificar 120 espécies de peixes apenas nas imediações da foz do rio Doce, indicando que a área se encontra com riqueza elevada, mesmo depois da chegada do rejeito de mineração na foz do rio Doce”. A afirmativa é baseada em comparações que são feitas com outros estudos já realizados (Pinheiro e Joyeux 2007, CEPEMAR (2009). No entanto, maior cautela deve ser adotada nesta afirmação uma vez que não é tratado e nem comparado o grau de seletividade dos petrechos utilizados nos diferentes trabalhos e também não é confrontado o esforço amostral. Neste sentido, é perceptível certa parcialidade na interpretação dos resultados e pouca ênfase na avaliação do impacto.

Há também afirmação sem embasamento: “Essa média é superior ao estudo da ECONSERVATION (2014), indicando que a região recuperou seu índice de abundância relativa (CPUE g/h) após o incidente.” Novamente estão sendo comparados valores que não estão padronizados quanto ao grau de seletividade do petrecho e esforço amostral. Esta afirmação deve ser feita com maior cautela.

Para carcinofauna, cerca de 90% das considerações são feitas sobre a espécie *Xiphopenaeus kroyeri*, e mesmo assim não contempla as respostas das questões 2 e 3 dos objetivos específicos destaca-se que em nenhum momento foi discutido sobre as demais espécies que compõe a comunidade.

Justificativa: A carência de aprofundamento nas análise e discussão dos dados torna superficial a avaliação das principais mudanças ambientais ocorridas após o impacto.

A coleta biológica e de variáveis ambientais aporta grande quantidade de dados que propiciam contemplar o objetivo principal de monitorar as alterações na estrutura das comunidades biológicas na área de influência da foz do rio Doce, em função do rompimento da barragem de Fundão. No entanto, devido forma como as análise são conduzidas e discutidas não é possível contemplar o segundo ponto do objetivo principal, que visava fornecer subsídios para avaliar o efeito da tendência de dispersão da pluma de turbidez no rio Doce.

Dos três objetivos específicos propostos apenas o primeiro (i.e. “Caracterizar e descrever as alterações espaço-temporais das comunidades biológicas (ictioplâncton, carcinofauna e ictiofauna presentes na área de influência da foz do rio Doce”) traz aporte para avaliação dos impactos. Tanto para ictiofauna como carcinofauna a discussão a respeito dos parâmetros estruturadores que determinam os padrões de distribuição das comunidades biológicas (i.e. Objetivo 2) é inexistentes. Poucas são as associações feitas entre a variabilidade das comunidades biológicas e os principais parâmetros ambientais. Dessa forma, o relatório não aponta as principais mudanças ocasionadas pelo impacto do desastre ambiental.

O relatório almejava propor ações de mitigação de impactos e/ou melhoria de processos, no caso de alterações significativas e contínuas nos padrões naturais da estrutura das comunidades biológicas, provenientes da ação da pluma de turbidez, no entanto nada é comentado a respeito.

REQUISIÇÃO DE DADOS BRUTOS

Não requisitados.