



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio
DIRETORIA DE PESQUISA, AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS E
BIODIVERSIDADE MARINHA DO LESTE

NOTA TÉCNICA nº 012/2016 CENTRO TAMAR/DIBIO/ICMBio

Vitória, ES, 17 de Maio de 2016.

ASSUNTO: Consolidação das informações apresentadas pelos pesquisadores da UFES e FURG a partir das campanhas amostrais realizadas na região marinha da foz do rio Doce.

1. DESTINATÁRIO

Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade/DIBIO/ICMBio.

2. INTERESSADOS

Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade/DIBIO/ICMBio.

IBAMA.

3. REFERÊNCIAS

3.1. Seminário de avaliação do impacto da pluma de rejeitos da Samarco nos ambientes costeiros e marinho (Espírito Santo e sul da Bahia), realizada em Vitória/ES nos dias 15 e 16/03/2016.

3.2. Nota Técnica nº 001/2016 Centro TAMAR/DIBIO/ICMBio (CDoc 20160011577), de 15/01/2016.

3.3. Nota Técnica Conjunta nº 006/2016 CENTRO TAMAR/APA Costa das Algas/REBIO de Comboios/RVS de Santa Cruz (CDoc 20160011641), de 18/03/2016.

3.4. Informação Técnica Nº 03/2016 Centro TAMAR/DIBIO/ICMBio (CDoc 20160011647), de 21/03/2016.

3.5. Relatório Técnico Parcial da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES: Resultados Parciais das Análises Realizadas em Amostras Coletadas na Plataforma Adjacente a Foz do Rio Doce, APA Costa das Algas e Plataforma de Abrolhos: Embarque Soloncy Moura. Abril de 2016.

3.6. Relatório da Universidade Federal do Rio Grande – FURG: 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. 21 de Abril de 2016.

3.7. Relatório da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ: Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA, para o evento de 5-6 de Janeiro 2016.

4. FUNDAMENTAÇÃO E ANÁLISE TÉCNICA

4.1. Esta Nota Técnica apresenta uma análise consolidada dos resultados dos monitoramentos efetuados pelas expedições e demais monitoramentos realizados por grupos de pesquisa da UFES, FURG/Coral Vivo e UERJ na região marinha da foz do rio Doce, em decorrência da chegada da lama de rejeitos da barragem de Fundão, Mariana/MG, da SAMARCO.

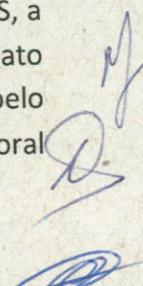
4.2. Para balizamento das informações preliminares foi realizado um Seminário entre os dias 15 e 16 de março organizado pelo ICMBio, com o apoio do IBAMA/ES, e equipe técnica envolvida com o monitoramento da pluma de rejeitos, contando com a participação de técnicos do Instituto Estadual do Meio Ambiente – IEMA/ES, também envolvidos neste monitoramento, pesquisadores convidados das universidades UFES, UERJ e FURG e Coral Vivo, Secretário de Meio Ambiente da Prefeitura de Caravelas/BA e analistas ambientais do Centro TAMAR, APA Costa das Algas, RVS de Santa Cruz, PARNAM Abrolhos, CEPENE, CEPSUL, além de representantes da DIBIO.

4.3. O objetivo do Seminário foi a apresentação e discussão dos primeiros resultados dos monitoramentos efetuados conjuntamente pelo ICMBio e pesquisadores das citadas universidades e instituições.

4.4. Esta Nota Técnica tem por objetivo analisar e consolidar as informações dos relatórios apresentados pela UFES, FURG e UERJ em abril de 2016, descritos no item 3.5 e 3.6 deste documento.

4.5. Amostras de água, sedimento e organismos foram coletadas em campanhas oceanográficas realizadas em dois períodos distintos, a saber: (i) primeira campanha, a bordo do Navio Vital de Oliveira com malha amostral apresentada na Figura 1, realizada entre 25/11 e 04/12 de 2015 – no período agudo após a chegada da pluma de sedimentos na foz do Rio Doce; (ii) segunda campanha, a bordo do Navio Soloncy Moura com malha amostral apresentada na Figura 2, realizada entre 27/01 a 03/02; e (iii) outras campanhas realizadas independentemente pela UFES.

4.6. As análises realizadas nas referidas campanhas foram coordenadas pelos pesquisadores do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Espírito Santo – DOC/UFES, a saber: Dr. Alex Cardoso Bastos; Dr. Camilo Dias Jr.; Dr. Luiz Fernando F. Loureiro; Dr. Renato David Ghisolfi; Dr. Renato Rodrigues Neto; e Dra. Valéria Da Silva Quaresma; bem como pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande – ICB/FURG – Coral Vivo, representado pelo Dr. Adalto Bianchini.



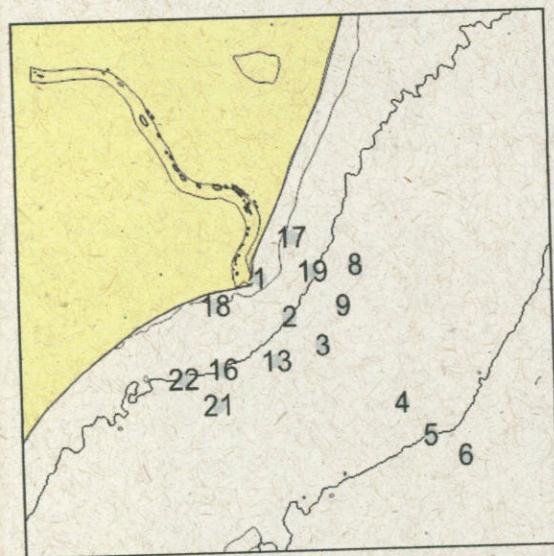


Figura 1: Malha amostral da campanha oceanográfica realizada a bordo do Navio Vital de Oliveira entre 25/11 e 04/12 de 2015.

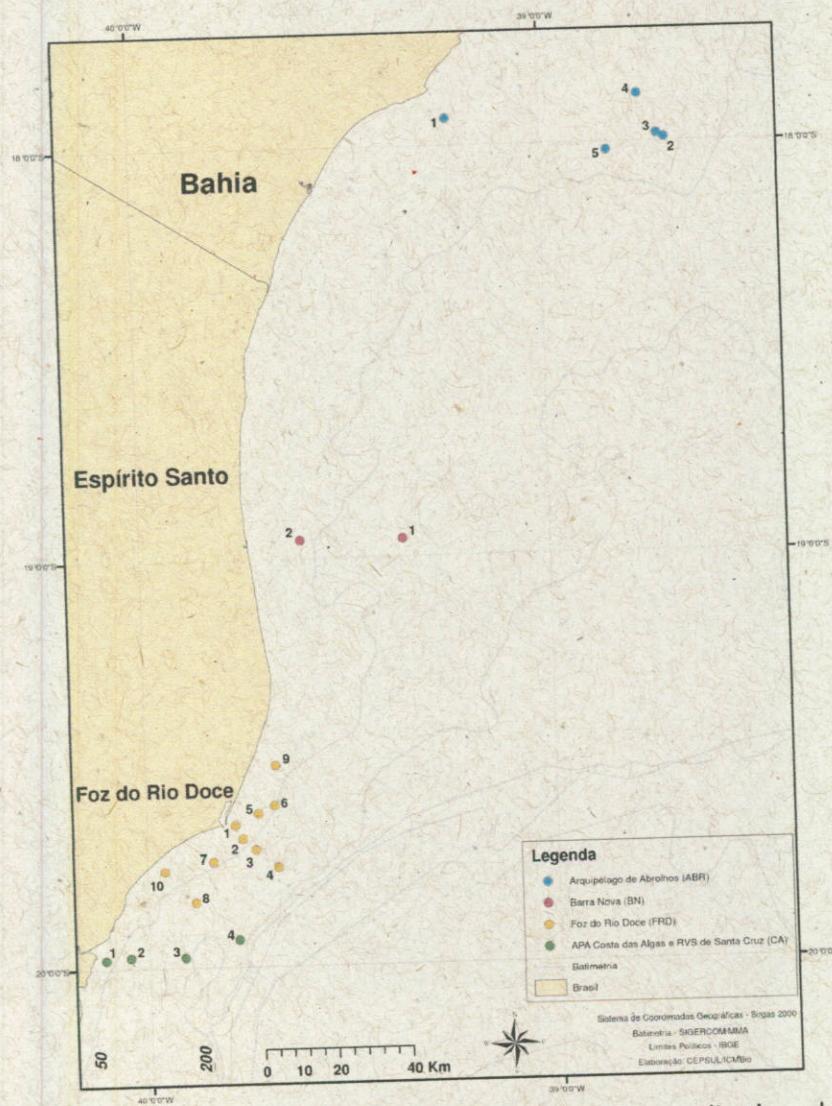


Figura 2: Malha amostral da campanha oceanográfica realizada a bordo do Navio Soloncy Moura entre 27/01 a 03/02 de 2016.

4.7. Na expedição do Soloncy Moura foram realizadas estações completas e simplificadas (denominadas de light nos relatórios). Nas estações completas foram realizadas: perfilagem de CTD com medição de parâmetros de Temperatura, Condutividade, Pressão, Fluorescência e Turbidez; coleta de água em duas ou três profundidades para a análise de concentração de material particulado em suspensão (MPS), composição deste MPS, análise geoquímica na fração total e dissolvida, análise de clorofila e feopigmentos; coleta de amostra de fundo com amostrador *van veen* visando à análise granulométrica e composicional do sedimento, densidade do depósito, componentes orgânicos e metais; arrasto de rede vertical para análise da comunidade zooplânctônica e fitoplânctônica; arrasto de rede de pesca para coleta de peixes e crustáceos visando à determinação de índices de bioacumulação e nível de estresse dos organismos. Nas estações simplificadas (light) foram coletados todos os parâmetros acima, exceto o arrasto de rede de fundo. Os arrastos de fundo não puderam ser realizados em todas as estações devido a uma limitação na quantidade de material para armazenamento das amostras. Nas estações recifais de Abrolhos não foi realizado o arrasto de fundo e sim instaladas armadilhas para captura de peixes. Foram realizados ainda mergulhos para coleta de amostras de corais para análise de metais.

4.8. Resultados preliminares UFES:

4.8.1. Os resultados apresentados no relatório da UFES não correspondem a todas as amostras, mas principalmente àquelas coletadas nas estações mais próximas da foz do rio Doce e APA Costa das Algas, visto que os resultados para a região de Abrolhos ainda não estão completos. O objetivo deste relatório foi apresentar uma primeira análise do impacto causado pela chegada do material de rejeito de mineração na foz, descrever e avaliar as principais mudanças causadas no meio e apontar possíveis impactos de maior prazo e outras análises que devem ser realizadas em um programa de monitoramento. A análise conclusiva referente à região de Abrolhos depende ainda do processamento das amostras restantes pela universidade, e da apresentação do respectivo relatório pelos pesquisadores responsáveis. Um resumo destas mudanças e impactos já detectados, com base no material analisado, é apresentado a seguir.

4.8.2. As primeiras coletas e análises foram realizadas por professores da UFES antes e durante a chegada da lama de rejeitos. Estas coletas continuaram com o apoio do Navio Vital de Oliveira, que coletou as primeiras amostras na região mais *offshore* da foz do Rio Doce. Esta primeira análise reflete o momento mais agudo do desastre, onde uma alta concentração de material em suspensão aportou a região costeira e marinha. Cerca de 60 dias depois, a expedição com o Navio Soloncy Moura produziu um resultado que parece estar associado ao início de uma fase mais crônica, onde os picos de aporte diminuíram, porém os processos oceanográficos continuam atuando e se ajustando a uma nova realidade.

4.8.3. O relatório faz uma diferenciação da condição hidrológica entre os dois momentos (chegada da lama de rejeitos à foz e expedição do Navio Soloncy Moura). A chegada de alta

concentração de material particulado em suspensão provocada pelo desastre está associada a um período de baixíssima vazão do Rio Doce na sua foz, em que a principal desembocadura, chamada de barra sul, estava fechada há alguns meses em função do forte período de estiagem do rio. Esta condição, associada ao volume de material disponibilizado no desastre, e a entrada de uma frente fria no período inicial, criou uma situação totalmente atípica no aporte de material na região marinha. Já no segundo momento de amostragem, a chuva na cabeceira provocou um aumento significativo no nível do rio, seguido de um aumento considerável da vazão. Sendo assim, as amostragens nestes dois períodos refletem condições hidrológicas e oceanográficas bem distintas.

4.8.4. De acordo com o relatório, os resultados referentes às condições oceanográficas mostram a presença de uma ressurgência costeira durante as duas expedições realizadas. Outro aspecto destacado, importante para a dinâmica de dispersão da pluma e transporte de sedimento, foi que durante os meses de novembro e dezembro sistemas frontais (frentes frias) avançaram pela costa, alterando o padrão meteorológico para a região impactada, o que não seria o esperado para esse período do ano. Assim, os períodos alternados de incidência de frente fria e de ventos de N-NE acabaram influenciando diretamente o padrão de dispersão da pluma. Foi observado que no dia 27/11/15, ainda sobre o final de influência de um sistema frontal, a pluma estava direcionada para o norte, enquanto no dia seguinte, 28/11/15, a pluma já estava sobre influência de ventos de nordeste, e já deslocada para sul.

4.8.5. Como resultados o relatório informa que, apesar da Mineradora Samarco apontar para o fato de que na barragem o material de rejeito estaria quimicamente inerte, o rompimento seguido do deslocamento de um grande volume de material ao longo da calha do rio causou um impacto físico que se desdobrou em impactos na biodiversidade e na comunidade de uma forma geral, além de possíveis alterações geoquímicas e ressuspensão de material que estava no leito. É informado que as alterações causadas pelo deslocamento da lama de rejeito foram observadas à partir do estudo das concentrações de material particulado em suspensão (MPS), e do acúmulo de material no fundo marinho.

4.8.6. Segundo o documento, de forma geral, o comportamento observado durante a expedição do Navio Vital de Oliveira continuou se mantendo na expedição do Navio Soloncy Moura, mas com uma grande alteração em termos de valores de MPS e distribuição granulométrica. A granulometria do sedimento se alterou em direção sudeste para offshore, a partir da foz do rio Doce, com o aumento dos teores de cascalho e areia, e em sentido sul ocorreu um maior afinamento da granulometria, com domínio de silte e argila, principalmente em regiões mais rasas.

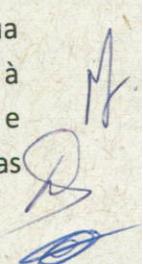
4.8.7. O documento ressalta a grande diferença na concentração de MPS entre as duas expedições. Durante a expedição do Navio Vital de Oliveira havia uma situação crítica e aguda, uma vez que a expedição foi realizada imediatamente após a chegada da "onda" de rejeitos na plataforma continental do Espírito Santo. Após esse momento agudo, o que se observou foi uma diminuição na concentração do MPS com um aparente aumento de

material fino junto ao fundo, formando depósitos sedimentares com características diferenciadas de registros pretéritos. É destacado que o rio também passava por uma condição hidrológica diferente entre as duas expedições. Durante a 1^a expedição, a bacia hidrográfica passava por um período de seca histórica, que inclusive levou ao fechamento da barra sul na foz do rio, e durante o levantamento do Soloncy Moura a bacia já recebia chuvas intensas, estando a barra sul novamente aberta. Assim, durante o período de chuvas o material aportado provavelmente estaria mais diluído do que durante a expedição do Vital de Oliveira.

4.8.8. De acordo com o relatório, a plataforma em questão continua em processo de busca de equilíbrio, em função do que ocorreu e do que continua ocorrendo (aporte de rejeito). Isso se dá devido às características do material que é muito mais fino do que o material que originalmente aportaria a região, mesmo em momentos de cheia do rio. Observou-se o afinamento da granulometria do depósito de fundo, em comparação com estudos pretéritos, como o de Quaresma *et al.* (2015). Foi destacado que o material mais fino, dependendo das condições físicas locais, pode continuar sendo ressuspensão e disponibilizado na coluna d'água durante muito tempo. Além disso, pode estar alterando as características dos habitats da região, podendo levar a soterramento de organismos ou mesmo afastamento dos mesmos, o que causará um grande impacto do ponto de vista ecológico nas regiões atingidas ou influenciadas pelo aporte do rejeito. É ressaltada ainda preocupação com a realização de atividades pesqueiras de arrasto de camarão na região da foz do Rio Doce, que poderiam continuar levando este material para a coluna d'água e redistribuindo-o na plataforma pelas correntes.

4.8.9. Outro ponto evidenciado, com relação ao afinamento da granulometria, foi o fato de que os poluentes de uma forma geral se associam a granulometria de silte a argila, devido às características de ligações químicas que essas partículas propiciam. O relatório destaca o resultado das coletas da expedição Soloncy Moura para a granulometria observada em amostras na APA Costa das Algas. A coloração do sedimento, aliada à distribuição tendendo ao aumento de material fino (argila), pode estar indicando que o material aportado no Rio Doce em decorrência do desastre já tenha alcançado a região entre 10 e 30m na APA.

4.8.10. Foi analisada também a composição geoquímica e a eventual alteração nos níveis de nutrientes na água. O monitoramento geoquímico na foz do rio, antes e durante a chegada da lama no mar, permitiu concluir que elementos como Fe, Al, Mn, Cr, Pb, Cu e V apresentaram aumento de suas concentrações na região analisada, com a passagem da lama de rejeitos de mineração. É informado que o despejo de rejeitos de mineração no Rio Doce pode ter alterado processos físico-químicos, como sorção e dessorção, que regulam a mobilidade de metais em ambientes aquáticos, sendo estes peculiares a cada elemento analisado. Foi observada, na maioria dos casos, uma diminuição da concentração na água entre a primeira e a segunda campanha amostral na região marinha, o que se deve à precipitação do material provindo do Rio Doce, bem como a capacidade de diluição e dispersão na região costeira. Contudo, chumbo e zinco apresentaram aumento em suas



concentrações na segunda campanha, podendo ser ocasionado pelo contínuo aporte destes metais ou mesmo por partição entre fases particulada e dissolvida. Segundo o documento, os resultados, até o momento, indicam acúmulo de metais em determinadas regiões da área investigada, como as isóbatas de 13m e 20m tanto a Sul quanto a Norte da foz do Rio Doce, provavelmente relacionado à dinâmica costeira.

4.8.11. A análise de nutrientes mostra que o nitrito não apresentou mudança considerável em sua concentração entre as duas campanhas de amostragem, que permaneceram abaixo do que a legislação Brasileira (CONAMA 357/2005) estabelece como limites para águas doces e águas salinas. Com relação aos níveis de nitrato, observou-se considerável aumento da concentração desse nutriente na porção sul da desembocadura do rio Doce. Na campanha do Soloncy Moura, nos pontos SDS 30, CA 02, CA 03 e CA 04 e ainda na foz (SD 01), o nitrato foi encontrado em níveis muito acima do estabelecido pela CONAMA 357/05 para águas salinas em todas as classes, o que pode ocasionar em mudanças graves no equilíbrio ecológico da região. Já em relação ao fosfato, nitrogênio amoniacal e silício, observou-se um relativo decréscimo em suas concentrações entre as expedições dos Navios Vital de Oliveira e Soloncy Moura.

4.8.12. De acordo com o relatório, o impacto potencial na biota da chegada da lama de rejeitos no ambiente marinho pode ser inicialmente avaliado pela análise de alterações da base da cadeia trófica. Até o momento, esta análise vem sendo feita nas comunidades fito e zooplancônicas. Os valores de clorofila *a* e feopigmentos tenderam a diminuir entre as campanhas. Na primeira, os valores foram bem elevados, ficando acima de 2,0 µg/L e com teores de feofitina chegando a mais de 9,0 µg/L. Na segunda campanha amostral todos os valores, tanto de clorofila *a* como de feopigmentos, ficaram abaixo de 2,0 µg/L, ocorrendo um único caso da amostra de superfície de um ponto localizado ao sul do Rio Doce (SDS 20) com valor superior a 4,0 µg/L. Entretanto, é ressaltado que ainda continuam ocorrendo teores de feopigmentos acima dos de clorofila *a*, evidenciando que a comunidade fitoplancônica continua tendo um grau elevado de senescência e ainda parece estar sofrendo os efeitos do impacto ambiental. Os resultados da 2ª campanha parecem mostrar condições um pouco melhores da comunidade fitoplancônica, do que no período imediatamente posterior ao impacto. Contudo, os efeitos reais sobre a composição qual-quantitativa do fitoplâncton só poderão ser evidenciados quando estas análises, que são mais demoradas, forem finalizadas. Na expedição do Navio Vital de Oliveira a análise qual-quantitativa indicou uma diminuição drástica do número de táxons na comunidade fitoplancônica, quando comparado com trabalhos pretéritos.

4.8.13. Com relação à comunidade zooplancônica, a primeira expedição mostra valores muito elevados de números de indivíduos, principalmente na estação mais costeira. Este elevado número de indivíduos por m³ estaria ainda associado a uma diminuição no número de táxons (34) observados, sendo que cerca de 80% dos indivíduos estaria relacionado a duas espécies. A segunda expedição já aponta para uma diminuição no número de indivíduos por m³ e um ligeiro aumento no número de táxons (52). De acordo com o

relatório, foram observados alguns valores altos de abundância de determinados organismos, bem como alterações na estrutura da comunidade zooplânctônica, em comparação com estudos anteriores. Estes altos valores de abundância e dominância indicam que certos organismos apresentam maior resistência a impactos ou alterações no meio, bem como a presença de alimento. Apesar disto, estas espécies *per se* não conseguem manter a diversidade biológica na região nem o sucesso da cadeia alimentar, privilegiando apenas espécies que sejam adaptáveis a variação do alimento. Impactos futuros na cadeia alimentar, bem como na estrutura populacional, precisam ser melhor avaliados em monitoramentos contínuos da comunidade zooplânctônica, para que se possa verificar o sucesso ou o declínio das populações locais.

4.8.14. O relatório conclui que, possivelmente, o impacto sobre as comunidades planctônicas esteja relacionado diretamente com o aumento de metais na água, provocado pelo aporte do material de rejeito. Observou-se um aumento das concentrações, por exemplo, de Fe que é um limitante para a produção de algumas espécies de fitoplâncton. Ainda não foi possível definir o quanto este impacto se estendeu espacialmente, uma vez que as análises de dispersão da pluma de rejeitos por meio de sobrevoos indicam grandes extensões de alcance, mas que podem ser florações de fitoplâncton, não discerníveis apenas pela observação visual permitida por este método. É recomendado que seja feito um monitoramento estendido, para melhor entendimento de como as comunidades se comportarão ao longo do tempo e se foram impactadas de forma crônica. Informa ainda que, pelo observado, a base da cadeia trófica foi alterada em função do aporte da pluma e continuava alterada até a segunda expedição.

4.8.15. Para finalizar, o relatório sintetiza que a pluma de rejeito causou um impacto imediato na região adjacente à foz do Rio Doce, com pelo menos 25 km de extensão para o sul e para o norte, e até a isóbata de 30m em direção offshore. Passado o primeiro momento agudo, observou-se que o potencial de impacto em direção sul atingiu até a foz do rio Piraque Açu, em Aracruz/ES. Este impacto potencial é possivelmente em função da consistência de ventos de nordeste e do aumento da vazão do rio em janeiro. A ocorrência isolada do possível alcance da pluma em Abrolhos é ainda alvo de análise, porém a conjugação de sistemas de frente fria com aumento de vazão do rio indica que é possível que haja momentos ou processos capazes de transportar mais material em direção norte. Esses processos carecem de melhor entendimento e outras amostragens poderão indicar se está havendo acúmulo de sedimento da lama de rejeito em direção norte. Na segunda campanha observou-se uma diminuição dos valores de concentração de MPS na pluma, diminuição dos valores de clorofila a e feopigmentos e uma potencial recuperação no nível de táxons de fito e zooplâncton. As concentrações de metais totais na água também tenderam a diminuir. Ressalta, contudo, que aparentemente houve e está ocorrendo uma rápida sedimentação deste material no fundo, com a tendência de aumento dos teores de argila e de concentração de metais.

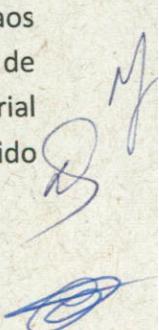
4.9. Resultados preliminares FURG:

4.9.1. O relatório elaborado pela FURG apresenta, inicialmente, uma contextualização sobre os contaminantes aquáticos; a toxicidade dos metais, biomarcadores e a legislação brasileira; o desastre em Mariana (MG); e sobre o cruzeiro de pesquisa e monitoramento realizado pelo Navio Soloncy Moura. Ressalta-se que as amostragens da FURG ocorreram apenas durante a campanha realizada pelo Navio Soloncy Moura, nos pontos indicados na Figura 2.

4.9.2. Em todos os pontos foram coletadas amostras de água (superfície e fundo) para a análise das concentrações de metais (total e dissolvido). Com o objetivo de avaliar possíveis efeitos fisiológicos, decorrentes da contaminação da água por metais ou da acumulação corporal desses metais nos organismos de diferentes níveis tróficos e diferentes habitats, foram realizadas coletas de zooplâncton, epifauna e endofauna do sedimento superficial, bem como da macrofauna pelágica e bentônica. O material biológico coletado foi triado, processado a bordo e armazenado em nitrogênio líquido para posterior análise em laboratório da concentração de metais (corporal ou tecidual), bem como da resposta de biomarcadores selecionados.

4.9.3. As análises das concentrações de metais nas amostras de água e do material biológico (indivíduos inteiros ou músculo) 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). Destaca-se que foi realizada a digestão ácida lenta em estufa, para preparação do material biológico analisado. As análises foram realizadas nas amostras de zooplâncton pelo fato de que estes organismos foram coletados em todos os pontos de coleta nas diversas áreas do estudo, exceto no ponto de coleta RD8, devido à indisponibilidade de rede de zooplâncton no momento da coleta. Além do zooplâncton, foram também analisadas, até o momento, amostras de músculo de crustáceos (camarões-rosa *Farfantepenaeus paulensis* e *F. brasiliensis* e camarão sete barbas *Xiphopenaeus kroyeri*) e peixes (roncador *Conodon nobilis*, linguado - espécie a ser identificada, e peroá *Balistes capriscus*). Estas espécies foram selecionadas considerando a maior frequência de coleta das mesmas nos pontos de coleta nas diferentes áreas do estudo, bem como a importância comercial que os mesmos possuem. Existem mais amostras de outras espécies que foram coletadas na expedição, mas que ainda aguardam o processamento.

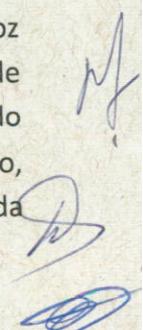
4.9.4. A determinação dos danos oxidativos, induzidos pela exposição dos organismos aos metais, foi realizada nas amostras de zooplâncton e hidrocorais, com base no processo de lipoperoxidação. A peroxidação lipídica (LPO) foi determinada nas amostras do material biológico utilizando-se o método fluorescente, baseado nas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), conforme descrito por Oakes & Van Der Kraak (2003).



4.9.5. Até o momento, foram realizadas análises das concentrações (total e dissolvido) de metais (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn e Pb) nas amostras de água (superfície e fundo) dos pontos de coleta na Costa das Algas (CA1 e CA3), Foz do Rio Doce (RD1, RD3, RD6, RD8, RD9 e RD10), Barra Nova (BN1 e BN2) e Abrolhos (AB1, AB2 e AB4). Nos invertebrados, foram realizadas análises das concentrações corporais de metais (arsênio, cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês e chumbo) nas amostras de zooplâncton dos pontos de coleta na Costa das Algas (CA1 e CA3), Foz do Rio Doce (RD1, RD3, RD6, RD9 e RD10), Barra Nova (BN1 e BN2) e Abrolhos (AB1, AB2, AB4). Além disso, foi realizada a análise de um biomarcador de estresse oxidativo (peroxidação lipídica) nas amostras de zooplâncton dos pontos de coleta na Costa das Algas (CA1 e CA2), Foz do Rio Doce (RD1, RD3, RD6, RD9 e RD10), Barra Nova (BN1 e BN2) e Abrolhos (AB1, AB2 e AB4), bem como nas amostras de hidrocórais de Abrolhos (AB1, AB2 e AB4). Nos crustáceos e peixes, foram realizadas análises das concentrações de metais (arsênio, cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês e chumbo) nas amostras de músculo dos camarão-rosa (RD6, RD8, RD9 e CA1), camarão sete barbas (RD1 e RD3), roncador (RD1, RD8, RD9, R10 e CA1), linguado (RD6, RD3, CA1 e CA2) e peroá (RD8 e AB1). Os resultados preliminares são apresentados a seguir.

4.9.6. No que se refere às concentrações totais dos metais na água, verificou-se um marcado gradiente de concentração de As, Cd, Fe, Mn e Pb com origem na Foz do Rio Doce (RD1), onde, em geral, foram observadas as maiores concentrações, que decresceram tanto em direção aos pontos de coleta localizados ao Sul (CA1, CA3, RD10 e RD8) quanto àqueles localizados à Leste (RD3) e ao Norte (RD6 e RD9) da Foz do Rio Doce. Além disso, observou-se outro gradiente de concentração destes metais, com as maiores concentrações totais sendo observadas nos pontos de coleta da área de Barra Nova (B1 e/ou B2), decrescendo tanto em direção aos pontos de coleta localizados ao Sul (RD6 e RD9) quanto àqueles localizados ao Norte (AB1, AB2 e AB4) da Barra Nova. Diferentemente do padrão de distribuição espacial das concentrações totais de As, Cd, Fe, Mn e Pb, não foram observados gradientes de concentração total a partir de um ponto amostral para o Cr e o Cu. Neste caso, elevadas concentrações totais destes metais foram observadas no ponto de coleta mais próximo à Foz do Rio Doce (RD1), bem como naqueles localizados ao Sul da Foz do Rio Doce (RD8 e RD10).

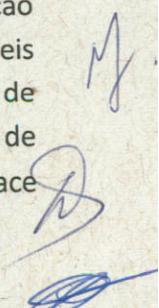
4.9.7. Segundo o relatório, de maneira geral, os mesmos padrões espaciais observados para as concentrações totais, foram observados para as concentrações dissolvidas de As, Cd, Cu, Fe e Pb. No entanto, notou-se que as concentrações de Cr dissolvido assumiram um padrão espacial de distribuição semelhante àquele observado para as concentrações totais de As, Cd, Fe, Mn e Pb, ou seja, com a presença de dois gradientes decrescentes, um partir da Foz do Rio Doce e outro a partir de Barra Nova. Foi ressaltado também que o padrão espacial de distribuição das concentrações totais de Mn, com gradientes decrescentes a partir da Foz do Rio Doce e de Barra Nova, também foi observado para as concentrações de Mn dissolvido, com alteração de gradiente nos pontos ao Sul da Foz do Rio Doce (CA1 e CA3) e ao Sul da Barra Nova (RD6 e RD9).



4.9.8. O relatório apresenta uma comparação das concentrações dos metais (totais ou dissolvidos) com os limites permitidos para as águas de Classe I, conforme definido pela Resolução CONAMA 357. Para Cádmio total (limite 5 µg/L), as amostras dos seguintes pontos de coleta apresentaram “Não Conformidade” com a legislação vigente: RD1, RD3, RD10, AB4, BN1 e BN2. As concentrações totais de Cd nos diferentes pontos de coleta variaram entre 0,81 e 17,02 µg/L. Para Chumbo total (limite 10 µg/L), as amostras de água de todos os pontos de coleta apresentaram “Não Conformidade” com a legislação vigente, exceto o ponto AB2, que apresentou uma concentração média de 9,42 µg/L, sendo essa muito próxima da concentração máxima permitida pela legislação. As concentrações totais de Pb nos diferentes pontos de coleta variaram entre 9,27 e 130,40 µg/L. Para Cobre dissolvido (limite 5 µg/L), as amostras dos seguintes pontos de coleta apresentaram “Não Conformidade”: RD1, RD8, RD10 e AB1. As concentrações de Cu dissolvido nos diferentes pontos de coleta variaram entre 0,41 e 47,52 µg/L. O relatório destaca que o ponto mais próximo da Foz do Rio Doce (RD1), apresentou concentrações totais sempre excessivamente elevadas. Os demais metais apresentaram concentrações “Em Conformidade” com a legislação. Foi apresentada ainda a comparação com a classe *corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo* da Resolução CONAMA 357, em que o Arsênio total (limite 0,14 µg/L) apresentou “Não Conformidade” para as amostras de água de todos os pontos de coleta, tendo variado entre 0,23 e 4,77 µg/L.

4.9.9. De acordo com o documento, foram observados padrões espaciais distintos de distribuição dos metais analisados, inclusive quando são comparadas as concentrações totais e dissolvidas destes elementos na água. Quando são consideradas as concentrações totais dos metais, ficou evidenciada a contribuição da pluma da Foz do Rio Doce nas concentrações de todos os metais analisados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn e Pb). A evidência desta contribuição está caracterizada pelo gradiente decrescente bem definido das concentrações totais dos metais analisados, a partir da Foz do Rio Doce em direção à zona costeira tanto ao Sul quanto ao Norte da foz deste rio.

4.9.10. Com relação às análises das concentrações corporais de metais em amostras de zooplâncton, foram observados níveis mais elevados de bioacumulação de todos os metais nas amostras coletadas na Foz do Rio Doce ou ao Sul da Foz do Rio Doce. Foi observado um claro padrão espacial de distribuição da concentração corporal de As, Cr, Fe e Mn no zooplâncton. O padrão espacial da referida acumulação coincide com o padrão espacial dos níveis de contaminação da água observado para todos os metais analisados, exceto para Cu. Este padrão é caracterizado por uma maior bioacumulação dos metais nos pontos de coleta mais próximos da Foz do Rio Doce, seguindo gradiente decrescente de bioacumulação corporal em direção ao Sul e ao Norte da Foz do Rio Doce. Foi observado também níveis elevados de bioacumulação de alguns metais, especialmente Fe, Pb e Cd nas amostras de zooplâncton coletadas em Abrolhos, com destaque para a presença de um gradiente de bioacumulação de Cd, com o maior valor sendo observado nos organismos coletados na face Norte do Banco de Abrolhos.



4.9.11. O relatório apresenta também os resultados de lipoperoxidação no zooplâncton e hidrocorais. Os maiores valores de lipoperoxidação foram observados nas áreas de coleta mais próximas à Foz do Rio Doce, os quais decresceram em direção aos pontos de coleta localizados mais distantes da Foz do Rio Doce, tanto ao Sul quanto ao Norte. Assim, observou-se que o padrão espacial de resposta do biomarcador de estresse utilizado (lipoperoxidação corporal) coincide com os padrões observados de contaminação da água e da bioacumulação dos metais analisados, indicando que os metais associados à Foz do Rio Doce encontram-se disponíveis para assimilação pelo zooplâncton, organismos da base da cadeia trófica. Além disso, o padrão observado indica que o nível de impacto biológico (estresse oxidativo) ao qual se encontra submetido o zooplâncton da região em estudo está associado, pelo menos em parte, aos níveis de contaminação da água pelos metais analisados.

4.9.12. Nos hidrocorais (*Millepora alcicornis*), foram observados distintos níveis de lipoperoxidação nos organismos dos pontos de coleta em Abrolhos. Os maiores níveis foram observados nos organismos coletados no ponto de coleta na face Norte de Abrolhos, em relação àqueles coletados na face Sul. Um padrão semelhante de distribuição espacial dos níveis de lipoperoxidação também foi observado nas amostras de zooplâncton coletadas em Abrolhos. O padrão espacial de resposta do biomarcador de estresse utilizado (lipoperoxidação corporal) no coral na região de Abrolhos coincide com o padrão espacial de contaminação da água e de bioacumulação de metais, especialmente o Cd, indicando a necessidade de monitorar a resposta destes organismos na região de Abrolhos.

4.9.13. Os resultados indicam que os bioindicadores (zooplâncton e coral) e o biomarcador (lipoperoxidação corporal) se mostraram adequados para a avaliação do impacto biológico de metais na área em estudo, indicando a sua adequação para uso futuro em programa de biomonitoramento na área em questão.

4.9.14. Os resultados das análises realizadas em amostras de músculo de pescados (peixes e camarões) foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária RDC nº 42, de 29 de Agosto de 2013, que dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Os resultados obtidos indicam que:

- com relação ao peixe roncador (*Conodon nobilis*): 75% das 20 amostras analisadas apresentaram níveis de Arsênio acima do permitido pela legislação; 100% das 22 amostras analisadas apresentaram níveis de Cádmio acima do permitido pela legislação; e 72,7% das 22 amostras analisadas apresentaram níveis de Chumbo acima do permitido pela legislação;
- peixe Linguado: 88,9% das 18 amostras analisadas apresentaram níveis de Arsênio acima do permitido pela legislação; 95,2% das 21 amostras analisadas apresentaram níveis de Cádmio acima do permitido pela legislação; e 95,2% das 21

amostras analisadas apresentaram níveis de Chumbo acima do permitido pela legislação;

- peixe peroá (*Balistes capriscus*): 100% das 04 amostras analisadas apresentaram níveis de Arsênio acima do permitido pela legislação; 100% das 04 amostras analisadas apresentaram níveis de Cádmio acima do permitido pela legislação; 25% das 04 amostras analisadas apresentaram níveis de Chumbo acima do permitido pela legislação;
- camarão rosa (*Farfantepenaeus brasiliensis*): 75% das 16 amostras analisadas apresentaram níveis de Arsênio acima do permitido pela legislação; 54,2% das 24 amostras analisadas apresentaram níveis de Cádmio acima do permitido pela legislação; 79,2% das 24 amostras analisadas apresentaram níveis de Chumbo acima do permitido pela legislação;
- camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*): 90,9% das 11 amostras analisadas apresentaram níveis de Arsênio acima do permitido pela legislação; - 42,9% das 14 amostras analisadas apresentaram níveis de Cádmio acima do permitido pela legislação; 71,4% das 14 amostras analisadas apresentaram níveis de Chumbo acima do permitido pela legislação.

4.9.15. Segundo o relatório, de forma geral, as concentrações dos metais analisados nas amostras de músculo dos pescados (peixes e crustáceos) não seguiram um padrão espacial bem definido na área de estudo. Este fato pode estar associado à capacidade de mobilidade dos animais, sendo que a maior parte das amostras analisadas foi obtida de animais coletados desde a APA Costa das Algas, ao Sul da Foz do Rio Doce, até o ponto de coleta ao norte da Foz do Rio Doce (RD9).

4.9.16. Por fim, o relatório apresenta uma comparação com informações pretéritas da literatura e, como resultado, constatou que, de forma geral, os níveis de contaminação por metais no músculo das espécies analisadas (camarões, roncador, linguado e peroá) são superiores àquelas relatadas para outros peixes (robalo, tainha e caranho) e invertebrados (ostra) da costa do Espírito Santo. Os valores observados para os camarões-rosa também são superiores àqueles observados no camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* do estuário da Lagoa dos Patos (RS) e região costeira adjacente, coletados em dezembro/2011 e março/2012.

4.10. Resultados preliminares UERJ:

4.10.1. O relatório da UERJ, sob responsabilidade do Professor Heitor Evangelista, teve por objetivo descrever sucintamente a atividade de monitoração oceânica para o parâmetro Sólidos Totais em Suspensão, na região do Parque Nacional dos Abrolhos-BA. O estudo se refere ao evento de 6 de Fevereiro 2016, quando ocorreu a predominância de vento sul no

litoral do Espírito Santo, transportando parte da pluma de sedimentos no sentido norte, em direção a região do Parque de Abrolhos.

4.10.2. De acordo com o relatório, como metodologia para verificação da existência (ou inexistência) de vestígios da pluma de sedimentos do Rio Doce sobre o Parque Nacional de Abrolhos, foi empregado o uso de uma técnica de assinatura isotópica e química do material particulado na superfície do oceano. Tais assinaturas se baseiam nas razões dos isótopos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e nas análises de micropartículas insolúveis para os elementos Si, Al, Fe, Ti, Ca, Cl, Zn, Cu, K, MG e Na. Para tal, foram adquiridos e analisados 3 conjuntos de amostras: (1) filtros contendo material particulado da coluna d'água obtidos com o apoio do Projeto Coral Vivo; (2) sedimentos coletados na foz do Rio Doce anteriores ao desastre de Mariana-MG, obtidos com o apoio da UFES e; (3) sedimentos coletados na foz do Rio Doce posteriores ao desastre de Mariana-MG, também obtidos com o apoio da UFES.

4.10.3. Segundo o relatório, as análises por isótopos radiogênicos indicaram diferenciação das amostras do grupo pré e pós rompimento da barragem. Ao introduzir as amostras de Abrolhos no diagrama dos isótopos constatou-se distância suficiente para sugerir que os sedimentos têm proveniências distintas.

4.10.4. Como resultados das análises de MEV+EDS, o relatório informa a formação de 3 grupos distintos. O grupo G1 foi representado por uma única partícula que excepcionalmente apresentou 43% de Fe, ou seja, uma partícula de minério de Fe, encontrada na foz do Rio Doce após o acidente de Mariana-MG. O grupo G2 foi formado por todas as amostras de Abrolhos, ao passo que o grupo G3 foi constituído por amostras encontradas na foz do Rio Doce. Este último é formado por 2 subgrupos sendo um formado somente por micropartículas encontradas após o acidente de Mariana-MG e outro com amostras da lama de minério misturada ao sedimento natural do Rio Doce.

4.10.5. Foi ressaltado que o estudo teve caráter preliminar e foi baseado em um número restrito de amostras. Os resultados obtidos, a partir de uma combinação de análise de isótopos de Sr e Nd e microanálise elementar, mostraram o alto potencial desta técnica para se identificar assinaturas de origem de sedimentos na área costeira entre a foz do Rio Doce e o Parque Nacional dos Abrolhos.

4.10.6. De acordo com o relatório, os dados apresentados sugerem que o evento de 5 e 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) não teve impacto direto sobre o Parque Nacional dos Abrolhos. Ressalta, contudo, que o evento, caracterizado por uma brusca mudança dos ventos de Norte por ventos de Sul, ou seja, no sentido foz do Rio Doce para Abrolhos, foi de curta duração (máximo de 3 dias) e as coletas foram realizadas somente no dia 8 de Janeiro quando já se observava o redirecionamento da pluma de sedimentos do Rio Doce no sentido sul. Informa ainda que o impacto costeiro dependerá, entre outras variáveis, dos padrões de corrente marinha e ventos de superfície, que se estabelecerão ao longo do ano. No verão existe um forte transporte de massas d'água de

Norte para Sul, o que minimizaria o impacto da pluma de sedimentos da foz do Rio Doce sobre Abrolhos. Durante o período de inverno, as frentes frias que atingem a região ocorrem com maior intensidade e com maior frequência. Estes sistemas constituem-se no principal elemento de ressuspensão do material depositado na plataforma continental, o que potencialmente poderia disponibilizar a carga sedimentar da foz do Rio Doce para Abrolhos. Isto significa que o fato da não observação de vestígios da pluma de sedimentos do Rio Doce no evento de 5-6 Janeiro, não implica que Abrolhos esteja fora do alcance de seu impacto.

4.10.7. O documento informa ainda que as diferenciações entre os padrões radiogênicos dos sedimentos, antes e após o acidente de Mariana-MG, associados a presença de micropartículas com alto enriquecimento de ferro, não observados nas amostras de sedimento coletadas em 2014, mostram que ocorreu uma mudança nos tipos de sedimentos aportados na foz do Rio Doce.

4.10.8. Para uma perfeita caracterização isotópica das fontes naturais e industriais nas bacias hidrográficas da região de estudo, a UERJ recomenda a análise de um número maior de amostras e de sedimentos de outras localidades que influenciam diretamente o Parque Nacional dos Abrolhos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Verifica-se, a partir das informações apresentadas pelos pesquisadores, que a contaminação observada na água e nos sedimentos analisados, provenientes da plataforma continental da região norte do ES, está associada à pluma do rio Doce, tendo em vista o perfil de decaimento dos teores, verificado em direção ao norte e ao sul da região da foz.

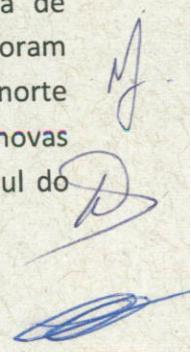
5.2. Importante ressaltar que esta nota técnica restringe-se à análise dos relatórios parciais entregues até o momento, tanto pela UFES, quanto pela FURG, e os dados aqui considerados representam uma “fotografia do momento”, tendo em vista que o curto espaço de tempo em que as coletas foram realizadas e a continuidade do evento por tempo ainda indeterminado, não permitem afirmar que esta é uma nova condição estabelecida. Serão necessárias novas amostragens e investigações mais aprofundadas, por maior período, para que se possa indicar com mais segurança se os resultados já obtidos refletiram apenas uma condição no período das amostragens ou se novos dados indicarão uma alteração permanente da condição de contaminação do meio e, em especial, dos organismos marinhos. A fim de dar continuidade ao monitoramento foi realizada a segunda campanha amostral com o Navio Soloncy Moura entre os dias 19 e 27 de abril, cujas amostras, em

maior número de estações de coleta e áreas abrangidas, ainda serão analisadas pelos pesquisadores e comporão, juntamente aos dados das análises completas de todas as amostras das primeiras expedições, o conjunto de informações que permitirá uma avaliação mais conclusiva quanto às alterações ambientais e condições de contaminação dos organismos, em decorrência da incidência da pluma de rejeitos da Samarco na região marinha.

5.3. É importante destacar também que os pesquisadores observaram indicativos de contaminação por metais na água, no sedimento e nos organismos fora da área de proibição da pesca estabelecida pela Justiça Federal, como em Barra Nova/São Mateus e no Banco de Abrolhos, ao norte; Unidades de Conservação APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz, ao sul, e até a profundidade de 30 metros, o que pode ter ocorrido tanto pelo transporte da pluma de rejeitos pelas correntes marinhas a partir da foz do rio Doce, como também em decorrência de outras fontes existentes nestas regiões, tendo em vista a presença de diversas atividades petrolíferas, industriais e agrícolas que utilizam insumos e geram resíduos com presença dos metais, que foram detectados nas amostras recolhidas nos presentes monitoramentos.

5.4. Destaca-se que na região de Barra Nova/São Mateus não foi possível a coleta de organismos maiores é a contaminação encontrada se deu apenas no zooplânctôn, não sendo possível avaliar se o pescado está também contaminado nesta região. Já em Abrólhos a contaminação foi constatada no zooplâncton e em apenas uma espécie de peixe (*Balistes capriscus*), com baixo número amostral.

5.5. Considerando as informações do relatório da UERJ, não foi possível afirmar que a contaminação observada em Abrolhos provém da pluma de rejeitos da Samarco, podendo ser oriunda de outras fontes, conforme colocado acima, embora o monitoramento por satélite do IBAMA e por sobrevoos da própria Samarco indique o deslocamento da pluma até a região de Caravelas. Assim, são necessárias análises mais localizadas na região, inclusive na RESEX Cassurubá, para que seja avaliada a necessidade de restrição da pesca na referida Unidade de Conservação. Os resultados provenientes da segunda expedição do Navio Soloncy Moura, cujas amostras ainda estão em processo de análise e, portanto, não são consideradas nesta Nota Técnica, poderão dar mais subsídios quanto à presença de contaminação, uma vez que nesta nova expedição as áreas citadas acima também foram amostradas, além de outras próximas, como a região de Degredo e Itaúnas, ambas no norte do Espírito Santo. O mesmo poderá ser verificado em direção sul tendo em vista as novas amostragens na segunda campanha abrangendo a costa de Vitória e Guarapari no sul do estado.

M
D


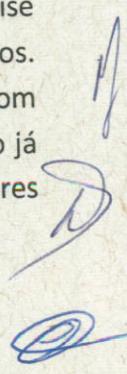
5.6. Destaca-se ainda que, conforme os relatórios aqui considerados, os dados indicam a existência de estresse fisiológico nos animais analisados, com impactos potenciais ao ambiente e aos organismos que se encontram sob estresse, além do risco de eventual contaminação humana pelo consumo do pescado.

5.7 Observa-se a necessidade de realização de estudos e/ou análises complementares que mensurem os impactos bioecológicos sobre toda a biota na região atingida pela pluma, de modo a se buscarem parâmetros e informações tais como análises visando conhecer melhor os efeitos sobre as comunidades bentônicas e néctônicas; quanto a eventuais alterações nas populações e processos e padrões reprodutivos das espécies, alterações metabólicas etc.

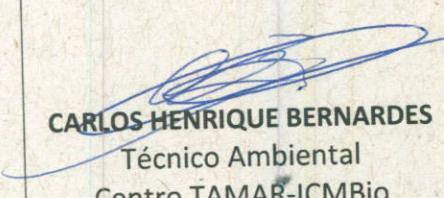
5.8. Assim, ratificamos as recomendações expostas na Nota Técnica nº 001/2016 Centro TAMAR/DIBIO/ICMBio (CDoc 20160011577), Nota Técnica Conjunta nº 006/2016 CENTRO TAMAR/APA Costa das Algas/REBIO de Comboios/RVS de Santa Cruz (CDoc 20160011641) e Informação Técnica Nº 03/2016 Centro TAMAR/DIBIO/ICMBio (CDoc 20160011647), com um possível aumento para o sul da área de restrição da pesca delimitada pela justiça federal, até a latitude -19,97 S, onde o pescado analisado apresentou índices de contaminação acima do permitido para o consumo. Demais eventuais adequações nos limites da área de proibição devem ser feitas após análise dos resultados da 2ª expedição realizada pelo Navio Soloncy Moura.

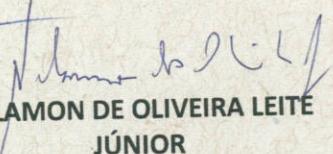
5.9. Recomendamos ainda a continuidade dos trabalhos de monitoramento dos parâmetros físico-químicos, da presença de metais na água e no sedimento e das pesquisas de ecotoxicidade nos organismos marinhos, em particular aqueles de interesse econômico, para complementação e validação dos dados já obtidos, bem como a ampliação da malha amostral para melhor cobertura da área das unidades de conservação afetadas e zonas de amortecimento.

5.10 Ressalta-se que é importante a manutenção das mesmas instituições e metodologia amostral utilizada nas campanhas anteriores, a fim de se garantir a continuidade das estratégias de amostragem, análise e avaliação dos resultados, com a confiabilidade conferida pelo gabarito dos pesquisadores envolvidos e condições laboratoriais de análise proporcionadas, o que permitirá a comparação segura dos novos dados com os já coletados. Inclusive cabe registrar que a participação das instituições envolvidas contou com investimento próprio das Universidades em colaboração ao ICMBio, havendo ainda como já registrado, amostras a serem processadas, mas que dependem de aportes complementares de recursos financeiros para que possam ser finalizadas.



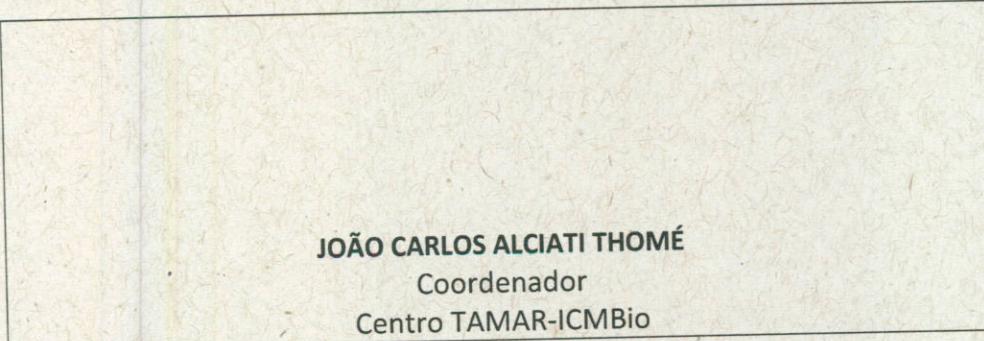
5.11. Reiteramos a urgente necessidade de se buscar o ajuste da compensação aos pescadores, prevista na decisão de proibição da pesca estabelecida pela Justiça Federal, tendo em vista que as pescarias afetadas pela mesma, de média escala ou artesanal de pequena escala, e, consequentemente, os pescadores que nelas atuam não se enquadram no perfil de pequenos pescadores ribeirinhos previstos na referida decisão. Estes pescadores estão enfrentando dificuldades financeiras e prejuízos em razão da suspensão da pesca, estabelecida em função dos possíveis efeitos do alcance da pluma de rejeitos da Samarco na região pesqueira marinha. Esta adequação se fará ainda mais relevante, em caso de ampliação da área de proibição da pesca para a região da APA Costa das Algas e RVS de Santa Cruz, tendo em vista o perfil e número de pescadores que ali atuam. Recomenda-se realizar, o quanto antes, o cadastramento destes pescadores, para que seja possível orientar eventuais medidas compensatórias ou indenizatórias que venham a ser definidas.


CARLOS HENRIQUE BERNARDES
Técnico Ambiental
Centro TAMAR-ICMBio


**NILAMON DE OLIVEIRA LEITE
JÚNIOR**
Analista Ambiental
Centro TAMAR-ICMBio


ROBERTO SFORZA
Analista Ambiental
Centro TAMAR-ICMBio

De acordo,


JOÃO CARLOS ALCIATI THOMÉ
Coordenador
Centro TAMAR-ICMBio