

1. JUSTIFICATIVA*

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento e desaparecimento de 270 pessoas, além de uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e em patrimônios por longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba. Em função do rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão”, aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

O “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG) tem como objetivo geral auxiliar o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte a identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Os objetivos específicos do Projeto Brumadinho-UFMG são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais, os impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e ainda apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação. O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de subprojetos e supervisionar a implementação e execução dos subprojetos, para consecução dos objetivos gerais e específicos.

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”



2. REVISÃO DE LITERATURA

Os rejeitos de mineração são materiais obtidos da separação de minerais valiosos de outros sólidos sem valor econômico. Os componentes principais desses rejeitos são rocha moída, água de processamento e alguns reagentes químicos que possam ter sido empregados no processo de refinamento do mineral extraído (Kossoff et al. 2014). A composição final dos rejeitos pode variar de acordo com as características originais de cada solo explorado sendo que alguns rejeitos podem conter níveis consideráveis de metais pesados ou de outros elementos inorgânicos que foram concentrados ao longo do processo de mineração (Hatje et al. 2014). Acidentes em barragens de rejeitos podem ocasionar contaminação ambiental elevada, uma vez que esses rejeitos facilmente se misturam e contaminam corpos naturais de água (Hatje et al. 2014).

Dentre os impactos possíveis ao meio ambiente, a estrutura natural da comunidade de peixes de uma região biogeográfica (ictiofauna) costuma ser severamente afetada. Os impactos podem ser percebidos tanto em curto prazo, onde mortalidades de peixes geralmente estão associadas ao aumento súbito da quantidade de sólidos em suspensão na água e indução de hipóxia nos animais, quanto também aos possíveis efeitos de longo prazo, perceptíveis pela disruptura da estrutura populacional dessa ictiofauna, mortalidades em menor escala, perda de eficiência reprodutiva, dentre outros (Richards et. al., 2009; Hatje et. al. 2014). Tais efeitos podem ser observados de forma homogênea em uma comunidade de peixes de um ambiente ou ainda serem observados de forma mais pronunciada para determinada espécie animal.

Um dos métodos mais utilizados para a avaliação dos efeitos de exposição dos peixes aos contaminantes da água, como os metais pesados, é a análise histopatológica de órgãos alvo. Os metais pesados podem acarretar diversas alterações teciduais, que tem a sua gravidade relacionada à concentração de exposição, bem como o tempo de exposição a um determinado contaminante (Meena et. al., 2018; Avigliano et. al., 2019). Praticamente todos os órgãos dos peixes são sensíveis aos metais pesados, sendo o fígado considerado como órgão com maior potencial de acumulação. O músculo também pode acumular metais pesados, mas de modo geral com cinética de deposição inferior ao apresentado por tecidos viscerais (Day et. al., 2020).

Diversos estudos descrevem o monitoramento de populações de peixes de vida livre em ambientes aquáticos potencialmente contaminados por metais pesados e outros contaminantes químicos. Tais monitoramentos são feitos nas principais espécies de peixes presentes no ecossistema aquático e tem como abordagem a coleta de tecidos de



peixes para a dosagem de metais e para análise histopatológica. Ainda, a avaliação dos parâmetros biométricos dos animais é importante para a estimativa de bioacumulação de metais, uma vez que essa pode ter correlação com o tamanho e peso dos animais (Meena et. al., 2018; Avigliano et. al., 2019; Day et. al., 2020).

Apesar de os metais pesados poderem comprometer a saúde de populações naturais de peixes, a relação de causalidade entre a exposição a um dado metal e a *causa mortis* de peixes em ambientes naturais é ainda um desafio. Embora as análises histopatológicas possam indicar a natureza e gravidade das alterações nos órgãos, a etiologia do problema pode não ser alcançada. Assim, o diagnóstico diferencial para as doenças infecciosas, causadas por vírus, bactérias e fungos, podem também estarem associadas ou serem causadoras das lesões viscerais observadas. Em peixes de água doce de vida livre diversas doenças já foram registradas, por meio da detecção de agentes infecciosos em tecidos dos animais (Figueiredo et. al., 2008; Figueiredo et. al., 2010). Essas detecções podem ou não ser acompanhadas de sinais clínicos e muitas vezes infecções subclínicas também podem causar impacto nessas populações de peixes (Craft, 2015). Assim, para o monitoramento da saúde de populações naturais de peixes em áreas potencialmente comprometidas por contaminação química também deve ser considerado o diagnóstico diferencial para as doenças infecciosas que possam ocorrer nessas populações.

Além do potencial de dano à ictiofauna pela presença de metais pesados na água e sedimentos de corpos de água, os peixes submetidos a esses contaminantes podem se apresentar como um risco para o consumo humano. Assim, a coleta de espécimes da ictiofauna podem ser úteis para a determinação da segurança alimentar do pescado obtido de determinado corpo de água, considerando ainda que a bioacumulação de metais pesados nos peixes pode apresentar dinâmicas diferentes de acordo com a espécie animal e tempo de exposição ao contaminante (Meena et. al., 2018). No Brasil há regulamentação para os níveis aceitáveis de contaminação de pescado por metais pesados, estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2013) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018)



3. OBJETIVOS*

3.1. OBJETIVO GERAL

- Realizar a confecção de um plano amostral e a partir deste realizar a captura de exemplares da ictiofauna na bacia do Rio Paraopeba, seguido da coleta e preservação de amostras de tecidos alvo, para futuras análises patológicas e toxicológicas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar um plano amostral para o estudo proposto, a ser aprovado pelo Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho-UFMG, compreendendo o trecho do rio Paraopeba a jusante do Córrego Ferro-Carvão, até o trecho da Usina de Retiro Baixo.
- Realizar a captura de exemplares da ictiofauna de quatro pontos geográficos da área de estudo procedendo a sua classificação taxonômica (gênero ou espécie) e biometria.
- Proceder a necropsia dos animais, para a coleta dos órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) para análise histopatológica. Os mesmos órgãos serão coletados e fixados em álcool 95%, para que possam ser utilizados futuramente em análise de detecção de agentes patogênicos (vírus, bactérias e fungos) por técnicas de biologia molecular.
- Realizar a coleta dos órgãos: fígado, músculo, pele, intestino e estômago, para análise toxicológica posterior (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos).

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”



4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Paraopeba é um dos mais importantes tributários do Rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 510 quilômetros até a sua foz, no lago da represa de Três Marias. Para desenvolvimento do subprojeto serão realizadas amostragens da icitiofauna em diferentes pontos da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho, que despejou cerca de 12 milhões m³ de rejeitos minerários no Rio Paraopeba até o reservatório de Retiro Baixo, entre os municípios de Curvelo e Felixlândia. A área amostral irá compreender quatro pontos de coleta de peixes ao longo do rio Paraopeba: um ponto controle/sem contaminação por rejeitos minerários (Rio Paraopeba à montante do desastre ambiental em Brumadinho) e três pontos impactados pela descarga de rejeitos minerários no Rio Paraopeba (Tabela 1).

Tabela 1. Pontos de coleta dos peixes ao longo do Rio Paraopeba

Trecho amostral	Município	Distância pontos (km) ^a	Coordenadas ^b
P1- Rio Paraopeba (ponto controle)	Brumadinho	-	20°13'46"S 44°07'12"W
P2- Rio Paraopeba (confluência córrego Ferro-Carvão)	Brumadinho	P1 à P2: 42 km	20°9'29.68"S 44°9'32.44"W
P3- Rio Paraopeba (terço médio do trecho impactado)	Maravilhas	P2 à P3: 115 km	19°34'30"S 44°33'44"W
P4- Rio Paraopeba (início remanso UHE Retiro Baixo)	Pompéu	P3 à P4: 110 km	18°59'54"S 44°46'23"W

^a Distância aproximada calculada pelo Google Earth.

^b Sugestões de coordenadas dos pontos, contudo, durante a coleta essas coordenadas podem variar de acordo com os acessos, qualidade do ponto para armar redes, etc.

4.2. AUTORIZAÇÃO PARA CAPTURA DE PEIXES E COLETA DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

Anterior a captura dos animais, um requerimento será realizado junto ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e integrado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente de uma licença para coleta de material zoológico, que permitirá coleta, captura, marcação, coleta de amostras biológicas e transporte de invertebrados e vertebrados (inclusive peixes) da fauna silvestre brasileira dentro do país. Simultaneamente será solicitado



autorização junto à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, para a realização da coleta com finalidade de pesquisa científica dentro da universidade. A liberação de tais autorizações possui tempo variável, de acordo com cada entidade avaliadora, o que pode alterar o cronograma de execução deste subprojeto. Contudo, para agilizar o processo, ambas requisições serão realizadas no início de março de 2020.

4.3. PLANO AMOSTRAL

Serão amostrados o maior e mais diverso número possível de espécies de peixes habitantes nos pontos de coletas descritos na Tabela 1. Para tanto, a equipe de coleta constará de um auxiliar de campo (pescador) e 6 pesquisadores em revezamento, incluindo professores, bolsistas de pós-doutorado, mestrado e de iniciação científica. Os peixes serão coletados com auxílio de redes de emalhar (10 metros de comprimento e 1,5 metro de altura cada), com diferentes tamanhos de malha (1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 cm entre nós opostos) e esforço amostral padronizado, nos pontos de amostragem selecionados. As redes serão armadas no final da tarde e retiradas no início da manhã do dia seguinte, permanecendo na água por aproximadamente 14 horas. Duas coletas de peixes serão realizadas em cada ponto amostral para desenvolvimento do subprojeto, sendo cada coleta realizada em 2 dias.

Os animais amostrados serão submetidos à: 1. Avaliação taxonômica (ao nível de gênero ou espécie); 2. Mensuração de medidas biométricas e anatômicas; 3. Coleta de tecidos para posterior avaliação patológica; 4. Coleta de tecidos para posterior diagnóstico de doenças infecciosas (diagnóstico diferencial); 5. Coleta de tecidos para posterior análise toxicológica.

4.4. AVALIAÇÃO TAXONÔMICA

Todos os espécimes capturados serão identificados até o menor nível taxonômico, utilizando-se principalmente as informações e chaves de identificação contidas em Gery (1977), Burgess (1989), Vari (1992), Britski et al. (1988), Reis et al. (2003), Buckup et al. (2007) e Alves & Pompeu (2010). Os nomes científicos das espécies amostradas serão atualizados de acordo com Barbosa et al. (2017) e Froese & Pauly (2019). Espécimes selecionados como material-testemunho serão fixados em formaldeído 10%, e mantidos em álcool 70°C, para posterior tombamento em coleção ictiológica. De acordo com a literatura científica disponível e o esforço amostral que



será empregado, segue abaixo uma tabela de estimativa de captura das espécies de peixes com distribuição relatada para a área de estudo proposta (Tabela 2).

A fim de dar suporte à determinação da espécie do peixe capturado, fragmento de 1 cm de nadadeira será coletado de cada animal e armazenado em tubo falcon de 15 mL contendo álcool 95%, para posterior extração de ácido nucléico e aplicação da técnica de DNA barcode usando o gene Cytochrome oxidase subunit I (COI), conforme metodologia descrita por Carvalho et al. (2011).

Tabela 2. Tabela de estimativa de coleta das espécies de peixes no Rio Paraopeba, de acordo com o esforço amostral a ser empregado e a literatura disponível¹ sobre a ictiofauna na área de estudo proposta.

Táxon/ Classificação sistemática	Nome popular	Quantidade
Ordem Characiformes		
Família Characidae		
<i>Astyanax lacustris</i>	Lambari-do-rabo-amarelo	50
<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari-do-rabo-vermelho	60
<i>Brycon orthotaenia</i>	Matrinchã	5
<i>Myleus micans</i>	Pacu	5
<i>Salminus franciscanus</i>	Dourado	10
<i>Salminus hilarii</i>	Tabarana	15
<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	20
Família Parodontidae		
<i>Apareiodon piracicabae</i>	Canivete	15
Família Anostomidae		
<i>Leporinus piau</i>	Piau-gordura	40
<i>Leporinus taeniatus</i>	Piau-jeju	30
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Piau-verdadeiro	15
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	Piau-três-pintas	20
Família Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	20
<i>Hoplias intermedius</i>	Trairão	15
Família Curimatidae		
<i>Curimatella lepidura</i>	Manjuba	15
<i>Steindachnerina elegans</i>	Saguiru	10
Família Prochilodontidae		
<i>Prochilodus argenteus</i>	Curimatã-pacu	15
<i>Prochilodus costatus</i>	Curimatã-pioa	40
Ordem Siluriformes		
Família Auchenipteridae		
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Cangati	5
Família Heptapteridae		
<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre	30
Família Pimelodidae		
<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi-amarelo	30



<i>Pimelodus pohli</i>	Mandi-branco	40
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	Surubim	5
Família Callichthyidae		
<i>Callichthys callichthys</i>	Tamboatá	10
<i>Hoplosternum littorale</i>	Tamboatá	15
Família Loricariidae		
<i>Hypostomus alatus</i>	Cascudo	40
<i>Hypostomus francisci</i>	Cascudo	50
<i>Hypostomus garmani</i>	Cascudo	20
<i>Harttia torrenticola</i>	Cascudinho	10
<i>Rineloricaria</i> sp.	Cascudo-viola	10
Ordem Gymnotiformes		
Família Gymnotidae		
<i>Gymnotus carapo</i>	Sarapó	15
<i>Eigenmannia virescens</i>	Tuvira	10
Ordem Perciformes		
Família Cichlidae		
<i>Australoheros facetus</i>	Cará-verde	10
<i>Geophagus brasiliensis</i>	Cará	20
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia-do-nilo	20
Família Sciaenidae		
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Corvina	10

¹Alves, 2007; Alves & Leal, 2010; Alves & Vono, 1999; Arantes et al., 2016; Paschoalini et al., 2019; Savassi et al., 2016.

4.5. ÍNDICES BIOMÉTRICOS

Também imediatamente após a captura, triagem e identificação do táxon, cada peixe será documentado fotograficamente, pesado e mensurado os comprimentos total e padrão.

4.6. COLETA DE TECIDOS PARA AVALIAÇÃO PATOLÓGICA

Os peixes capturados serão submetidos a eutanásia por overdose de anestésico (Benzocaína, 300 mg/L), via banho de imersão, conforme recomendação do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e previamente aprovado pela CEUA-UFMG. A morte do animal será confirmada por meio da ausência de movimento opercular. As amostras a serem coletadas nessa etapa seguirão o protocolo descrito no capítulo 3.2.6. do “Manual de Coleta de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA” (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo Federal, 2013). Os peixes eutanasiados serão submetidos a necropsia para a coleta dos seguintes órgãos: brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas



e pele. Cada órgão será fixado em formol 10% tamponado (exceto o tecido branquial que será fixado em líquido de Bouin) por 24 horas e, posteriormente, armazenados em etanol 70% em tubo falcon de 15 ou 50 mL, de acordo com a conveniência. Os tubos serão identificados através de etiquetas, onde constará o número identificador do frasco, data da coleta e pesquisador responsável. O número identificador do frasco não deverá se repetir durante todo o subprojeto e será impresso nas etiquetas também em formato de código de barras no modelo GS1-128. Após identificação dos tubos, estes serão transportados a temperatura ambiente e entregues ao CTC do Projeto Brumadinho-UFMG acompanhadas de informações relativas à amostra, à sua coleta, ao responsável pela coleta, pela auditoria da coleta, pelo transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras informações relevantes.

4.7. COLETA DE TECIDOS PARA DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL PARA DOENÇAS INFECCIOSAS

Fragmentos dos órgãos coletados de cada peixe no item anterior serão amostrados e acondicionados em tubos falcon (15 ou 50 mL) contendo álcool 95%. Os tubos serão identificados, transportados e entregues ao CTC conforme descrito no item 4.6. Este material poderá ser usado futuramente para a realização de diagnóstico diferencial, de forma a determinar que o possível achado patológico observado em um tecido animal não esteja associado a nenhum agente de cunho infeccioso (bactéria, fungos ou vírus).

4.8. COLETA DE TECIDOS PARA AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA

As amostras para avaliação toxicológica serão coletadas de acordo com o protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos. Os peixes eutanasiados serão submetidos a necropsia para a coleta de órgãos, entretanto, os tecidos coletados irão variar conforme tamanho dos peixes: peixes grandes: fígado, músculo, pele, intestino e estômago; enquanto que em peixes pequenos, alevinos e juvenis serão coletados músculo e vísceras. Os órgãos serão acondicionados em tubos individuais, identificados conforme item 4.6. e transportados sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) em prazo hábil (no máximo em 24 horas), de acordo com o boletim supramencionada, congelados ($\leq -80^{\circ}\text{C}$) após chegada ao Laboratório de Doenças de Animais Aquáticos (AQUAVET)



da EV-UFGM e encaminhados posteriormente ao CTC com as informações pertinentes ao material coletado.

4.9. GEORREFERENCIAMENTO E RASTREABILIDADE

Anterior a captura e coleta de peixes será realizada a impressão das etiquetas para os tubos falcon em pares, onde constará o número identificador do tubo, data da coleta, pesquisador responsável. O número identificador do tubo não deverá se repetir durante todo o subprojeto. Além disso, será impresso nas etiquetas também em formato de códigos de barras no modelo GS1-128.

Com relação ao georreferenciamento, será configurado o destino (ponto de coleta) no alarme de proximidade do equipamento GPS. Os pontos previamente estabelecidos (Tabela 1) deverão ser informados no equipamento GPS que deverá estar calibrado em DATUM SIRGAS2000. Quando sinalizado pelo equipamento GPS de alcance de destino, as redes de capturas serão fixadas para a realização da coleta dos animais. Cada animal capturado terá um formulário de coleta onde serão anotados os índices biométricos, a identificação do animal, e a(s) etiqueta(s) do(s) tubo(s) falcon equivalentes aos órgãos/tecidos a serem coletados. Estes tubos serão identificados com as etiquetas impressas. O preenchimento das informações do formulário de coleta de animais e de suas amostras biológicas será realizada pelos pesquisadores responsáveis.

Ao término do preenchimento, será documentado fotograficamente as coordenadas no equipamento GPS, tubos (etiquetados) com tecidos coletados por animal e formulário preenchido.

Ao retornar ao AQUAVET, o pesquisador responsável pela coleta, irá transcrever as informações no sistema de banco de dados a ser desenvolvido. Neste sistema também serão aportadas os registros fotográficos e as informações sobre auditoria da coleta, transporte e recebimento para armazenamento no CTC Brumadinho-UFGM. Esta plataforma estará disponível para consulta pelo CTC Brumadinho-UFGM, via rede mundial de computadores com acesso controlado, durante todo o subprojeto e, durante 24 meses após seu término. Ao término do subprojeto uma cópia de todas as informações do banco de dados será entregue ao CTC Brumadinho-UFGM, em mídia digital (CD, DVD ou BluRay). Todas as informações geoespaciais produzidas estarão de acordo com as normas e padrões preconizados pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais e armazenadas em DATUM SIRGAS2000. Ademais, na exportação em mídia digital, os dados comporão arquivo de dados no formato shapefile.



5. EQUIPE E PLANO DE TRABALHO DOS BOLSISTAS

Coordenador

Henrique César Pereira Figueiredo (bolsa P2)

Professor Associado II – Sanidade dos animais aquáticos, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária da UFMG.

Médico Veterinário, Doutor em Microbiologia

A jornada de trabalho média será de 04 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O coordenador será responsável por: sistematização de todo o trabalho de campo para as coletas, formação, orientação e treinamento da equipe para as atividades estabelecidas no plano de trabalho. Aquisição dos insumos necessários para a execução das atividades previstas, coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros de pessoa jurídica contratados pelo Subprojeto, elaboração de relatórios e apresentação de resultados, elaboração da prestação de contas do subprojeto; e atendimento das demandas do Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG e do Juízo.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/3340492777093358>

Pesquisadores colaboradores

Guilherme Campos Tavares (bolsa P2)

Professor Adjunto I – Sanidade dos Animais Aquáticos, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária da UFMG.

Médico Veterinário, Doutor em Ciência Animal

A jornada de trabalho será de 04 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O pesquisador colaborador será responsável por: execução das atividades de necropsia dos peixes coletados, coleta de amostras, confecção de laudos de necropsia e preenchimento das planilhas de campo; auxílio à execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto; auxílio à alocação de todos os recursos do subprojeto; auxílio à formação da equipe de execução do Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da equipe do Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/0656314462372593>

Rafael Magno Costa Melo (bolsa P2)

Professor Adjunto I – Laboratório de Ictiohistologia, Departamento de Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas da UFMG.

Biólogo, Mestre em Zoologia e Doutor em Biologia Celular.

A jornada de trabalho será de 04 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O pesquisador colaborador será responsável por: execução das atividades de captura dos peixes nas regiões de coleta do rio Paraopeba, coordenação técnica do processo de identificação taxonômica dos peixes capturados, auxílio nas atividades de necropsia e coleta de amostras, auxílio à coordenação, orientação e supervisão da equipe do



Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/1976480499198036>

Bolsistas de pós-doutorado

Pós-Doutorado Sênior (P3)

Márcia Pimenta Leibowitz

Zootecnista, Doutora em Doenças Parasitárias de Animais Aquáticos

A jornada de trabalho será de 40 horas semanais (incluindo execução aos sábados). A bolsista de pós-doutorado será responsável por: auxílio no processo de captura dos peixes, nos pontos definidos no subprojeto, identificação taxonômica das espécies de peixes capturados, auxílio à execução das atividades de necropsia, coleta de amostras e confecção de laudos de necropsia; auxílio à execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto; auxílio à formação da equipe de execução do Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/9099408889609500>

Pós-Doutorado Júnior (P4)

Felipe Luiz Pereira

Bacharel em Ciência da Computação, doutor em Bioinformática

A jornada de trabalho será de 40 horas semanais. O bolsista de pós-doutorado será responsável por: Estruturação do banco de dados para o armazenamento de todas as informações do subprojeto, identificação inequívoca de cada espécime coletado no banco de dados, organização do processo de identificação das amostras por código de barras, treinamento da equipe no uso do banco e dados, auditoria da qualidade dos dados após cada campanha de coleta de peixes nas áreas definidas, definição de todos os processos de georreferenciamento das coletas de campo e da inserção das informações no banco de dados, de acordo com as especificações da Chamada nº 04. Auxílio na confecção dos relatórios de atividades do subprojeto.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/9692510694559220>

Bolsistas de mestrado (bolsa M1)

A ser selecionado. A jornada de trabalho será de 20 horas semanais (incluindo execução aos sábados) às atividades do subprojeto. O bolsista de mestrado será responsável pelo: auxílio à execução das atividades de captura dos peixes, da necropsia e do preenchimento das informações no banco de dados.

Bolsistas de graduação/iniciação* (bolsa IX):

Dois bolsistas a serem selecionados. Acadêmicos dos cursos de Medicina Veterinária,



Ciências Biológicas ou Aquacultura da UFMG, que acompanharão e apoiarão a execução do subprojeto, especialmente na realização das capturas e coletas de amostras de peixes, bem como no preenchimento das informações no banco de dados.

6. ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO

O acompanhamento do subprojeto será realizado, a cada dois meses, pelos seguintes instrumentos/mecanismos:

- extrato financeiro fornecido pela Fundação gestora do subprojeto e;
- relatório de acompanhamento das atividades preenchido e apresentado pelo Coordenador e equipe ao Comitê Técnico Científico.
- Atendimento ao cronograma proposto, com a execução de cada uma das campanhas de coleta nos meses definidos no cronograma proposto;
- Auditoria de qualidade dos dados inseridos no banco de dados formulado para o subprojeto.

O relatório final de subprojeto e será apresentado, no máximo, até o mês seguinte ao término do subprojeto.

7. PRAZO DE VIGÊNCIA E CRONOGRAMA

O cronograma de desenvolvimento do subprojeto foi elaborado para um período de oito meses e será apresentado a seguir. Cada período apresentado corresponde a um mês (Tabela 3), a saber:

Tabela 3. Cronograma de desenvolvimento do subprojeto*.

Atividades	Meses							
	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.**	Out.
Submissão CEUA e ICMbio	X							
Formação e treinamento da equipe executora	X	X						
Obtenção de material	X	X	X	X	X			
Envio do plano amostral de coleta de animais da ictiofauna		X						
Aprovação do plano amostral			X					
Captura e coleta de peixes			X	X	X	X	X	
Elaboração do banco de dados único			X	X	X	X	X	
Redação de relatório parcial			X	X	X	X	X	
Redação de relatório final								X

* O mês de Fevereiro de 2020 será destinado à tramitação nas instâncias internas e FUNDEP.

** Caso a aprovação formal e contratação ocorra no mês de março/2020 a coleta deste mês será antecipada para o mês de agosto.



8. PLANO DE APLICAÇÃO DE RECURSO FINANCEIRO

PESSOAL		
CUSTEIO	Mensal (R\$)	Total (R\$)
Professor Pesquisador Coordenador (01 X 08)*	9.373,43	74.987,44
Professor Pesquisador Colaborador (02 X 08)*	9.373,43	149.974,88
Pós-doutorado júnior (01 X 08)	8.386,75	67.094,00
Pós-doutorado sênior (01 x 08)	8.880,09	71.040,72
Bolsista estudante de mestrado (01 X 08)	4.420,32	35.362,56
Bolsista este de graduação/iniciação científica (02 X 08)	1.478,51	23.656,16
Subtotal: R\$ 422.115,76		

MATERIAL DE CONSUMO	
EPI para coleta de material	40.000,00
Reagentes de fixação de tecidos	50.000,00
Material para planilha de coleta a campo	5.000,00
Tubos e material para acondicionamento de espécimes	50.000,00
Material para captura de espécimes da ictiofauna (redes – 2 jogos de rede por coleta, bombonas, puças, etc)	20.000,00
Material para necropsia dos espécimes	30.000,00
Combustível (estimativa de consumo aproximado de 1700 litros de combustível)	8.000,00
Colunas de filtração para aparelho de água MilliQ	4.600,00
03 HDs externos de 2 TB para backup de dados	2.500,00
Subtotal: R\$ 210.100,00	

MATERIAL PERMANENTE	
02 Aparelho de GPS (Calibração DATUM SIRGAS2000)	4.000,00
01 Impressora térmica de etiquetas	2.000,00
01 Impressora a laser	1.600,00
01 Leitor de Código de Barras Manual CCD Elgin Flash (USB)	800,00
02 Câmera Fotográfica Nikon D3400	5.000,00
01 Freezer -80°C (com nobreak interno) para armazenamento de amostras que necessitem de congelamento até serem entregues ao CTC	100.000,00
03 Notebooks para registros da atividade de campo e trabalhos no banco de dados	12.000,00
02 Balanças digitais para pesagem dos animais (capacidade até 40 kg)	800,00
02 Balanças digitais para pesagem dos animais (capacidade até 1 kg, com precisão de 0,1 g)	1.000,00
01 Capela de fluxo laminar para processamento de espécimes biológico	28.000,00
01 Capela de exaustão de gases para troca do líquido de Bouin para álcool 70%, antes das amostras serem encaminhadas ao CTC.	7.000,00
Subtotal: R\$ 162.200,00	



SERVIÇOS DE TERCEIROS	
Diária dos pesquisadores (Base do cálculo no Decreto no 6.907/2009 que prevê o valor de diária de R\$177,00)	33.984,00
Contrato de serviço de apoio à montagem de rede de pesca, captura dos peixes e transporte fluvial.	18.000,00
Aluguel de caminhonete 4x4 (2 carros, 8 coletas, três dias por coleta)	16.800,00
Contratação de serviço de adequação de estrutura física da sala de processamento de materiais biológicos do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva (DMVP) – Grande número de animais a serem processados simultaneamente demanda uma adequação do ambiente de processamento.	80.000,00
Serviço de manutenção para nobreaks – equipamentos de armazenamento do laboratório AQUAVET possuem sistema de nobreaks que demandam de manutenção.	18.000,00
Descarte de carcaças (incineração) estocadas na sala de necropsia da EV-UFMG/custos com descarte de carcaças de peixes capturados (baseado no valor médio de descarte de R\$4,50 por Kg de carcaça)	10.000,00
Subtotal: R\$176.784,00	
Subtotal geral: R\$ 971.199,76	

DESPESAS OPERACIONAIS	
2% UFMG	22.851,76
10% Escola de Veterinária	114.258,80
Manutenção da estrutura de laboratórios do DMVP	34.277,64
Subtotal: R\$ 171.388,19	
TOTAL GERAL DO SUBPROJETO (em reais)	
	1.142.587,95

* Declaro que sou responsável única e exclusivamente pelo controle da soma de minha remuneração, retribuições e bolsas para que não exceda o maior valor recebido pelo funcionalismo público federal, nos termos do artigo 37, XI, da Constituição Federal.

9. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Bimestre	Valor
Primeiro bimestre (aquisição de todo material permanente, e adequações das instalações)	R\$ 500.000,00
Segundo bimestre	R\$ 200.000,00
Terceiro bimestre	R\$ 200.000,00
Quarto bimestre	R\$ 216.879,72



10. PRODUTOS ESPERADOS*

- Plano amostral de coleta de amostras da ictiofauna para análises patológicas e toxicológicas,
- Banco de dados com as informações da localização da coleta, peixes coletados, espécies, medidas biométricas e órgãos coletados
- Coleção de amostras oriundas de peixes da Bacia do Rio Paraopeba fixadas (para análise patológica e detecção de agentes patogênicos) e criopreservadas (para análise toxicológica).

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”

11. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.

Alves, C.B.M. & Leal, C.G. 2010. Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. *MG Biota*, 2(6): 26-50.

Alves, C.B.M. 2007. Evaluation of fish passage through the Igarapé Dam fish ladder (rio Paraopeba, Brazil), using marking and recapture. *Neotropical Ichthyology*, 5(2):233-236.

Alves, C.B.M.; P.S. Pompeu (2010). Peixes do rio das Velhas: passado e presente, (2ª ed.). Belo Horizonte: Segrac.

Alves, C.B.M.; Vono, V. 1999. Ampliação da área de distribuição natural de *Hysteronotus megalostomus* Eigenmann, 1911 (Characidae; Glandulocaudinae), fauna associada e características do hábitat no rio Paraopeba, bacia do rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS - série Zoologia*, 12: 31-44.

Arantes, F.P., Savassi, L.A., Santos, H.B., Gomes, M.V.T., Bazzoli, N. 2016. Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 88, 1-11.

Avigliano, E. ; Monferrán, M. V.; Sánchez, S. et. al. Distribution and bioaccumulation of 12 trace elements in water, sediment and tissues of the main fishery from different



environments of the La Plata basin (South America): Risk assessment for human consumption. *Chemosphere*. 236: 124394, 2019.

Barbosa, J.M.; Soares, E.C.; Cintra, I.H.A.; Hermann, M. & Araújo, A.R.R. 2009. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 5(1): 70-90.

Blakley B.R. Overview of copper poisoning. In: Aiello, S.E., Moses, M.A., editors. *Merck Veterinary Manual*. 11th edition. Kenilworth, NJ: Merck & Co. 2016.

Britski, H.A.; Sato, Y. & Rosa, A.B.S. 1988. Manual de Identificação de Peixes da Região de Três Marias - Com Chaves de Identificação para os Peixes da Bacia do São Francisco. Brasília, CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca, 2^a. ed., 115 p.

Buckup, P.A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M.S. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 195 p.

Burguess, W.E. 1989. An Atlas of Freshwater and Marine Catfishes. TFH, Neptune City, 785 p.

Carvalho, D. C.; Oliveira, D. A. A.; Pompeu, P. S.; Leal, C. G.; Oliveira, C; Hanner, R. Deep barcode divergence in Brazilian freshwater fishes: the case of the São Francisco River basin. *Mitochondrial DNA*, 22, sip. 1, p. 80-86, 2011.

Ctaft, M. Infectious disease transmission and contact networks in wildlife and livestock. *Philosophical transactions Royal Society B*. 370: 20140107, 2015.

Day, N. K.; Schmidt, T. S.; Roberts, J. J. et. al. Mercury and selenium concentrations in fishes of the Upper Colorado River Basin, southwestern United States: A retrospective assessment. *Plos One*, 15 (1): e0226824, 2020.

Figueiredo, H. C. P.; Leal, C. A. G. ; Goulart, M.B. Programas de repovoamento de peixes em rios: que riscos sanitários podem estar associados?. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, p. 40 - 45, 30 nov. 2008.

Figueiredo, H. C. P.; Leal, C. A. G. ; Mian, Gláucia F. ; et. al. experiência do AQUAVET na investigação de doenças de peixes nativos.. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, p. 24 - 29, 01 jul. 2010.

Froese, R., Pauly, D. Editors. 2019. FishBase. Available at: www.fishbase.org, version (08/2019).

Géry, J. 1977. Characoids of the world. Tropical Fish Hobbyist Publications, Inc., Neptune City, NJ.

Hatje V., Pedreira R.M.A., Rezende C.E., et al. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. *Scientific Reports*. 7(1):10706, 2017.



Kossoff D., Dubbin W.E., Alfredsson M., et al. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*. 51:229-245, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 20, DE 26 DE JULHO DE 2018. Plano de amostragem e limites de referência para o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal – PNCRC de 2018 para as cadeias de carnes bovina, suína, caprina, ovina, equina, coelho, aves, avestruz, de leite, pescado, mel e ovos.

Meena, R. A. L., Sathiskumar, P, Ameen, F. et. al. Heavy metal pollution in immobile and mobile components of lentic ecosystems – a review. *Environm. Sci. Poll. Res.* 25: 4134-4148, 2018.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. Manual de Coleta de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA” (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo Federal, 2013.

Paschoalini, A.L., Savassi, L.A., Arantes, F.P., Rizzo, E., & Bazzoli, N. 2019. Heavy metals accumulation and endocrine disruption in *Prochilodus argenteus* from a polluted neotropical river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 539–550.

Reis, E.; Kullander, S.O.; Ferraris, JR. C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central América. Ed. PUCRJ. Porto Alegre. 729 p.

Richards, J.; Farrel, A.; Brauner, C. Fish physiology: Hypoxia. Cambridge, Academic Press, 2009, 517p. ISBN: 9780123746320.

Savassi, L.A.; Arantes, F.P.; Gomes, M.V.T. & Bazzoli, N. 2016. Heavy metals and histopathological alterations in *Salminus franciscanus* (Lima & Britski, 2007) (Pisces: Characiformes) in the Paraopeba River, Minas Gerais, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 96(4):478-483.

USGS. U.S. Geological Survey. Schmitt, C. J.; Blazer, V. S.; Dethloff, G. M. et al. Biomonitoring of Environmental Status and Trends (BEST) Program: field procedures for assessing the exposure of fish to environmental contaminants. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Columbia, (MO): information and Technology Report USGS/BRD-1999-007, 1999.

Vari, R. P. 1992. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Cyphocharax* Fowler (Pisces: Ostariophysi). *Smithsonian Contributions to Zoology* Nº 529. Washington. 137 pp.

Belo Horizonte, 15 de janeiro de 2020.



Henrique César Pereira Figueiredo
Coordenador do Subprojeto – Chamada 04/2019.



Centro de Transposição de Peixes
Departamento de Zoologia
Universidade Federal de Minas Gerais

COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAPEBA
PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

Proposta apresentada ao
Comitê Técnico Científico do
Projeto Brumadinho-UFMG

Belo Horizonte
Janeiro de 2020



INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão em 25 janeiro de 2019 no município Brumadinho foi um dos maiores desastres socioambientais da história brasileira (França, 2018). Na ocasião do rompimento, a barragem acumulava 12,7 milhões de m³ de rejeito de mineração. A maior parte do rejeito foi carregada para jusante, destruindo 292 hectares, dos quais 150 hectares de vegetação nativa (SEMAD, 2019) e provocando a morte de 259 pessoas e o desaparecimento de outras 11.

O rejeito desceu pelo córrego Ferro-Carvão e atingiu a calha do rio Paraopeba a 8,5 km de rio (kmr) do local do rompimento. Houve aumento de cerca de 750 vezes na turbidez da água do rio Paraopeba comparada à turbidez da série histórica (IGAM, 2019) e expressivo impacto na sua biota. O IBAMA constatou mortalidade aguda de peixes causada pelo rompimento no encontro do córrego Ferro-Carvão com o rio Paraopeba entre 26 e 31 de janeiro de 2019 e após algumas chuvas de maior intensidade, ocorridas em 16 e 17 de fevereiro (IBAMA, 2015). Ao todo, foram recolhidas 1.773 carcaças de peixes, sendo 98% coletados no rio Paraopeba entre o córrego Ferro-Carvão e a Usina Termoeletrica de Igarapé, em Juatuba. Além disso, em 12 e 13 de março de 2019, 306 carcaças de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) foram recolhidas a jusante da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, localizada no baixo rio Paraopeba, a cerca de 370 kmr da Barragem I. Estudo elaborado antes do rompimento da barragem da Barragem I já previa o impacto desse tipo de ocorrência nos peixes do rio Paraopeba. Ele sugeriu que o rompimento poderia levar a extinção local de 14 espécies endêmicas do rio São Francisco, 10 espécies de interesse comercial, 7 espécies reofílicas e 2 espécies de cabeceira (França, 2018).

O rompimento da barragem em Brumadinho foi semelhante ao ocorrido no município de Mariana em 2015 quando uma outra se rompeu levando ao falecimento de 19 pessoas, alterando o abastecimento de água de centenas de milhares de pessoas e afetando mais de um milhão de habitantes (Fernandes et al., 2016). O rompimento da barragem em Mariana levou a perda total e irrecuperável de habitats aquáticos ao longo de dezenas de kmr além de impactar uma vasta região oceânica a partir da foz do rio Doce. É muito provável que os efeitos do rompimento de barragem em Brumadinho não sejam inferiores aos impactos provocados pelo rompimento da barragem em Mariana. Mas poucos estudos já foram publicados sobre esses impactos, dado o pouco tempo ocorrido do rompimento ou por não ter havido tempo suficiente para que alguns impactos sejam manifestados devido à latência (atraso) nas respostas biológicas.



Os impactos imediatos do rompimento da barragem em Mariana foram a destruição completa de habitats aquáticos e elevada mortalidade de diferentes espécies de peixes pelo soterramento (Figura 1). Em médio e longo prazos, o rompimento levou ao aumento dos sedimentos e da turbidez ao longo do rio Doce, até a sua foz, distante cerca de 800 km do local do acidente. O aumento do sedimento em suspensão, principalmente o composto por pequenas partículas, leva ao entupimento de brânquias. Os metais pesados do rejeito, como alumínio, cobre, arsênio, cádmio, cromo e chumbo, possuem diversos efeitos adversos na ictiofauna (ICMBIO, 2016; Gomes et al., 2018; Bonecker et al., 2019). Experimento expondo exemplares do peixe *Geophagus brasiliensis* à água do rio Doce após o rompimento da barragem em Mariana indicou elevado grau de genotoxicidade da água. A presença de metais pesados, principalmente cobre, acarretou no aumento do número de eritrócitos micronucleares no índice de dano no DNA dos indivíduos (Gomes et al., 2018). Outros estudos expondo indivíduos do peixe *Oreochormis niloticus* as águas contaminadas do rio Doce também apresentaram resultados semelhantes (Vargas, 2017).



Figura 1: Carcaças de peixes do rio Doce próximos à ponte de Queimada Grande, adjacente ao Parque Estadual do Rio Doce, após o rompimento da barragem do Fundão de 2015 (Fotos: Elvira Nascimento).

Laudos sobre qualidade da água na foz do rio Doce indicaram aumento de 20 vezes na concentração de ferro e 6 vezes na de alumínio comparada à da série histórica (ICMBIO, 2016). O mesmo laudo apontou para concentrações de arsênio, cádmio e chumbo superiores aos permitidos pela legislação para produtos alimentícios em tecidos dos peixes marinhos linguado (*Pseudopleuronectes americanus*), peroá (*Balistes capriscus*) e peixe-rocador (*Condon nobilis*) amostrados a centenas de quilômetros da foz do rio Doce (ICMBIO, 2016).



Amostragem feita na foz do rio Doce, entre janeiro e abril de 2016, identificou sedimentos avermelhados aderidos aos corpos de algumas espécies de peixes (*Choloroscombrus chrysurus*, *Stellifer* spp. e *Trinectes paulistanus*). Foram também observados danos nos tratos digestivos de alguns indivíduos de *C. chrysurus* e de *Monacanthus ciliatus* coletados em abril de 2016 (Bonecker et al., 2019).

Ainda mais alarmantes são evidências do acúmulo de metais essenciais e pesados em tecidos de raias (*Narcine brasileinsis*) coletadas no mar a 300 km da foz do rio Doce, i.e., a mais de mil quilômetros de distância do local do rompimento da barragem de Mariana. A contaminação foi encontrada em diferentes tecidos como gônadas, músculo, órgãos elétricos, brânquias e fígado, com consequências deletérias potenciais para reprodução, o comportamento e a sobrevivência dos indivíduos (Lopes et al., 2019). Além disso, esse estudo indicou que os embriões dos indivíduos contaminados também estavam contaminados, configurando evento de transferência maternal e gerando preocupação ainda maior sobre os efeitos de rompimentos em longo prazo nas populações de peixes (Alves, 2012).

Em muitos casos, mesmo que os contaminantes ocorram em baixa concentração no ambiente, eles podem estar presentes em maiores concentrações nos peixes, particularmente nos predadores de topo de cadeia dado o efeito da bioacumulação.

Cabe pontuar que o estudo histopatológico e ecotoxicológico de peixes afetados por rompimentos de barragens de rejeito possui importância não somente à conservação da biodiversidade aquática, mas também para a saúde e política públicas. Nesse sentido, torna-se fundamental a mensuração de contaminantes como metais pesados, essenciais e compostos orgânicos tóxicos nos peixes em corpos d'água afetados por rompimento de barragem de rejeito, bem como o monitoramento de tais parâmetros ao longo prazo.

OBJETIVOS

O objetivo geral desta proposta é realizar a confecção de plano amostral e, posteriormente, a captura (de acordo com o plano confeccionado) de exemplares da ictiofauna na bacia do Rio Paraopeba, para coleta de amostras biológicas para futuras análises patológicas e toxicológicas.

E os objetivos específicos são: (i) confeccionar plano amostral, de acordo com metodologia científica aceita nacional ou internacionalmente, para monitoramento de ictiofauna; (ii) coletar as principais espécies de peixes da bacia do rio Paraopeba a jusante do córrego Ferro-Carvão; (iii) identificar os peixes coletados a nível de gênero ou espécie e



determinar as principais medidas biométricas e anatômicas desses animais; (iv) coletar e fixar amostras de órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) para análise histopatológica dos peixes coletados; e (v) coletar órgãos (fígado, musculo, pele, intestino e estômago) para análise toxicológica (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos) dos peixes amostrados.

Além dos objetivos específicos acima, que são os mesmos definidos na Chama Pública Interna Induzida 04/2019, a presente proposta tem como objetivo específico realizar coleta piloto para determinar o número de indivíduos (tamanho amostral) a ser coletado por espécie para as análises histopatológicas e o esforço de pesca necessário para alcançar esse número.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta piloto

A amostragem de peixes da coleta piloto será feita em seis pontos de coleta localizados no rio Paraopeba a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão. Amostragem em outros pontos de coleta poderão ser conduzidos. Cada ponto de coleta será amostrado por até três dias. Localização dos pontos de coleta a serem amostrados é:

PC1 – 2 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão (coordenadas 23K 585896E 7771686S, município de Brumadinho, Fig. 2);

PC2 – 32 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à UTE de Igarapé (coordenadas 23K 575208E 7792410S, município de Juatuba, Fig. 3);

PC3 – 114 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo a ponte da MG-238 (coordenadas 23K 545967E 7835428S, município de Cachoeira da Prata);

PC4 – a 194 kmr da jusante da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à ponte da MG-420 (coordenadas 23K 531423E 7879993S, município de Curvelo);

PC5 – a 224 kmr a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à Cachoeira do Choro (coordenadas 23 K 528196 7896982, município de Pompeu, Fig. 4); e

PC6 – a 256 kmr a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão, no reservatório de Retiro Baixo (23K 523477E 7911565S, municípios de Pompeu e Curvelo, Fig. 5).

A captura dos peixes será feita por pescadores locais supervisionados por biólogo. Diferentes petrechos de pesca serão empregados para a amostragem da maior diversidade possível de espécies e de dietas, além de tamanhos. Entre os petrechos de pesca a serem



utilizados incluem anzóis, peneiras, tarrafas, rede de arrasto e redes de espera de malhas de 3 a 12 cm. Outros petrechos de pesca poderão ser utilizados caso a necessidade de seu uso seja detectada. Estima-se que serão capturados até 300 espécimes na coleta piloto.

Após a despesca, os peixes vivos serão eutanasiados em água contendo 200 mg.L⁻¹ de eugenol. Cada espécime será, então, identificado ao nível de específico (de preferência) ou gênero por biólogo, pesado, medido e alterações macroscópicas e anomalias anatômicas ou fisiológicas classificadas e quantificadas por médico veterinário.

De cada espécime serão também retiradas amostras para avaliação toxicológica de acordo com protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais pesados. Os órgãos (peixes grandes: fígado, músculo, pele, intestino e estômago; peixes pequenos, alevinos e juvenis: músculo e vísceras) serão acondicionados em tubos individuais e mantidos sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) até congelamento. De cada um deles, será determinada a concentração de arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio.

Tamanho amostral

Os dados obtidos de cada espécie na coleta piloto serão utilizados na análise de poder para determinar o tamanho amostral a ser alcançado no Plano Amostral Final (PAF) de acordo com Cohen (1988). O tamanho amostral será determinado apenas para as análises patológica.

O cálculo do tamanho amostral será feito para as patologias (alterações e anomalias anatômicas ou fisiológicas) macroscopicamente identificáveis em campo. Para cada uma delas, a frequência de ocorrência da patologia na amostra será utilizada para calcular o tamanho da amostra necessário para estimar a frequência de ocorrência da patologia na população com acurácia de 5% e intervalo de confiança de 95% para tamanho populacional de 100 mil. Esses cálculos serão conduzidos separadamente para cada espécie utilizando-se a calculadora disponível em <https://select-statistics.co.uk/calculators/sample-size-calculator-population-proportion/>. No PAF, será adotado para as coletas das amostras destinadas à análise histopatológica o maior tamanho amostral obtido entre todas as patologias observadas para cada espécie.

A coleta piloto também fornecerá dados para estimar o esforço de pesca a ser empregado no PAF necessário para atingir o tamanho amostral para as análises histopatológica. Para isso, será determinada a captura por unidade de esforço de pesca (CPUE) para cada espécie utilizando-se a equação $CPUE = N \cdot EP^{-1}$, onde N = número de indivíduos capturados e EP = esforço de pesca (Hubert & Fabrizio, 2007). Como diversos petrechos de pesca serão



utilizados na captura de peixes, a CPUE será calculada por petrecho. Assim, o esforço de pesca será o tempo de pesca para anzol, número de peneiradas, número de lances da tarrafa, área amostrada com a rede de arrasto e área da rede de espera. Petrecho de pesca com pequena CPUE deverá ser eliminado do PAF, exceto se ele amostrar, em quantidade suficiente, determinada espécie que não seja capturada por outro petrecho qualquer.

A lista das espécies de peixes amostradas na coleta piloto será comparada à lista de 95 espécies de peixes da bacia rio Paraopeba de Alves & Leal (2010) para verificar se as principais espécies de peixes da bacia foram amostradas. Caso todas elas tenham sido amostradas na coleta piloto, os mesmos pontos de amostragem utilizados nessa coleta tenderão a ser utilizados no PAF. Caso contrário, outros pontos de amostragens deverão ser incluídos no PAF.

Plano Amostral Final

Quatro campanhas de 15 dias serão conduzidas no PAF para a coleta de peixes. A cada campanha, as coletas serão realizadas em, pelo menos, seis pontos de coletas ao longo do rio Paraopeba. A princípio, as coletas ocorrerão nos mesmos pontos da coleta piloto, mas novos pontos de coleta poderão ser incluídos, enquanto pontos de coleta já amostrados poderão ser excluídos dependendo dos resultados obtidos na coleta piloto. Cada ponto de coleta será amostrado por um a três dias a cada campanha. Estima-se que serão capturados de 600 a 900 peixes por campanha.

A metodologia do PAF seguirá, em linhas gerais, a metodologia adotada na coleta piloto. Assim, a equipe de campo será composta por um doutor coordenador e duas turmas: a de captura e a de processamento. A equipe de captura será formada por um biólogo e dois ou mais pescadores, enquanto a turma de processamento, por um veterinário patologista e dois técnicos ambientais. A equipe de captura ficará responsável pela captura, eutanásia e identificação taxonômica dos peixes, e a turma de processamento pela biometria, observação anatomofisiológica e coleta de amostras para análises histopatológicas e toxicológicas.

A captura dos peixes será realizada pelos pescadores supervisionados por biólogo. A captura deverá ser feita com os mesmos petrechos de pesca utilizados na coleta piloto, mas outros petrechos de pesca também poderão ser utilizados caso a necessidade de seu uso seja percebida. Após a captura, os peixes serão eutanasiados em água contendo 200 mg/L de eugenol. Eles serão, então, identificados a nível de gênero ou espécie e entregues à equipe de processamento. Essa equipe medirá o peso e os comprimentos total e padrão de cada exemplar. Eles serão examinados por médico veterinário para alterações macroscópicas e



anomalias anatômicas ou fisiológicas nos animais, não associadas a captura, que terão registro fotográfico e escrito.

Amostras para fins de avaliação patológica serão coletadas de acordo com protocolo descrito no capítulo 3.2.6 do “Manual de Coleta e Remessa de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA, (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo Federal, 2013). Os órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) serão fixados em formol 10% tamponado por pelo menos 24 horas e posteriormente armazenados em etanol 70% em tubos herméticos.

As amostras para avaliação toxicológica serão coletadas de acordo com protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos. Os órgãos (peixes grandes: fígado, musculo, pele, intestino e estômago; peixes pequenos, alevinos e juvenis: musculo e vísceras) serão acondicionados em tubos individuais e transportados sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) em prazo hábil, de acordo com o boletim supramencionado, para criopreservação.

As amostras serão acondicionadas em frascos identificados por código de barras GS1-128 ou identificação equivalente. Os frascos serão entregues ao Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho-UFMG. Eles irão acompanhados de informações sobre a amostra, sua coleta, o responsável pela coleta e pela auditoria da coleta, o transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras informações relevantes. O PC de cada amostra será georreferenciado por GPS (calibração DATUM SIRGAS2000). Indivíduos testemunho de cada espécie serão utilizados para confirmação taxonômica em laboratório e tombamento na coleção ictiológica do CEFET-MG.

Todas as capturas de peixes estarão respaldadas pela Licença Permanente para a Coleta de Material Zoológico número de 10306-1 de 16/09/2007 emitida pelo IBAMA em nome de Alexandre Lima Godinho, coordenador da presente proposta.



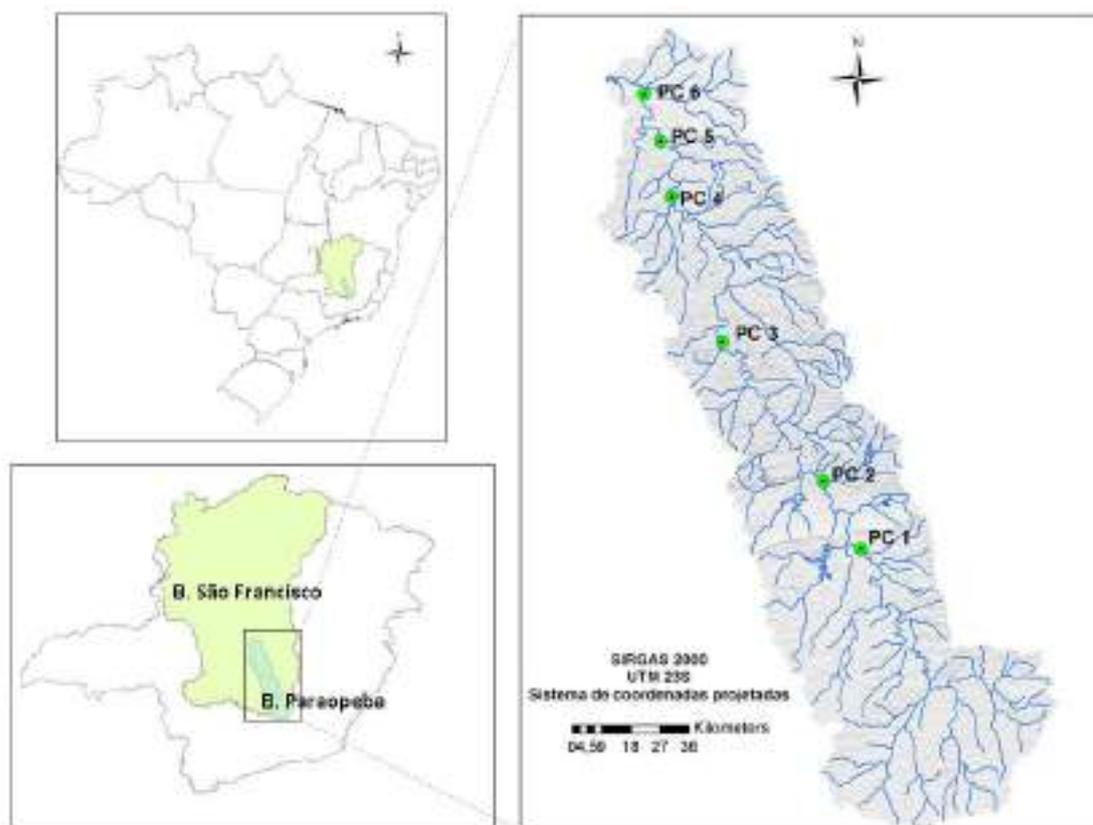


Figura 1: Bacia do rio Paraopeba com a indicação dos pontos de coleta (PC) da coleta piloto.



Figura 2: Ponto de coleta 1 próximo a foz do córrego Carvão-Feijão no alto rio Paraopeba.





Figura 3: Ponto de coleta 2 a jusante da UTE de Igarapé no médio rio Paraopeba.



Figura 4. Ponto de coleta 5 no distrito de Cachoeira do Choro, Curvelo, baixo rio Paraopeba.





Figura 5: Ponto de coleta 6 localizado no reservatório de Retiro Baixo no baixo rio Paraopeba.



EQUIPE

Bolsistas

- Prof. Alexandre L. Godinho (coordenador geral; <http://lattes.cnpq.br/1973152154381987>)
- Prof. Thiago C. Ribeiro (coordenador de equipe de campo; <http://lattes.cnpq.br/4910607492644260>)
- Pós-Doutorado Sênior (coordenador de equipe de campo, a indicar)

Autônomos

- Biólogo (coordenador da turma de captura, a indicar)
- Médico Veterinário (coordenador da turma de processamento, a indicar)
- Técnico em meio ambiente (a indicar)
- Técnico em meio ambiente (a indicar)

PLANO DE TRABALHO DOS BOLSISTAS

Os bolsistas deste projeto ficarão responsáveis pela coordenação geral do projeto e pela coordenação da equipe de campo. A coordenação geral ficará responsável pela contratação e admissão dos autônomos, execução financeira e revisão dos relatórios parcial e final. Será também responsabilidade da coordenação geral o treinamento da equipe, particularmente nas atividades de campo. A coordenação do campo, juntamente com os coordenadores de campo, instruirá os demais membros da equipe de campo, inclusive os pescadores, sobre as técnicas adequadas de amostragem, manuseio, eutanásia e coleta, etiquetagem e conservação de amostras.

Os coordenadores de campo ficarão responsáveis pelas campanhas de campo. Assim, compete a eles organizarem todo o material a ser utilizado em campo, bem como, planejar o roteiro e a logística. Será também responsabilidade deles que a captura, o manuseio, a eutanásia e a coleta, a etiquetagem e a conservação das amostras sejam feitas de acordo com o treinamento realizado. Os coordenadores de campo serão responsáveis pela entrega das amostras ao CTC, juntamente com as informações relativas à amostra, à sua coleta, ao responsável pela coleta, pela auditoria da coleta, pelo transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras. Os coordenadores elaborarão os relatórios parcial e final.



ORÇAMENTO

Item de dispêndio	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Pessoal				
Professor Pesquisador/Extensionista Doutor (Código P2)	Mês	5	9.373,43	46.867,15
Professor Pesquisador/Extensionista Doutor (Código P2)	Mês	5	7.030,00	35.150,00
Pós-Doutorado Sênior (Código P3)	Mês	5	8.880,09	44.400,45
Técnico graduado: Biólogo	Mês	5	7.400,08	37.000,40
Técnico graduado: Médico Veterinário	Mês	5	7.400,08	37.000,40
Técnico de meio ambiente	Mês	10	1.458,71	14.587,10
Pescador	Diária	300	170,00	51.000,00
Subtotal				266.005,50
Material permanente				
Balança Pesola	Unidade	4	350,00	1.400,00
Impressora de código de barra	Unidade	1	1.600,00	1.600,00
Microscópio estereoscópico (c/ lâmpada de reposição)	Unidade	1	10.000,00	10.000,00
Notebook	Unidade	2	2.500,00	5.000,00
Subtotal				18.000,00
Material de consumo				
Álcool	Galão 5L	60	48	2.880,00
Caixa isotérmica	Unidade	10	150,00	1.500,00
Caixa para transporte de amostras histopatológicas	Unidade	6	150,00	900,00
Cassetes histológicos	Pacote	41	115,00	4.715,00
Diesel para Mitsubishi	L	500	3,80	1.900,00
Diversos				5.000,00
EPI	Kit	10	500,00	5.000,00
Formol	Galão 5L	60	80	4.800,00
Frascos para armazenamento de cassetes histológicos	Pacote	29	40,00	1.160,00
Gasolina com óleo dois tempos para motor de popa	L	350	5,00	1.750,00
Gasolina para Strada	L	500	4,80	2.400,00
Gelo	Pacote	80	25	2.000,00
Lacre numerado	Pacote	2	250	500,00
Material cirúrgico	Kit	4	400,00	1.600,00
Material de escritório	Kit	4	50	200,00
Material de pesca (redes, tarrafas, varas, peneiras)	kit	10	1.200,00	12.000,00
Mesa de campo	Unidade	4	500,00	2.000,00
Papel a prova d'água A4	Pacote	3	181,00	543,00
Sacos plásticos	Pacote	10	55	550,00
Toldo	Unidade	2	3.000,00	6.000,00
Tubos Falcon	Pacote	225	50	11.250,00
Subtotal				68.648,00
Serviços de terceiros				
Aluguel camionete tipo Fiat Strada	Diária	75	120,00	9.000,00
Aluguel camionete tipo Mitsubishi L200	Diária	75	380,00	28.500,00
Aluguel de barco e motor de popa	Diária	75	250,00	18.750,00
Subtotal				56.250,00
Diária				
Diária	Dias	525	177,00	92.925,00
Subtotal				92.925,00
Total parcial				501.828,50
Taxas UFMG				68.431,16
TOTAL				570.259,66



O material permanente listado do orçamento será necessário para pesagem dos peixes (balanças), imprimir etiquetas para rotulagem de frascos contendo amostras para análises histopatológicas e toxicológicas (impressora), confirmação taxonômica dos peixes (microscópio estereoscópico) e coleta de dados em campo (notebook).

CRONOGRAMA EXECUTIVO

Atividade	Mês				
	1	2	3	4	5
Coleta piloto	■				
Análise de dados	■				
Envio do Plano de Trabalho Final		■			
Coleta de amostras do Plano de Trabalho Final		■	■	■	■
Entrega de amostras e dados ao CTC		■	■	■	■
Entrega de relatórios parcial e final			■	■	■

INDICADORES DE CUMPRIMENTO DE ATIVIDADES E FASES

Atividade	Indicador de cumprimento
Coleta piloto	Dados e amostras dos peixes coletados
Análise de dados	Tamanho amostral e esforço de pesca determinados
Envio do Plano de Trabalho Final	Entrega do Plano de Trabalho Final
Coleta do Plano de Trabalho Final	Entrega de amostras e dados ao CTC
Entrega de relatórios parcial e final	Entrega de relatórios parcial e final

CRONOGRAMA DE DESPESAS, AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS DE TERCEIROS

Rubrica	Mês				
	1	2	3	4	5
Pessoal	■	■	■	■	■
Material permanente	■				
Material de consumo	■	■	■	■	■
Serviços de terceiros	■	■	■	■	■
Diária	■	■	■	■	■

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Rubrica	Mês					Total
	1	2	3	4	5	
Pessoal	53.201,10	53.201,10	53.201,10	53.201,10	53.201,10	266.005,50
Material permanente	18.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.000,00
Material de consumo	17.500,00	12.787,00	12.787,00	12.787,00	12.787,00	68.648,00
Serviços de terceiros	11.250,00	11.250,00	11.250,00	11.250,00	11.250,00	56.250,00
Diária	18.585,00	18.585,00	18.585,00	18.585,00	18.585,00	92.925,00
Taxas	16.164,01	13.066,79	13.066,79	13.066,79	13.066,79	68.431,16
Total	134.700,11	108.889,89	108.889,89	108.889,89	108.889,89	570.259,66



REFERÊNCIAS

- Alves, C. B. M. (2012). A ictiofauna e a escada experimental para peixes do rio Paraopeba-UTE Igarapé, bacia do rio São Francisco (Minas Gerais), pp. 59–81. In: Lopes, J. M. & Silva, F. O. (org.) *Transposição de Peixes*. Belo Horizonte: Cemig. 173p.
- Alves, C. B. M. & Leal C. G. (2010). Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. *MG.Biota*, 2(6), 26–50.
- Bonecker, A. C. T., de Castro, M. S., Costa, P. G., Bianchini, A., & Bonecker, S. L. C. (2019). Larval fish assemblages of the coastal area affected by the tailings of the collapsed dam in southeast Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100848.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. s.l.: Lawrence Erlbaum. 567pp.
- Fernandes, G. W., Goulart, F. F., Ranieri, B. D., et al. (2016). Deep into the mud: Ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. *Natureza & Conservação*, 14(2), 35–45.
- França, L.E. (2018). *Barragem de rejeito não seguras da bacia do Paraopeba, Minas Gerais: riscos para os recursos hídricos e a ictiofauna*. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
- Gomes, L. C., Chippari-Gomes, A. R., Miranda, T. O. & et al. (2018). Genotoxicity effects on *Geophagus brasiliensis* fish exposed to Doce River water after the environmental disaster in the city of Mariana, MG, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 659–664.
- Hubert, W.A. and Fabrizio, M.C., 2007. Relative abundance and catch per unit effort, pp. 279-325. In: Guy, C. S. & Brown M. L. (ed.) *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*. Bethesda: American Fisheries Society.
- IBAMA. (2015). *Laudo técnico preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais [Preliminary technical report: environmental impacts of the disaster involving the disruption of Fundão dam in Mariana, Minas Gerais]*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- ICMBIO. (2016). *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Resultados preliminares da avaliação do impacto do acidente da Samarco no ambiente marinho. Ofício nº 225/2016—GABI/PRES/ICMBio. Brasília, 22 de março de 2016*. Recuperado de http://www.mpf.mp.br/es/sala-de-imprensa/docs/doc-3_20160036149-1-ibama.pdf
- IGAM (2019). *Informativo nº 32-Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no*

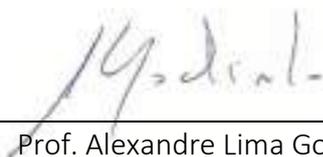


complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho-Minas Gerais. s.l. IGAM. 141 p.

Lopes, C. A., Araujo, N. L. F., Rocha, L. & et al. (2019). Toxic and essential metals in *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Narcinidae): A baseline ecotoxicological study in the Southeast Atlantic and preliminary maternal transfer implications. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110606.

SEMAD (2019). Nota de esclarecimento 13 – Desastre Barragem B1. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3757-nota-de-esclarecimento-13-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 06/12/2019

Vargas, I.B., Mainardi, V.F., Aguiar, L.L., de Souza, D.L., Piedade, A.E., Rangel, T.P., de Almeida, D.Q.R., Mendonça, P.P., de Rezende, C.E., de Oliveira David, J.A., Vergilio, C.S (2017). Potencial mutagênico e genotóxico de peixes expostos ao sedimento do rio Doce após o rompimento da barragem. *Revista Univap*, 22(40), 595.



Prof. Alexandre Lima Godinho



TERMO DE ANUÊNCIA

Para fins de atendimento à CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 04/2019 – COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAOPÉBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA, do PROJETO BRUMADINHO – UFMG, eu, Kelly Moura Keller, na condição de Chefe do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva (DMVP), da Escola de Veterinária da UFMG, confirmo a participação dos pesquisadores abaixo, no projeto "COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAOPÉBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA" e me comprometo a disponibilizar as instalações e equipamentos do Departamento, para a execução das atividades previstas no projeto, de acordo com o cronograma apresentado.

Participantes:

Coordenador – Prof. Henrique César Pereira Figueiredo – DMVP

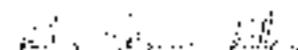
Sub-coordenador – Prof. Guilherme Campos Tavares – DMVP.

Cronograma:

Previsão de início: 03/2020

Duração: oito meses.

Atividades	Meses							
	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.
Submissão CFUA e ICMbio	X							
Formação e treinamento da equipe executora	X	X						
Obtenção de material	X	X	X	X	X			
Envio do plano amostral de coleta de animais da ictiofauna		X						
Aprovação do plano amostral			X					
Captura e coleta de peixes				X	X	X	X	
Elaboração do banco de dados único				X	X	X	X	
Redação de relatório parcial				X	X	X	X	
Redação de relatório final								X


Prof. Kelly Moura Keller

Chefe do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva

TERMO DE ANUÊNCIA

Para fins de atendimento à CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 04/2019 – COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAOPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA, do PROJETO BRLMADINHO – UFMG, eu, Kelly Maura Keller, na condição de Chefe do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva (DMVP), da Escola de Veterinária da UFMG, confirmo a participação dos pesquisadores abaixo, no projeto “COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAOPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA” e me comprometo a disponibilizar as instalações, equipamentos e suporte administrativo, para a execução das atividades previstas no projeto, de acordo com o cronograma apresentado.

Participantes:

Coordenador – Prof. Henrique César Pereira Figueiredo – DMVP

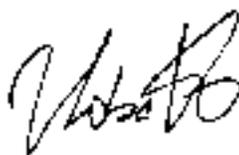
Sub-coordenador – Prof. Guilherme Campos Tavares – DMVP.

Cronograma:

Previsão de início: 03/2020

Duração: oito meses

Atividades	Meses							
	Mar	Abr.	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out.
Submissão CELA e ICMSin	X							
Formação e treinamento da equipe executora	X	X						
Obtenção de material	X	X	X	X	X			
Elaboração do plano amostral de coleta de animais da ictiofauna		X						
Aprovação do plano amostral			X					
Captação e coleta de peixes				X	X	X	X	
Elaboração do banco de dados único				X	X	X	X	
Redação de relatório parcial				X	X	X	X	
Redação de relatório final								X



Prof. Zélia Irês Portela Lobato

Diretora da Escola de veterinária

**PROJETO - COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA****Registro**

-

Revisão

15/01/2020

Status

Aguardando aprovação

Título

COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

Data de início

02/03/2020

Previsão de término

30/10/2020

Data da última aprovação pelo Órgão Competente

-

Órgão Competente

-

CARACTERIZAÇÃO**Ano em que se iniciou a ação**

2020

Unidade

Escola de Veterinária

Departamento

Departamento de Medicina Veterinária Preventiva

Programa vinculado

SEM VÍNCULO

Principal Área Temática de Extensão

Meio Ambiente

Área Temática de Extensão Afim

Saúde

Linha de Extensão

Saúde Animal

Grande Área do Conhecimento

Ciências Agrárias

Palavras-chave

Rio Paraopeba, ictiofauna.

DESCRIÇÃO**Apresentação e justificativa**


PROJETO - COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento e desaparecimento de 270 pessoas, além de uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e em patrimônios por longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba. Em função do rompimento da Barragem da Mina Córrego do Feijão foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o Subprojeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão, aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

O Subprojeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão (Subprojeto Brumadinho-UFMG) tem como objetivo geral auxiliar o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte a identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Os objetivos específicos do Subprojeto Brumadinho-UFMG são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais, os impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e ainda apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação. O Comitê Técnico-Científico do Subprojeto Brumadinho-UFMG é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de Subprojetos e supervisionar a implementação e execução dos Subprojetos, para consecução dos objetivos gerais e específicos.

Objetivos gerais

 Realizar a confecção de um plano amostral e a partir deste realizar a captura de exemplares da ictiofauna na bacia do Rio Paraopeba, seguido da coleta e preservação de amostras de tecidos alvo, para futuras análises patológicas e toxicológicas.

Objetivos específicos

 Confeccionar um plano amostral para o estudo proposto, a ser aprovado pelo Comitê Técnico Científico (CTC) do subprojeto Brumadinho-UFMG, compreendendo o trecho do rio Paraopeba a jusante do Córrego Ferro-Carvão, até o trecho da Usina de Retiro Baixo.

 Realizar a captura de exemplares da ictiofauna de quatro pontos geográficos da área de estudo procedendo a sua classificação taxonômica (gênero ou espécie) e biometria.

 Proceder a necropsia dos animais, para a coleta dos órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) para análise histopatológica. Os mesmos órgãos serão coletados e fixados em álcool 95%, para que possam ser utilizados futuramente em análise de detecção de agentes patogênicos (vírus, bactérias e fungos) por técnicas de biologia molecular.

 Realizar a coleta dos órgãos: fígado, músculo, pele, intestino e estômago, para análise toxicológica posterior (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos).

Metodologia

O Rio Paraopeba é um dos mais importantes tributários do Rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 510 quilômetros até a sua foz, no lago da represa de Três Marias. Para desenvolvimento do subprojeto serão realizadas amostragens da ictiofauna em diferentes pontos da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho, que despejou cerca de 12 milhões m³ de rejeitos minerários no Rio Paraopeba até o reservatório de Retiro Baixo, entre os municípios de Curvelo e Felixlândia. A área amostral irá compreender quatro pontos de coleta de peixes ao longo do rio Paraopeba: um ponto controle/sem contaminação por rejeitos minerários (Rio Paraopeba à montante do desastre ambiental em Brumadinho) e três pontos impactados pela descarga de rejeitos minerários no Rio Paraopeba .

Serão amostrados o maior e mais diverso número possível de espécies de peixes habitantes nos pontos de coletas descritos na Tabela 1. Para tanto, a equipe de coleta constará de um auxiliar de campo (pescador) e 6 pesquisadores em revezamento, incluindo professores, bolsistas de pós-doutorado, mestrado e de iniciação científica. Os peixes serão coletados com auxílio de redes de emalhar (10 metros de comprimento e 1,5 metro de altura cada), com diferentes tamanhos de malha (1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 cm entre nós opostos) e esforço amostral padronizado, nos pontos de amostragem selecionados. As redes serão armadas no final da tarde e retiradas no início da manhã do dia seguinte, permanecendo na água por aproximadamente 14 horas. Duas coletas de peixes serão realizadas em cada ponto amostral para desenvolvimento do subprojeto, sendo cada coleta realizada em 2 dias.

Os animais amostrados serão submetidos à: 1. Avaliação taxonômica (ao nível de gênero ou espécie); 2. Mensuração de medidas biométricas e anatômicas; 3. Coleta de tecidos para posterior avaliação patológica; 4. Coleta de tecidos para posterior diagnóstico de doenças infecciosas (diagnóstico diferencial); 5. Coleta de tecidos para posterior análise toxicológica.

Forma de avaliação da ação de Extensão


**PROJETO - COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA**

O acompanhamento do subprojeto será realizado, a cada dois meses, pelos seguintes instrumentos/mecanismos:

- extrato financeiro fornecido pela Fundação gestora do subprojeto e;
- relatório de acompanhamento das atividades preenchido e apresentado pelo Coordenador e equipe ao Comitê Técnico Científico.

- Atendimento ao cronograma proposto, com a execução de cada uma das campanhas de coleta nos meses definidos no cronograma proposto;

- Auditoria de qualidade dos dados inseridos no banco de dados formulado para o subprojeto.

O relatório final de subprojeto e será apresentado, no máximo, até o mês seguinte ao término do subprojeto.

Site

-

Origem do público-alvo

Interno

Caracterização do público-alvo

Comitê Técnico-Científico, projeto Brumadinho-UFMG.

Captação por edital de fomento

Sim

Articulado com política pública

Sim

ESTUDANTES MEMBROS DA EQUIPE**Plano de atividades**

Dois bolsistas a serem selecionados. Acadêmicos dos cursos de Medicina Veterinária, Ciências Biológicas ou Aquicultura da UFMG, que acompanharão e apoiarão a execução do subprojeto, especialmente na realização das capturas e coletas de amostras de peixes, bem como no preenchimento das informações no banco de dados.

Plano de acompanhamento e orientação

Todas as atividades dos bolsistas serão supervisionadas pelos professores envolvidos no projeto. Cada atividade realizada será catalogada no banco de dados do projeto.

Processo de avaliação

Avaliação do cumprimento das atividades executadas por cada estudante.

INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS**Infra-estrutura física**

Laboratório de Sanidade de Animais Aquáticos, do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária.

Vínculo com Ensino

Não

Vínculo com Pesquisa

Sim

Público estimado

10

INFORMAÇÕES ADICIONAIS**Informações adicionais**

-

EQUIPE

Participação	Nome	Telefone	E-mail	Unidade	Departamento/ Curso/Setor	Período
Coordenador	HENRIQUE CESAR P E R E I R A F I G U E I R E D O		figueiredoh@ufmg.br figueiredoh@ufmg.br	ESCOLA D E VETERIN ÁRIA	Departamento de Medicina Veterinária Preventiva	- a -
Co-coordenador	G U I L H E R M E C A M P O S T A V A R E S	(31) 3409- 2126	gcamposvet@ufmg.br gcamposvet@hotmail. com	ESCOLA D E VETERIN ÁRIA	Departamento de Medicina Veterinária Preventiva	02/03/2020 a 30/10/2020
Participante	RAFAEL MAGNO COSTA MELO		rafaelmelo@icb.ufmg. br rafaelmelo@icb.ufmg.	INSTITU T O D E CIÊNCIA	Departamento de Morfologia	02/03/2020 a 30/10/2020




PROJETO - COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

			br	S BIOLÓGI CAS		
--	--	--	----	---------------------	--	--

PARCERIAS

CNPJ	Nome	Caracterização	Tipo
------	------	----------------	------

ABRANGÊNCIAS

Nome	Estado	Município	CEP	Detalhes
Bacia do Rio Paraopeba	Minas Gerais	Brumadinho		



À Assembleia do Departamento de Zoologia
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 15 de janeiro de 2020

Prezados colegas,

Tenho o prazer de enviar, para apreciação da Assembleia do Departamento de Zoologia, a proposta 'Coleta de Amostras da Ictiofauna da Bacia do Rio Paraopeba para Análise Patológica e Toxicológica' a ser submetida à Chamada Pública Interna Induzida 04/2019 do Projeto Brumadinho-UFMG.

Atenciosamente,


Prof. Alexandre Godinho
(Coordenador)

Elisângela Aparecida dos Santos
Assistente em administração
Insc. UFMG: 305900

Elisângela Santos
Recebido em 15/01/2020



ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA



ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DA CHAMADA 04/2019 NO DIA 16.01.2020

No dia 16 de janeiro de 2020, às 14 horas, reuniram-se, na Sala das Cachoeiras do prédio da Reitoria da Universidade Federal de Minas Gerais, situada à Avenida Presidente Antônio Carlos, nº 6627, Pampulha, os membros do Comitê Técnico-Científico do "Projeto Brumadinho-UFMG", Fabiano Teodoro Lara, Ricardo Machado Ruiz, Adriana Monteiro da Costa, Carlos Augusto Gomes Leal, Claudia Carvalhinho Windmöller, Efigênia Ferreira e Ferreira, Gustavo Ferreira Simões e o Secretário Executivo do "Projeto Brumadinho-UFMG", Tiago Barros Duarte. Ausente, justificadamente, a Professora Claudia Mayorga.

Tendo sido previamente encaminhados os Subprojetos para exame, foram avaliadas as PROPOSTAS submetidas pelos Professores Alexandre Godinho e Henrique Figueiredo. Devido à proximidade profissional com os proponentes, o Professor Carlos Augusto Gomes Leal se absteve da avaliação. Observou-se que os dois Subprojetos apresentados cumpriram os requisitos formais de submissão. Examinado e discutido o mérito das propostas, conforme item 6.3 da Chamada 04, ambas foram avaliadas como relevantes e cientificamente robustas e com equipes executoras experientes e aptas à execução do projeto. Verificou-se, portanto, que ambas as propostas preenchem os objetivos completamente, com elevada qualidade, concluindo, por unanimidade pela APROVAÇÃO COM AJUSTES. O CTC solicitará que os ajustes descritos a seguir sejam realizados nas propostas, para avaliação final e deliberação do resultado definitivo da Chamada:

- Recomendação de ajustes à proposta do Prof. Alexandre Godinho: (1) o item "Análise de Metais Pesados" (R\$ 64.500,00) deverá ser excluído do orçamento, uma vez que análises de metais e metaloides nas amostras coletadas são objeto de outra chamada do Projeto Brumadinho-UFMG, a ser publicada futuramente; (2) avaliação da relação entre bolsa de pesquisa e tempo de dedicação. O valor integral da bolsa deverá ser pago somente para dedicação integral. O tempo de dedicação integral de cada participante deverá observar os limites legais e normas acadêmicas específicas de cada categoria (professor, aluno de graduação e de pós-graduação, técnico, etc.); (3) de acordo com o termo de convênio celebrado entre a UFMG e o TJ-MG, somente poderão ser incorporadas às propostas taxas referentes à Resolução 10/95 da UFMG, com valor máximo de 12%. Assim, o CTC solicita checagem do cálculo das taxas.

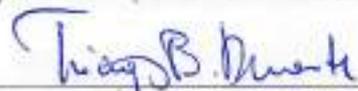
- Recomendação de ajustes à proposta do Prof. Henrique Figueiredo: (1) o cronograma de execução do projeto deverá ser ajustado para 6,5 meses, conforme descrito na Chamada; (2) com base no ajuste do período de execução do projeto, o orçamento de pessoal deverá se ajustado para 6 meses de bolsas, ao invés de 8 meses; (3) de acordo com orientação da PJ-UFMG, os valores de bolsas para pesquisadores descritos no item 7.3 da chamada são referentes a carga horária semanal de trabalho no projeto de 8 horas. Os membros da equipe executora que dedicarem carga horária inferior a 8 horas semanais deverão ter o valor da bolsas proporcionalizados pela carga horaria efetivamente empregada nas

[Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature at the top right and several initials below it.]



atividades do projeto. Assim, será necessário que seja ajustado o valor das bolsas na proposta de acordo com carga horária semanal dos membros da equipe executora; (4) vale destacar que o tempo de dedicação integral de cada participante deverá observar os limites legais e normas acadêmicas específicas de cada categoria (professor, aluno de graduação e de pós-graduação, técnico, etc.); (5) o item freezer -80°C (R\$ 100.000,00) deverá ser excluído, pois o CTC já dispõe de ultrafreezer para criopreservação das amostras; (6) o item de manutenção de nobreak (R\$ 18.000,00) deverá ser excluído, visto que não será necessária a aquisição do ultrafreezer; (7) o item do orçamento "Adequação de estrutura física do laboratório do DMVP" (R\$ 80.000,00) deverá ser excluído da proposta, pois não está contemplado nos itens financiáveis do Projeto Brumadinho-UFMG, como descrito no item 7.1 da Chamada; (8) o CTC entende que o equipamento "capela de fluxo laminar" (R\$ 28.000,00) deverá ser excluído da proposta; (9) de acordo com o termo de convênio celebrado entre a UFMG e o TJ-MG, somente poderão ser incorporadas às propostas taxas referentes a resolução 10/95 da UFMG, com valor máximo de 12%. Assim, o item de orçamento "Manutenção da estrutura de laboratórios do DMVP" (R\$ 34.277,64) deverá ser excluído da proposta.

Encerrou-se a reunião às 15h30. Eu, Tiago Barros Duarte, Secretário-Executivo do Comitê Técnico-Científico do "Projeto Brumadinho-UFMG" lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais. Belo Horizonte, 16 de janeiro de 2020.



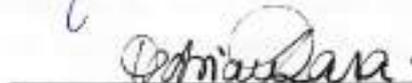
Tiago Barros Duarte



Ricardo Machado Ruiz



Adriana Monteiro da Costa



Fabiano Teodoro Lara



Carlos Augusto Gomes Leal



Claudia Carvalhinho Windmoller



Efigenia Ferreira e Ferreira



Gustavo Ferreira Simões



RECURSOS E ADEQUAÇÕES



Centro de Transposição de Peixes
Departamento de Zoologia
Universidade Federal de Minas Gerais

COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO PARAÓPEBA
PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

Proposta apresentada ao
Comitê Técnico Científico do
Projeto Brumadinho-UFMG

Belo Horizonte
Janeiro de 2020



INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão em 25 janeiro de 2019 no município Brumadinho foi um dos maiores desastres socioambientais da história brasileira (França, 2018). Na ocasião do rompimento, a barragem acumulava 12,7 milhões de m³ de rejeito de mineração. A maior parte do rejeito foi carregada para jusante, destruindo 292 hectares, dos quais 150 hectares de vegetação nativa (SEMAD, 2019) e provocando a morte de 259 pessoas e o desaparecimento de outras 11.

O rejeito desceu pelo córrego Ferro-Carvão e atingiu a calha do rio Paraopeba a 8,5 km de rio (kmr) do local do rompimento. Houve aumento de cerca de 750 vezes na turbidez da água do rio Paraopeba comparada à turbidez da série histórica (IGAM, 2019) e expressivo impacto na sua biota. O IBAMA constatou mortalidade aguda de peixes causada pelo rompimento no encontro do córrego Ferro-Carvão com o rio Paraopeba entre 26 e 31 de janeiro de 2019 e após algumas chuvas de maior intensidade, ocorridas em 16 e 17 de fevereiro (IBAMA, 2015). Ao todo, foram recolhidas 1.773 carcaças de peixes, sendo 98% coletados no rio Paraopeba entre o córrego Ferro-Carvão e a Usina Termoeletrica de Igarapé, em Juatuba. Além disso, em 12 e 13 de março de 2019, 306 carcaças de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) foram recolhidas a jusante da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo, localizada no baixo rio Paraopeba, a cerca de 370 kmr da Barragem I. Estudo elaborado antes do rompimento da barragem da Barragem I já previa o impacto desse tipo de ocorrência nos peixes do rio Paraopeba. Ele sugeriu que o rompimento poderia levar a extinção local de 14 espécies endêmicas do rio São Francisco, 10 espécies de interesse comercial, 7 espécies reofílicas e 2 espécies de cabeceira (França, 2018).

O rompimento da barragem em Brumadinho foi semelhante ao ocorrido no município de Mariana em 2015 quando uma outra se rompeu levando ao falecimento de 19 pessoas, alterando o abastecimento de água de centenas de milhares de pessoas e afetando mais de um milhão de habitantes (Fernandes et al., 2016). O rompimento da barragem em Mariana levou a perda total e irrecuperável de habitats aquáticos ao longo de dezenas de kmr além de impactar uma vasta região oceânica a partir da foz do rio Doce. É muito provável que os efeitos do rompimento de barragem em Brumadinho não sejam inferiores aos impactos provocados pelo rompimento da barragem em Mariana. Mas poucos estudos já foram publicados sobre esses impactos, dado o pouco tempo ocorrido do rompimento ou por não ter havido tempo suficiente para que alguns impactos sejam manifestados devido à latência (atraso) nas respostas biológicas.



Os impactos imediatos do rompimento da barragem em Mariana foram a destruição completa de habitats aquáticos e elevada mortalidade de diferentes espécies de peixes pelo soterramento (Figura 1). Em médio e longo prazos, o rompimento levou ao aumento dos sedimentos e da turbidez ao longo do rio Doce, até a sua foz, distante cerca de 800 km do local do acidente. O aumento do sedimento em suspensão, principalmente o composto por pequenas partículas, leva ao entupimento de brânquias. Os metais pesados do rejeito, como alumínio, cobre, arsênio, cádmio, cromo e chumbo, possuem diversos efeitos adversos na ictiofauna (ICMBIO, 2016; Gomes et al., 2018; Bonecker et al., 2019). Experimento expondo exemplares do peixe *Geophagus brasiliensis* à água do rio Doce após o rompimento da barragem em Mariana indicou elevado grau de genotoxicidade da água. A presença de metais pesados, principalmente cobre, acarretou no aumento do número de eritrócitos micronucleares no índice de dano no DNA dos indivíduos (Gomes et al., 2018). Outros estudos expondo indivíduos do peixe *Oreochormis niloticus* as águas contaminadas do rio Doce também apresentaram resultados semelhantes (Vargas, 2017).



Figura 1: Carcaças de peixes do rio Doce próximos à ponte de Queimada Grande, adjacente ao Parque Estadual do Rio Doce, após o rompimento da barragem do Fundão de 2015 (Fotos: Elvira Nascimento).

Laudos sobre qualidade da água na foz do rio Doce indicaram aumento de 20 vezes na concentração de ferro e 6 vezes na de alumínio comparada à da série histórica (ICMBIO, 2016). O mesmo laudo apontou para concentrações de arsênio, cádmio e chumbo superiores aos permitidos pela legislação para produtos alimentícios em tecidos dos peixes marinhos linguado (*Pseudopleuronectes americanus*), peroá (*Balistes capriscus*) e peixe-rocador (*Condon nobilis*) amostrados a centenas de quilômetros da foz do rio Doce (ICMBIO, 2016).



Amostragem feita na foz do rio Doce, entre janeiro e abril de 2016, identificou sedimentos avermelhados aderidos aos corpos de algumas espécies de peixes (*Choloroscombrus chrysurus*, *Stellifer* spp. e *Trinectes paulistanus*). Foram também observados danos nos tratos digestivos de alguns indivíduos de *C. chrysurus* e de *Monacanthus ciliatus* coletados em abril de 2016 (Bonecker et al., 2019).

Ainda mais alarmantes são evidências do acúmulo de metais essenciais e pesados em tecidos de raias (*Narcine brasileinsis*) coletadas no mar a 300 km da foz do rio Doce, i.e., a mais de mil quilômetros de distância do local do rompimento da barragem de Mariana. A contaminação foi encontrada em diferentes tecidos como gônadas, músculo, órgãos elétricos, brânquias e fígado, com consequências deletérias potenciais para reprodução, o comportamento e a sobrevivência dos indivíduos (Lopes et al., 2019). Além disso, esse estudo indicou que os embriões dos indivíduos contaminados também estavam contaminados, configurando evento de transferência maternal e gerando preocupação ainda maior sobre os efeitos de rompimentos em longo prazo nas populações de peixes (Alves, 2012).

Em muitos casos, mesmo que os contaminantes ocorram em baixa concentração no ambiente, eles podem estar presentes em maiores concentrações nos peixes, particularmente nos predadores de topo de cadeia dado o efeito da bioacumulação.

Cabe pontuar que o estudo histopatológico e ecotoxicológico de peixes afetados por rompimentos de barragens de rejeito possui importância não somente à conservação da biodiversidade aquática, mas também para a saúde e política públicas. Nesse sentido, torna-se fundamental a mensuração de contaminantes como metais pesados, essenciais e compostos orgânicos tóxicos nos peixes em corpos d'água afetados por rompimento de barragem de rejeito, bem como o monitoramento de tais parâmetros ao longo prazo.

OBJETIVOS

O objetivo geral desta proposta é realizar a confecção de plano amostral e, posteriormente, a captura (de acordo com o plano confeccionado) de exemplares da ictiofauna na bacia do Rio Paraopeba, para coleta de amostras biológicas para futuras análises patológicas e toxicológicas.

E os objetivos específicos são: (i) confeccionar plano amostral, de acordo com metodologia científica aceita nacional ou internacionalmente, para monitoramento de ictiofauna; (ii) coletar as principais espécies de peixes da bacia do rio Paraopeba a jusante do córrego Ferro-Carvão; (iii) identificar os peixes coletados a nível de gênero ou espécie e



determinar as principais medidas biométricas e anatômicas desses animais; (iv) coletar e fixar amostras de órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) para análise histopatológica dos peixes coletados; e (v) coletar órgãos (fígado, musculo, pele, intestino e estômago) para análise toxicológica (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos) dos peixes amostrados.

Além dos objetivos específicos acima, que são os mesmos definidos na Chama Pública Interna Induzida 04/2019, a presente proposta tem como objetivo específico realizar coleta piloto para determinar o número de indivíduos (tamanho amostral) a ser coletado por espécie para as análises histopatológicas e o esforço de pesca necessário para alcançar esse número.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta piloto

A amostragem de peixes da coleta piloto será feita em seis pontos de coleta localizados no rio Paraopeba a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão. Amostragem em outros pontos de coleta poderão ser conduzidos. Cada ponto de coleta será amostrado por até três dias. Localização dos pontos de coleta a serem amostrados é:

PC1 – 2 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão (coordenadas 23K 585896E 7771686S, município de Brumadinho, Fig. 2);

PC2 – 32 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à UTE de Igarapé (coordenadas 23K 575208E 7792410S, município de Juatuba, Fig. 3);

PC3 – 114 kmr da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo a ponte da MG-238 (coordenadas 23K 545967E 7835428S, município de Cachoeira da Prata);

PC4 – a 194 kmr da jusante da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à ponte da MG-420 (coordenadas 23K 531423E 7879993S, município de Curvelo);

PC5 – a 224 kmr a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão e próximo à Cachoeira do Choro (coordenadas 23 K 528196 7896982, município de Pompeu, Fig. 4); e

PC6 – a 256 kmr a jusante da foz do córrego Ferro-Carvão, no reservatório de Retiro Baixo (23K 523477E 7911565S, municípios de Pompeu e Curvelo, Fig. 5).

A captura dos peixes será feita por pescadores locais supervisionados por biólogo. Diferentes petrechos de pesca serão empregados para a amostragem da maior diversidade possível de espécies e de dietas, além de tamanhos. Entre os petrechos de pesca a serem



utilizados incluem anzóis, peneiras, tarrafas, rede de arrasto e redes de espera de malhas de 3 a 12 cm. Outros petrechos de pesca poderão ser utilizados caso a necessidade de seu uso seja detectada. Estima-se que serão capturados até 300 espécimes na coleta piloto.

Após a despesca, os peixes vivos serão eutanasiados em água contendo 200 mg.L⁻¹ de eugenol. Cada espécime será, então, identificado ao nível de específico (de preferência) ou gênero por biólogo, pesado, medido e alterações macroscópicas e anomalias anatômicas ou fisiológicas classificadas e quantificadas por médico veterinário.

De cada espécime serão também retiradas amostras para avaliação toxicológica de acordo com protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais pesados. Os órgãos (peixes grandes: fígado, músculo, pele, intestino e estômago; peixes pequenos, alevinos e juvenis: músculo e vísceras) serão acondicionados em tubos individuais e mantidos sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) até congelamento. De cada um deles, será determinada a concentração de arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio.

Tamanho amostral

Os dados obtidos de cada espécie na coleta piloto serão utilizados na análise de poder para determinar o tamanho amostral a ser alcançado no Plano Amostral Final (PAF) de acordo com Cohen (1988). O tamanho amostral será determinado apenas para as análises patológica.

O cálculo do tamanho amostral será feito para as patologias (alterações e anomalias anatômicas ou fisiológicas) macroscopicamente identificáveis em campo. Para cada uma delas, a frequência de ocorrência da patologia na amostra será utilizada para calcular o tamanho da amostra necessário para estimar a frequência de ocorrência da patologia na população com acurácia de 5% e intervalo de confiança de 95% para tamanho populacional de 100 mil. Esses cálculos serão conduzidos separadamente para cada espécie utilizando-se a calculadora disponível em <https://select-statistics.co.uk/calculators/sample-size-calculator-population-proportion/>. No PAF, será adotado para as coletas das amostras destinadas à análise histopatológica o maior tamanho amostral obtido entre todas as patologias observadas para cada espécie.

A coleta piloto também fornecerá dados para estimar o esforço de pesca a ser empregado no PAF necessário para atingir o tamanho amostral para as análises histopatológica. Para isso, será determinada a captura por unidade de esforço de pesca (CPUE) para cada espécie utilizando-se a equação $CPUE = N \cdot EP^{-1}$, onde N = número de indivíduos capturados e EP = esforço de pesca (Hubert & Fabrizio, 2007). Como diversos petrechos de pesca serão



utilizados na captura de peixes, a CPUE será calculada por petrecho. Assim, o esforço de pesca será o tempo de pesca para anzol, número de peneiradas, número de lances da tarrafa, área amostrada com a rede de arrasto e área da rede de espera. Petrecho de pesca com pequena CPUE deverá ser eliminado do PAF, exceto se ele amostrar, em quantidade suficiente, determinada espécie que não seja capturada por outro petrecho qualquer.

A lista das espécies de peixes amostradas na coleta piloto será comparada à lista de 95 espécies de peixes da bacia rio Paraopeba de Alves & Leal (2010) para verificar se as principais espécies de peixes da bacia foram amostradas. Caso todas elas tenham sido amostradas na coleta piloto, os mesmos pontos de amostragem utilizados nessa coleta tenderão a ser utilizados no PAF. Caso contrário, outros pontos de amostragens deverão ser incluídos no PAF.

Plano Amostral Final

Quatro campanhas de 15 dias serão conduzidas no PAF para a coleta de peixes. A cada campanha, as coletas serão realizadas em, pelo menos, seis pontos de coletas ao longo do rio Paraopeba. A princípio, as coletas ocorrerão nos mesmos pontos da coleta piloto, mas novos pontos de coleta poderão ser incluídos, enquanto pontos de coleta já amostrados poderão ser excluídos dependendo dos resultados obtidos na coleta piloto. Cada ponto de coleta será amostrado por um a três dias a cada campanha. Estima-se que serão capturados de 600 a 900 peixes por campanha.

A metodologia do PAF seguirá, em linhas gerais, a metodologia adotada na coleta piloto. Assim, a equipe de campo será composta por um doutor coordenador e duas turmas: a de captura e a de processamento. A equipe de captura será formada por um biólogo e dois ou mais pescadores, enquanto a turma de processamento, por um veterinário patologista e dois técnicos ambientais. A equipe de captura ficará responsável pela captura, eutanásia e identificação taxonômica dos peixes, e a turma de processamento pela biometria, observação anatomofisiológica e coleta de amostras para análises histopatológicas e toxicológicas.

A captura dos peixes será realizada pelos pescadores supervisionados por biólogo. A captura deverá ser feita com os mesmos petrechos de pesca utilizados na coleta piloto, mas outros petrechos de pesca também poderão ser utilizados caso a necessidade de seu uso seja percebida. Após a captura, os peixes serão eutanasiados em água contendo 200 mg/L de eugenol. Eles serão, então, identificados a nível de gênero ou espécie e entregues à equipe de processamento. Essa equipe medirá o peso e os comprimentos total e padrão de cada exemplar. Eles serão examinados por médico veterinário para alterações macroscópicas e



anomalias anatômicas ou fisiológicas nos animais, não associadas a captura, que terão registro fotográfico e escrito.

Amostras para fins de avaliação patológica serão coletadas de acordo com protocolo descrito no capítulo 3.2.6 do “Manual de Coleta e Remessa de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA, (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo Federal, 2013). Os órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) serão fixados em formol 10% tamponado por pelo menos 24 horas e posteriormente armazenados em etanol 70% em tubos herméticos.

As amostras para avaliação toxicológica serão coletadas de acordo com protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos. Os órgãos (peixes grandes: fígado, musculo, pele, intestino e estômago; peixes pequenos, alevinos e juvenis: musculo e vísceras) serão acondicionados em tubos individuais e transportados sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) em prazo hábil, de acordo com o boletim supramencionado, para criopreservação.

As amostras serão acondicionadas em frascos identificados por código de barras GS1-128 ou identificação equivalente. Os frascos serão entregues ao Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho-UFMG. Eles irão acompanhados de informações sobre a amostra, sua coleta, o responsável pela coleta e pela auditoria da coleta, o transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras informações relevantes. O PC de cada amostra será georreferenciado por GPS (calibração DATUM SIRGAS2000). Indivíduos testemunho de cada espécie serão utilizados para confirmação taxonômica em laboratório e tombamento na coleção ictiológica do CEFET-MG.

Todas as capturas de peixes estarão respaldadas pela Licença Permanente para a Coleta de Material Zoológico número de 10306-1 de 16/09/2007 emitida pelo IBAMA em nome de Alexandre Lima Godinho, coordenador da presente proposta.



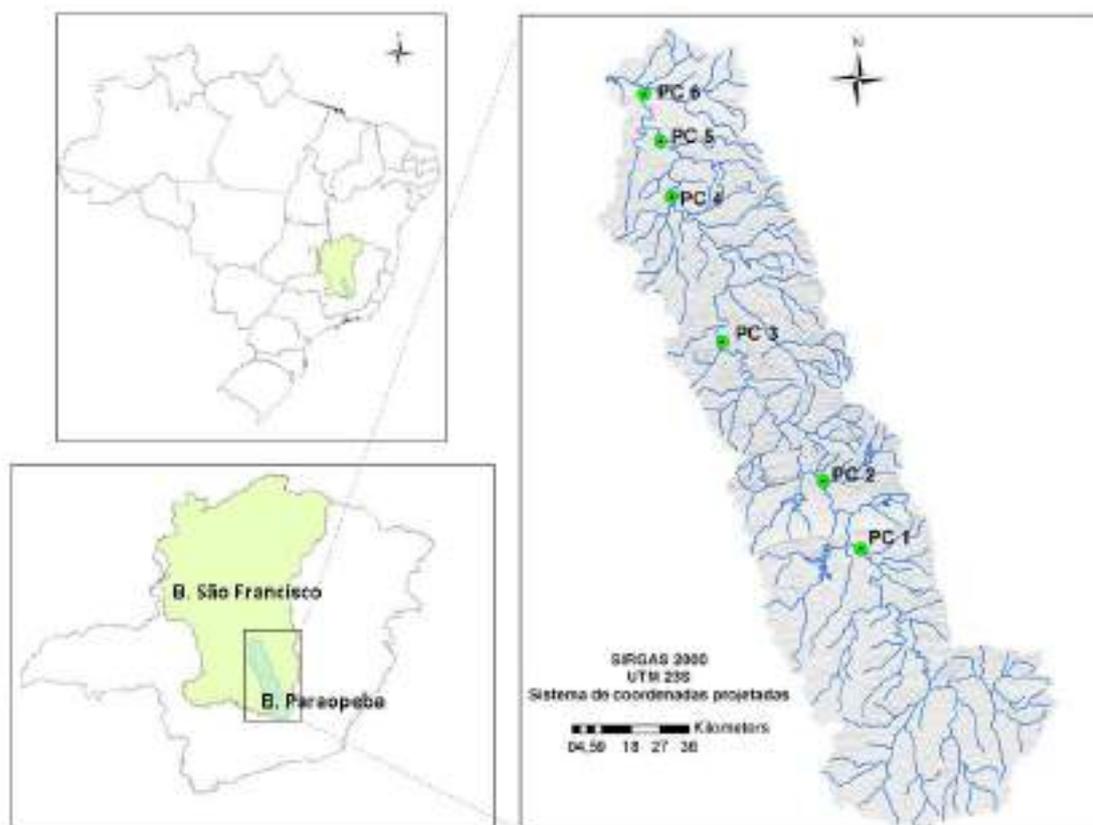


Figura 1: Bacia do rio Paraopeba com a indicação dos pontos de coleta (PC) da coleta piloto.



Figura 2: Ponto de coleta 1 próximo a foz do córrego Carvão-Feijão no alto rio Paraopeba.





Figura 3: Ponto de coleta 2 a jusante da UTE de Igarapé no médio rio Paraopeba.



Figura 4. Ponto de coleta 5 no distrito de Cachoeira do Choro, Curvelo, baixo rio Paraopeba.





Figura 5: Ponto de coleta 6 localizado no reservatório de Retiro Baixo no baixo rio Paraopeba.



EQUIPE

Bolsistas

- Prof. Alexandre L. Godinho (coordenador geral; <http://lattes.cnpq.br/1973152154381987>)
- Prof. Thiago C. Ribeiro (coordenador de equipe de campo; <http://lattes.cnpq.br/4910607492644260>)
- Pós-Doutorado Sênior (coordenador de equipe de campo, a indicar)

Autônomos

- Biólogo (coordenador da turma de captura, a indicar)
- Médico Veterinário (coordenador da turma de processamento, a indicar)
- Técnico em meio ambiente (a indicar)
- Técnico em meio ambiente (a indicar)

PLANO DE TRABALHO DOS BOLSISTAS

Os bolsistas deste projeto ficarão responsáveis pela coordenação geral do projeto e pela coordenação da equipe de campo. A coordenação geral ficará responsável pela contratação e admissão dos autônomos, execução financeira e revisão dos relatórios parcial e final. Será também responsabilidade da coordenação geral o treinamento da equipe, particularmente nas atividades de campo. A coordenação do campo, juntamente com os coordenadores de campo, instruirá os demais membros da equipe de campo, inclusive os pescadores, sobre as técnicas adequadas de amostragem, manuseio, eutanásia e coleta, etiquetagem e conservação de amostras.

Os coordenadores de campo ficarão responsáveis pelas campanhas de campo. Assim, compete a eles organizarem todo o material a ser utilizado em campo, bem como, planejar o roteiro e a logística. Será também responsabilidade deles que a captura, o manuseio, a eutanásia e a coleta, a etiquetagem e a conservação das amostras sejam feitas de acordo com o treinamento realizado. Os coordenadores de campo serão responsáveis pela entrega das amostras ao CTC, juntamente com as informações relativas à amostra, à sua coleta, ao responsável pela coleta, pela auditoria da coleta, pelo transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras. Os coordenadores elaborarão os relatórios parcial e final.



ORÇAMENTO

Item de dispêndio	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Pessoal				
Professor Pesquisador/Extensionista Doutor (Código P2)	Mês	5	9.373,43	46.867,15
Professor Pesquisador/Extensionista Doutor (Código P2)	Mês	5	7.030,00	35.150,00
Pós-Doutorado Sênior (Código P3)	Mês	5	8.880,09	44.400,45
Técnico graduado: Biólogo	Mês	5	7.400,08	37.000,40
Técnico graduado: Médico Veterinário	Mês	5	7.400,08	37.000,40
Técnico de meio ambiente	Mês	10	1.458,71	14.587,10
Pescador	Diária	300	170,00	51.000,00
Subtotal				266.005,50
Material permanente				
Balança Pesola	Unidade	4	350,00	1.400,00
Impressora de código de barra	Unidade	1	1.600,00	1.600,00
Microscópio estereoscópico (c/ lâmpada de reposição)	Unidade	1	10.000,00	10.000,00
Notebook	Unidade	2	2.500,00	5.000,00
Subtotal				18.000,00
Material de consumo				
Álcool	Galão 5L	60	48	2.880,00
Caixa isotérmica	Unidade	10	150,00	1.500,00
Caixa para transporte de amostras histopatológicas	Unidade	6	150,00	900,00
Cassetes histológicos	Pacote	41	115,00	4.715,00
Diesel para Mitsubishi	L	500	3,80	1.900,00
Diversos				5.000,00
EPI	Kit	10	500,00	5.000,00
Formol	Galão 5L	60	80	4.800,00
Frascos para armazenamento de cassetes histológicos	Pacote	29	40,00	1.160,00
Gasolina com óleo dois tempos para motor de popa	L	350	5,00	1.750,00
Gasolina para Strada	L	500	4,80	2.400,00
Gelo	Pacote	80	25	2.000,00
Lacre numerado	Pacote	2	250	500,00
Material cirúrgico	Kit	4	400,00	1.600,00
Material de escritório	Kit	4	50	200,00
Material de pesca (redes, tarrafas, varas, peneiras)	kit	10	1.200,00	12.000,00
Mesa de campo	Unidade	4	500,00	2.000,00
Papel a prova d'água A4	Pacote	3	181,00	543,00
Sacos plásticos	Pacote	10	55	550,00
Toldo	Unidade	2	3.000,00	6.000,00
Tubos Falcon	Pacote	225	50	11.250,00
Subtotal				68.648,00
Serviços de terceiros				
Aluguel camionete tipo Fiat Strada	Diária	75	120,00	9.000,00
Aluguel camionete tipo Mitsubishi L200	Diária	75	380,00	28.500,00
Aluguel de barco e motor de popa	Diária	75	250,00	18.750,00
Subtotal				56.250,00
Diária				
Diária	Dias	525	177,00	92.925,00
Subtotal				92.925,00
Total parcial				501.828,50
Taxas UFMG				68.431,16
TOTAL				570.259,66



O material permanente listado do orçamento será necessário para pesagem dos peixes (balanças), imprimir etiquetas para rotulagem de frascos contendo amostras para análises histopatológicas e toxicológicas (impressora), confirmação taxonômica dos peixes (microscópio estereoscópico) e coleta de dados em campo (notebook).

CRONOGRAMA EXECUTIVO

Atividade	Mês				
	1	2	3	4	5
Coleta piloto	■				
Análise de dados	■				
Envio do Plano de Trabalho Final		■			
Coleta de amostras do Plano de Trabalho Final		■	■	■	■
Entrega de amostras e dados ao CTC		■	■	■	■
Entrega de relatórios parcial e final			■	■	■

INDICADORES DE CUMPRIMENTO DE ATIVIDADES E FASES

Atividade	Indicador de cumprimento
Coleta piloto	Dados e amostras dos peixes coletados
Análise de dados	Tamanho amostral e esforço de pesca determinados
Envio do Plano de Trabalho Final	Entrega do Plano de Trabalho Final
Coleta do Plano de Trabalho Final	Entrega de amostras e dados ao CTC
Entrega de relatórios parcial e final	Entrega de relatórios parcial e final

CRONOGRAMA DE DESPESAS, AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS DE TERCEIROS

Rubrica	Mês				
	1	2	3	4	5
Pessoal	■	■	■	■	■
Material permanente	■	■	■	■	■
Material de consumo	■	■	■	■	■
Serviços de terceiros	■	■	■	■	■
Diária	■	■	■	■	■

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Rubrica	Mês					Total
	1	2	3	4	5	
Pessoal	53.201,10	53.201,10	53.201,10	53.201,10	53.201,10	266.005,50
Material permanente	18.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18.000,00
Material de consumo	17.500,00	12.787,00	12.787,00	12.787,00	12.787,00	68.648,00
Serviços de terceiros	11.250,00	11.250,00	11.250,00	11.250,00	11.250,00	56.250,00
Diária	18.585,00	18.585,00	18.585,00	18.585,00	18.585,00	92.925,00
Taxas	16.164,01	13.066,79	13.066,79	13.066,79	13.066,79	68.431,16
Total	134.700,11	108.889,89	108.889,89	108.889,89	108.889,89	570.259,66



REFERÊNCIAS

- Alves, C. B. M. (2012). A ictiofauna e a escada experimental para peixes do rio Paraopeba-UTE Igarapé, bacia do rio São Francisco (Minas Gerais), pp. 59–81. In: Lopes, J. M. & Silva, F. O. (org.) *Transposição de Peixes*. Belo Horizonte: Cemig. 173p.
- Alves, C. B. M. & Leal C. G. (2010). Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. *MG.Biota*, 2(6), 26–50.
- Bonecker, A. C. T., de Castro, M. S., Costa, P. G., Bianchini, A., & Bonecker, S. L. C. (2019). Larval fish assemblages of the coastal area affected by the tailings of the collapsed dam in southeast Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 32, 100848.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. s.l.: Lawrence Erlbaum. 567pp.
- Fernandes, G. W., Goulart, F. F., Ranieri, B. D., et al. (2016). Deep into the mud: Ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. *Natureza & Conservação*, 14(2), 35–45.
- França, L.E. (2018). *Barragem de rejeito não seguras da bacia do Paraopeba, Minas Gerais: riscos para os recursos hídricos e a ictiofauna*. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Departamento de Cartografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
- Gomes, L. C., Chippari-Gomes, A. R., Miranda, T. O. & et al. (2018). Genotoxicity effects on *Geophagus brasiliensis* fish exposed to Doce River water after the environmental disaster in the city of Mariana, MG, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 659–664.
- Hubert, W.A. and Fabrizio, M.C., 2007. Relative abundance and catch per unit effort, pp. 279-325. In: Guy, C. S. & Brown M. L. (ed.) *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*. Bethesda: American Fisheries Society.
- IBAMA. (2015). *Laudo técnico preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais [Preliminary technical report: environmental impacts of the disaster involving the disruption of Fundão dam in Mariana, Minas Gerais]*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- ICMBIO. (2016). *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Resultados preliminares da avaliação do impacto do acidente da Samarco no ambiente marinho. Ofício nº 225/2016—GABI/PRES/ICMBio. Brasília, 22 de março de 2016*. Recuperado de http://www.mpf.mp.br/es/sala-de-imprensa/docs/doc-3_20160036149-1-ibama.pdf
- IGAM (2019). *Informativo nº 32-Informativo diário dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 no*

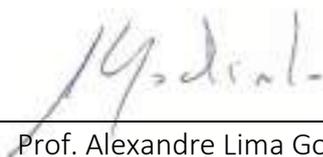


complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho-Minas Gerais. s.l. IGAM. 141 p.

Lopes, C. A., Araujo, N. L. F., Rocha, L. & et al. (2019). Toxic and essential metals in *Narcine brasiliensis* (Elasmobranchii: Narcinidae): A baseline ecotoxicological study in the Southeast Atlantic and preliminary maternal transfer implications. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110606.

SEMAD (2019). Nota de esclarecimento 13 – Desastre Barragem B1. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3757-nota-de-esclarecimento-13-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 06/12/2019

Vargas, I.B., Mainardi, V.F., Aguiar, L.L., de Souza, D.L., Piedade, A.E., Rangel, T.P., de Almeida, D.Q.R., Mendonça, P.P., de Rezende, C.E., de Oliveira David, J.A., Vergilio, C.S (2017). Potencial mutagênico e genotóxico de peixes expostos ao sedimento do rio Doce após o rompimento da barragem. *Revista Univap*, 22(40), 595.



Prof. Alexandre Lima Godinho



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

PROJETO BRUMADINHO-UFMG

**PROPOSTA DE SUBPROJETO APRESENTADA À
CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 04/2019**

**COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO
PARAOPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA**

Belo Horizonte

2020



1. JUSTIFICATIVA*

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento e desaparecimento de 270 pessoas, além de uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e em patrimônios por longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba. Em função do rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão”, aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

O “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG) tem como objetivo geral auxiliar o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte a identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Os objetivos específicos do Projeto Brumadinho-UFMG são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais, os impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e ainda apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação. O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de subprojetos e supervisionar a implementação e execução dos subprojetos, para consecução dos objetivos gerais e específicos.

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”



2. REVISÃO DE LITERATURA

Os rejeitos de mineração são materiais obtidos da separação de minerais valiosos de outros sólidos sem valor econômico. Os componentes principais desses rejeitos são rocha moída, água de processamento e alguns reagentes químicos que possam ter sido empregados no processo de refinamento do mineral extraído (Kossoff et al. 2014). A composição final dos rejeitos pode variar de acordo com as características originais de cada solo explorado sendo que alguns rejeitos podem conter níveis consideráveis de metais pesados ou de outros elementos inorgânicos que foram concentrados ao longo do processo de mineração (Hatje et al. 2014). Acidentes em barragens de rejeitos podem ocasionar contaminação ambiental elevada, uma vez que esses rejeitos facilmente se misturam e contaminam corpos naturais de água (Hatje et al. 2014).

Dentre os impactos possíveis ao meio ambiente, a estrutura natural da comunidade de peixes de uma região biogeográfica (ictiofauna) costuma ser severamente afetada. Os impactos podem ser percebidos tanto em curto prazo, onde mortalidades de peixes geralmente estão associadas ao aumento súbito da quantidade de sólidos em suspensão na água e indução de hipóxia nos animais, quanto também aos possíveis efeitos de longo prazo, perceptíveis pela disruptura da estrutura populacional dessa ictiofauna, mortalidades em menor escala, perda de eficiência reprodutiva, dentre outros (Richards et. al., 2009; Hatje et. al. 2014). Tais efeitos podem ser observados de forma homogênea em uma comunidade de peixes de um ambiente ou ainda serem observados de forma mais pronunciada para determinada espécie animal.

Um dos métodos mais utilizados para a avaliação dos efeitos de exposição dos peixes aos contaminantes da água, como os metais pesados, é a análise histopatológica de órgãos alvo. Os metais pesados podem acarretar diversas alterações teciduais, que tem a sua gravidade relacionada à concentração de exposição, bem como o tempo de exposição a um determinado contaminante (Meena et. al., 2018; Avigliano et. al., 2019). Praticamente todos os órgãos dos peixes são sensíveis aos metais pesados, sendo o fígado considerado como órgão com maior potencial de acumulação. O músculo também pode acumular metais pesados, mas de modo geral com cinética de deposição inferior ao apresentado por tecidos viscerais (Day et. al., 2020).

Diversos estudos descrevem o monitoramento de populações de peixes de vida livre em ambientes aquáticos potencialmente contaminados por metais pesados e outros contaminantes químicos. Tais monitoramentos são feitos nas principais espécies de peixes presentes no ecossistema aquático e tem como abordagem a coleta de tecidos de



peixes para a dosagem de metais e para análise histopatológica. Ainda, a avaliação dos parâmetros biométricos dos animais é importante para a estimativa de bioacumulação de metais, uma vez que essa pode ter correlação com o tamanho e peso dos animais (Meena et. al., 2018; Avigliano et. al., 2019; Day et. al., 2020).

Apesar de os metais pesados poderem comprometer a saúde de populações naturais de peixes, a relação de causalidade entre a exposição a um dado metal e a *causa mortis* de peixes em ambientes naturais é ainda um desafio. Embora as análises histopatológicas possam indicar a natureza e gravidade das alterações nos órgãos, a etiologia do problema pode não ser alcançada. Assim, o diagnóstico diferencial para as doenças infecciosas, causadas por vírus, bactérias e fungos, podem também estarem associadas ou serem causadoras das lesões viscerais observadas. Em peixes de água doce de vida livre diversas doenças já foram registradas, por meio da detecção de agentes infecciosos em tecidos dos animais (Figueiredo et. al., 2008; Figueiredo et. al., 2010). Essas detecções podem ou não ser acompanhadas de sinais clínicos e muitas vezes infecções subclínicas também podem causar impacto nessas populações de peixes (Craft, 2015). Assim, para o monitoramento da saúde de populações naturais de peixes em áreas potencialmente comprometidas por contaminação química também deve ser considerado o diagnóstico diferencial para as doenças infecciosas que possam ocorrer nessas populações.

Além do potencial de dano à ictiofauna pela presença de metais pesados na água e sedimentos de corpos de água, os peixes submetidos a esses contaminantes podem se apresentar como um risco para o consumo humano. Assim, a coleta de espécimes da ictiofauna podem ser úteis para a determinação da segurança alimentar do pescado obtido de determinado corpo de água, considerando ainda que a bioacumulação de metais pesados nos peixes pode apresentar dinâmicas diferentes de acordo com a espécie animal e tempo de exposição ao contaminante (Meena et. al., 2018). No Brasil há regulamentação para os níveis aceitáveis de contaminação de pescado por metais pesados, estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2013) e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018)



3. OBJETIVOS*

3.1. OBJETIVO GERAL

- Realizar a confecção de um plano amostral e a partir deste realizar a captura de exemplares da ictiofauna na bacia do Rio Paraopeba, seguido da coleta e preservação de amostras de tecidos alvo, para futuras análises patológicas e toxicológicas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar um plano amostral para o estudo proposto, a ser aprovado pelo Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho-UFMG, compreendendo o trecho do rio Paraopeba a jusante do Córrego Ferro-Carvão, até o trecho da Usina de Retiro Baixo.
- Realizar a captura de exemplares da ictiofauna de quatro pontos geográficos da área de estudo procedendo a sua classificação taxonômica (gênero ou espécie) e biometria.
- Proceder a necropsia dos animais, para a coleta dos órgãos (brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele) para análise histopatológica. Os mesmos órgãos serão coletados e fixados em álcool 95%, para que possam ser utilizados futuramente em análise de detecção de agentes patogênicos (vírus, bactérias e fungos) por técnicas de biologia molecular.
- Realizar a coleta dos órgãos: fígado, músculo, pele, intestino e estômago, para análise toxicológica posterior (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos).

* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”



4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Paraopeba é um dos mais importantes tributários do Rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 510 quilômetros até a sua foz, no lago da represa de Três Marias. Para desenvolvimento do subprojeto serão realizadas amostragens da icitiofauna em diferentes pontos da área afetada pelo rompimento da barragem em Brumadinho, que despejou cerca de 12 milhões m³ de rejeitos minerários no Rio Paraopeba até o reservatório de Retiro Baixo, entre os municípios de Curvelo e Felixlândia. A área amostral irá compreender quatro pontos de coleta de peixes ao longo do rio Paraopeba: um ponto controle/sem contaminação por rejeitos minerários (Rio Paraopeba à montante do desastre ambiental em Brumadinho) e três pontos impactados pela descarga de rejeitos minerários no Rio Paraopeba (Tabela 1).

Tabela 1. Pontos de coleta dos peixes ao longo do Rio Paraopeba

Trecho amostral	Município	Distância pontos (km) ^a	Coordenadas ^b
P1- Rio Paraopeba (ponto controle)	Brumadinho	-	20°13'46"S 44°07'12"W
P2- Rio Paraopeba (confluência córrego Ferro-Carvão)	Brumadinho	P1 à P2: 42 km	20°9'29.68"S 44°9'32.44"W
P3- Rio Paraopeba (terço médio do trecho impactado)	Maravilhas	P2 à P3: 115 km	19°34'30"S 44°33'44"W
P4- Rio Paraopeba (início remanso UHE Retiro Baixo)	Pompéu	P3 à P4: 110 km	18°59'54"S 44°46'23"W

^a Distância aproximada calculada pelo Google Earth.

^b Sugestões de coordenadas dos pontos, contudo, durante a coleta essas coordenadas podem variar de acordo com os acessos, qualidade do ponto para armar redes, etc.

4.2. AUTORIZAÇÃO PARA CAPTURA DE PEIXES E COLETA DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

Anterior a captura dos animais, um requerimento será realizado junto ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e integrado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente de uma licença para coleta de material zoológico, que permitirá coleta, captura, marcação, coleta de amostras biológicas e transporte de invertebrados e vertebrados (inclusive peixes) da fauna silvestre brasileira dentro do país. Simultaneamente será solicitado



autorização junto à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais, para a realização da coleta com finalidade de pesquisa científica dentro da universidade. A liberação de tais autorizações possui tempo variável, de acordo com cada entidade avaliadora, o que pode alterar o cronograma de execução deste subprojeto. Contudo, para agilizar o processo, ambas requisições serão realizadas no início de março de 2020.

4.3. PLANO AMOSTRAL

Serão amostrados o maior e mais diverso número possível de espécies de peixes habitantes nos pontos de coletas descritos na Tabela 1. Para tanto, a equipe de coleta constará de um auxiliar de campo (pescador) e 6 pesquisadores em revezamento, incluindo professores, bolsistas de pós-doutorado, mestrado e de iniciação científica. Os peixes serão coletados com auxílio de redes de emalhar (10 metros de comprimento e 1,5 metro de altura cada), com diferentes tamanhos de malha (1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 cm entre nós opostos) e esforço amostral padronizado, nos pontos de amostragem selecionados. As redes serão armadas no final da tarde e retiradas no início da manhã do dia seguinte, permanecendo na água por aproximadamente 14 horas. Uma coleta de peixe será realizada em cada ponto amostral para desenvolvimento do subprojeto, sendo a coleta realizada em 2 dias. Em casos de baixa quantidade de peixes capturados, uma segunda coleta será realizada no determinado ponto, a fim de tornar maior a representatividade da ictiofauna analisada.

Os animais amostrados serão submetidos à: 1. Avaliação taxonômica (ao nível de gênero ou espécie); 2. Mensuração de medidas biométricas e anatômicas; 3. Coleta de tecidos para posterior avaliação patológica; 4. Coleta de tecidos para posterior diagnóstico de doenças infecciosas (diagnóstico diferencial); 5. Coleta de tecidos para posterior análise toxicológica.

4.4. AVALIAÇÃO TAXONÔMICA

Todos os espécimes capturados serão identificados até o menor nível taxonômico, utilizando-se principalmente as informações e chaves de identificação contidas em Gery (1977), Burgess (1989), Vari (1992), Britski et al. (1988), Reis et al. (2003), Buckup et al. (2007) e Alves & Pompeu (2010). Os nomes científicos das espécies amostradas serão atualizados de acordo com Barbosa et al. (2017) e Froese & Pauly (2019). Espécimes selecionados como material-testemunho serão fixados em



formaldeído 10%, e mantidos em álcool 70°C, para posterior tombamento em coleção ictiológica. De acordo com a literatura científica disponível e o esforço amostral que será empregado, segue abaixo uma tabela de estimativa de captura das espécies de peixes com distribuição relatada para a área de estudo proposta (Tabela 2).

A fim de dar suporte à determinação da espécie do peixe capturado, fragmento de 1 cm de nadadeira será coletado de cada animal e armazenado em tubo falcon de 15 mL contendo álcool 95%, para posterior extração de ácido nucléico e aplicação da técnica de DNA barcode usando o gene Cytochrome oxidase subunit I (COI), conforme metodologia descrita por Carvalho et al. (2011).

Tabela 2. Tabela de estimativa de coleta das espécies de peixes no Rio Paraopeba, de acordo com o esforço amostral a ser empregado e a literatura disponível¹ sobre a ictiofauna na área de estudo proposta.

Táxon/ Classificação sistemática	Nome popular	Quantidade
Ordem Characiformes		
Família Characidae		
<i>Astyanax lacustris</i>	Lambari-do-rabo-amarelo	50
<i>Astyanax fasciatus</i>	Lambari-do-rabo-vermelho	60
<i>Brycon orthotaenia</i>	Matrinchã	5
<i>Myleus micans</i>	Pacu	5
<i>Salminus franciscanus</i>	Dourado	10
<i>Salminus hilarii</i>	Tabarana	15
<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	20
Família Parodontidae		
<i>Apareiodon piracicabae</i>	Canivete	15
Família Anostomidae		
<i>Leporinus piau</i>	Piau-gordura	40
<i>Leporinus taeniatus</i>	Piau-jeju	30
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Piau-verdadeiro	15
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	Piau-três-pintas	20
Família Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traíra	20
<i>Hoplias intermedius</i>	Trairão	15
Família Curimatidae		
<i>Curimatella lepidura</i>	Manjuba	15
<i>Steindachnerina elegans</i>	Saguiru	10
Família Prochilodontidae		
<i>Prochilodus argenteus</i>	Curimatã-pacu	15
<i>Prochilodus costatus</i>	Curimatã-pioa	40
Ordem Siluriformes		
Família Auchenipteridae		
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Cangati	5
Família Heptapteridae		



<i>Rhamdia quelen</i>	Bagre	30
Família Pimelodidae		
<i>Pimelodus maculatus</i>	Mandi-amarelo	30
<i>Pimelodus pohli</i>	Mandi-branco	40
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	Surubim	5
Família Callichthyidae		
<i>Callichthys callichthys</i>	Tamboatá	10
<i>Hoplosternum littorale</i>	Tamboatá	15
Família Loricariidae		
<i>Hypostomus alatus</i>	Cascudo	40
<i>Hypostomus francisci</i>	Cascudo	50
<i>Hypostomus garmani</i>	Cascudo	20
<i>Harttia torrenticola</i>	Cascudinho	10
<i>Rineloricaria</i> sp.	Cascudo-viola	10
Ordem Gymnotiformes		
Família Gymnotidae		
<i>Gymnotus carapo</i>	Sarapó	15
<i>Eigenmannia virescens</i>	Tuvira	10
Ordem Perciformes		
Família Cichlidae		
<i>Australoheros facetus</i>	Cará-verde	10
<i>Geophagus brasiliensis</i>	Cará	20
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilápia-do-nilo	20
Família Sciaenidae		
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Corvina	10

¹Alves, 2007; Alves & Leal, 2010; Alves & Vono, 1999; Arantes et al., 2016; Paschoalini et al., 2019; Savassi et al., 2016.

4.5. ÍNDICES BIOMÉTRICOS

Também imediatamente após a captura, triagem e identificação do táxon, cada peixe será documentado fotograficamente, pesado e mensurado os comprimentos total e padrão.

4.6. COLETA DE TECIDOS PARA AVALIAÇÃO PATOLÓGICA

Os peixes capturados serão submetidos a eutanásia por overdose de anestésico (Benzocaína, 300 mg/L), via banho de imersão, conforme recomendação do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e previamente aprovado pela CEUA-UFMG. A morte do animal será confirmada por meio da ausência de movimento opercular. As amostras a serem coletadas nessa etapa seguirão o protocolo descrito no capítulo 3.2.6. do “Manual de Coleta de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA” (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo



Federal, 2013). Os peixes eutanasiados serão submetidos a necropsia para a coleta dos seguintes órgãos: brânquias, rim, fígado, coração, intestino, estômago, cérebro, gônadas e pele. Cada órgão será fixado em formol 10% tamponado (exceto o tecido branquial que será fixado em líquido de Bouin) por 24 horas e, posteriormente, armazenados em etanol 70% em tubo falcon de 15 ou 50 mL, de acordo com a conveniência. Os tubos serão identificados através de etiquetas, onde constará o número identificador do frasco, data da coleta e pesquisador responsável. O número identificador do frasco não deverá se repetir durante todo o subprojeto e será impresso nas etiquetas também em formato de código de barras no modelo GS1-128. Após identificação dos tubos, estes serão transportados a temperatura ambiente e entregues ao CTC do Projeto Brumadinho-UFMG acompanhadas de informações relativas à amostra, à sua coleta, ao responsável pela coleta, pela auditoria da coleta, pelo transporte e pelo recebimento para armazenamento, dentre outras informações relevantes.

4.7. COLETA DE TECIDOS PARA DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL PARA DOENÇAS INFECCIOSAS

Fragmentos dos órgãos coletados de cada peixe no item anterior serão amostrados e acondicionados em tubos falcon (15 ou 50 mL) contendo álcool 95%. Os tubos serão identificados, transportados e entregues ao CTC conforme descrito no item 4.6. Este material poderá ser usado futuramente para a realização de diagnóstico diferencial, de forma a determinar que o possível achado patológico observado em um tecido animal não esteja associado a nenhum agente de cunho infeccioso (bactéria, fungos ou vírus).

4.8. COLETA DE TECIDOS PARA AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA

As amostras para avaliação toxicológica serão coletadas de acordo com o protocolo descrito no boletim técnico USGS/BRD/ITR-1999-2000 (USGS, EUA, 1999) para avaliação de metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos. Os peixes eutanasiados serão submetidos a necropsia para a coleta de órgãos, entretanto, os tecidos coletados irão variar conforme tamanho dos peixes: peixes grandes: fígado, músculo, pele, intestino e estômago; enquanto que em peixes pequenos, alevinos e juvenis serão coletados músculo e vísceras. Os órgãos serão acondicionados em tubos individuais, identificados conforme item 4.6. e transportados sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) em prazo hábil (no máximo em 24 horas), de acordo com o boletim supramencionada, congelados



($\leq -80^{\circ}\text{C}$) após chegada ao Laboratório de Doenças de Animais Aquáticos (AQUAVET) da EV-UFMG e encaminhados posteriormente ao CTC com as informações pertinentes ao material coletado.

4.9. GEORREFERENCIAMENTO E RASTREABILIDADE

Anterior a captura e coleta de peixes será realizada a impressão das etiquetas para os tubos falcon em pares, onde constará o número identificador do tubo, data da coleta, pesquisador responsável. O número identificador do tubo não deverá se repetir durante todo o subprojeto. Além disso, será impresso nas etiquetas também em formato de códigos de barras no modelo GS1-128.

Com relação ao georreferenciamento, será configurado o destino (ponto de coleta) no alarme de proximidade do equipamento GPS. Os pontos previamente estabelecidos (Tabela 1) deverão ser informados no equipamento GPS que deverá estar calibrado em DATUM SIRGAS2000. Quando sinalizado pelo equipamento GPS de alcance de destino, as redes de capturas serão fixadas para a realização da coleta dos animais. Cada animal capturado terá um formulário de coleta onde serão anotados os índices biométricos, a identificação do animal, e a(s) etiqueta(s) do(s) tubo(s) falcon equivalentes aos órgãos/tecidos a serem coletados. Estes tubos serão identificados com as etiquetas impressas. O preenchimento das informações do formulário de coleta de animais e de suas amostras biológicas será realizada pelos pesquisadores responsáveis.

Ao término do preenchimento, será documentado fotograficamente as coordenadas no equipamento GPS, tubos (etiquetados) com tecidos coletados por animal e formulário preenchido.

Ao retornar ao AQUAVET, o pesquisador responsável pela coleta, irá transcrever as informações no sistema de banco de dados a ser desenvolvido. Neste sistema também serão aportadas os registros fotográficos e as informações sobre auditoria da coleta, transporte e recebimento para armazenamento no CTC Brumadinho-UFMG. Esta plataforma estará disponível para consulta pelo CTC Brumadinho-UFMG, via rede mundial de computadores com acesso controlado, durante todo o subprojeto e, durante 24 meses após seu término. Ao término do subprojeto uma cópia de todas as informações do banco de dados será entregue ao CTC Brumadinho-UFMG, em mídia digital (CD, DVD ou BluRay). Todas as informações geoespaciais produzidas estarão de acordo com as normas e padrões preconizados pela Infraestrutura Nacional de Dados



Espaciais e armazenadas em DATUM SIRGAS2000. Ademais, na exportação em mídia digital, os dados comporão arquivo de dados no formato shapefile.

5. EQUIPE E PLANO DE TRABALHO DOS BOLSISTAS

Coordenador

Henrique César Pereira Figueiredo (bolsa P2)

Professor Associado II – Sanidade dos animais aquáticos, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária da UFMG.

Médico Veterinário, Doutor em Microbiologia

A jornada de trabalho média será de 08 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O coordenador será responsável por: sistematização de todo o trabalho de campo para as coletas, formação, orientação e treinamento da equipe para as atividades estabelecidas no plano de trabalho. Aquisição dos insumos necessários para a execução das atividades previstas, coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros de pessoa jurídica contratados pelo Subprojeto, elaboração de relatórios e apresentação de resultados, elaboração da prestação de contas do subprojeto; e atendimento das demandas do Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG e do Juízo.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/3340492777093358>

Pesquisadores colaboradores

Guilherme Campos Tavares (bolsa P2)

Professor Adjunto I – Sanidade dos Animais Aquáticos, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária da UFMG.

Médico Veterinário, Doutor em Ciência Animal

A jornada de trabalho será de 08 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O pesquisador colaborador será responsável por: execução das atividades de necropsia dos peixes coletados, coleta de amostras, confecção de laudos de necropsia e preenchimento das planilhas de campo; auxílio à execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto; auxílio à alocação de todos os recursos do subprojeto; auxílio à formação da equipe de execução do Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da equipe do Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/0656314462372593>

Rafael Magno Costa Melo (bolsa P2)

Professor Adjunto I – Laboratório de Ictiohistologia, Departamento de Morfologia, Instituto de Ciências Biológicas da UFMG.

Biólogo, Mestre em Zoologia e Doutor em Biologia Celular.

A jornada de trabalho será de 08 horas semanais (incluindo execução aos sábados). O pesquisador colaborador será responsável por: execução das atividades de captura dos peixes nas regiões de coleta do rio Paraopeba, coordenação técnica do processo de



identificação taxonômica dos peixes capturados, auxílio nas atividades de necropsia e coleta de amostras, auxílio à coordenação, orientação e supervisão da equipe do Subprojeto; auxílio à coordenação, orientação e supervisão da execução de serviços terceiros contratados pelo Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/1976480499198036>

Bolsistas de pós-doutorado

Pós-Doutorado Sênior (P3)

Márcia Pimenta Leibowitz

Zootecnista, Doutora em Doenças Parasitárias de Animais Aquáticos

A jornada de trabalho será de 40 horas semanais (incluindo execução aos sábados). A bolsista de pós-doutorado será responsável por: auxílio no processo de captura dos peixes, nos pontos definidos no subprojeto, identificação taxonômica das espécies de peixes capturados, auxílio à execução das atividades de necropsia, coleta de amostras e confecção de laudos de necropsia; auxílio à execução das atividades do Subprojeto, conforme proposto; auxílio à formação da equipe de execução do Subprojeto; auxílio à elaboração de relatórios e apresentação de resultados.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/9099408889609500>

Pós-Doutorado Júnior (P4)

Felipe Luiz Pereira

Bacharel em Ciência da Computação, doutor em Bioinformática

A jornada de trabalho será de 40 horas semanais. O bolsista de pós-doutorado será responsável por: Estruturação do banco de dados para o armazenamento de todas as informações do subprojeto, identificação inequívoca de cada espécime coletado no banco de dados, organização do processo de identificação das amostras por código de barras, treinamento da equipe no uso do banco e dados, auditoria da qualidade dos dados após cada campanha de coleta de peixes nas áreas definidas, definição de todos os processos de georreferenciamento das coletas de campo e da inserção das informações no banco de dados, de acordo com as especificações da Chamada nº 04. Auxílio na confecção dos relatórios de atividades do subprojeto.

Link lattes: <http://lattes.cnpq.br/9692510694559220>

Bolsistas de mestrado (bolsa M1)

A ser selecionado. A jornada de trabalho será de 40 horas semanais (incluindo execução aos sábados) às atividades do subprojeto. O bolsista de mestrado será responsável pelo: auxílio à execução das atividades de captura dos peixes, da necropsia e do preenchimento das informações no banco de dados.

Bolsistas de graduação/iniciação* (bolsa IX):



Dois bolsistas a serem selecionados. Jornada de trabalho de 20 horas semanais por bolsista. Acadêmicos dos cursos de Medicina Veterinária, Ciências Biológicas ou Aquicultura da UFMG, que acompanharão e apoiarão a execução do subprojeto, especialmente na realização das capturas e coletas de amostras de peixes, bem como no preenchimento das informações no banco de dados.

6. ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO

O acompanhamento do subprojeto será realizado, a cada dois meses, pelos seguintes instrumentos/mecanismos:

- extrato financeiro fornecido pela Fundação gestora do subprojeto e;
- relatório de acompanhamento das atividades preenchido e apresentado pelo Coordenador e equipe ao Comitê Técnico Científico.
- Atendimento ao cronograma proposto, com a execução de cada uma das campanhas de coleta nos meses definidos no cronograma proposto;
- Auditoria de qualidade dos dados inseridos no banco de dados formulado para o subprojeto.

O relatório final de subprojeto e será apresentado, no máximo, até o mês seguinte ao término do subprojeto.

7. PRAZO DE VIGÊNCIA E CRONOGRAMA

O cronograma de desenvolvimento do subprojeto foi elaborado para um período de seis meses e meio e será apresentado a seguir. Cada período apresentado corresponde a um mês (Tabela 3), a saber:

Tabela 3. Cronograma de desenvolvimento do subprojeto.

Atividades	Meses						
	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
Tramitação instâncias internas e FUNDEP	X						
Submissão CEUA e ICMbio	X						
Formação e treinamento da equipe executora		X					
Obtenção de material	X	X					
Envio do plano amostral de coleta de animais da ictiofauna		X					
Aprovação do plano amostral		X					
Captura e coleta de peixes		X	X	X	X	X	
Elaboração do banco de dados único		X	X	X	X	X	
Redação de relatório parcial		X	X	X	X	X	



Redação de relatório final							X
----------------------------	--	--	--	--	--	--	---

8. PLANO DE APLICAÇÃO DE RECURSO FINANCEIRO

PESSOAL		
CUSTEIO	Mensal (R\$)	Total (R\$)
Professor Pesquisador Coordenador (01 X 06)*	9.373,43	56.240,58
Professor Pesquisador Colaborador (02 X 06)*	9.373,43	112.481,16
Pós-doutorado júnior (01 X 06)	8.386,75	50.320,50
Pós-doutorado sênior (01 x 06)	8.880,09	53.280,54
Bolsista estudante de mestrado (01 X 06)	4.420,32	26.521,92
Bolsista este de graduação/iniciação científica (02 X 06)	1.478,51	17.742,12
		Subtotal: R\$ 316.586,82

MATERIAL DE CONSUMO	
EPI para coleta de material	40.000,00
Reagentes de fixação de tecidos	50.000,00
Material para planilha de coleta a campo	5.000,00
Tubos e material para acondicionamento de espécimes	50.000,00
Material para captura de espécimes da ictiofauna (redes – 2 jogos de rede por coleta, bombonas, puças, etc)	20.000,00
Material para necropsia dos espécimes	30.000,00
Combustível (estimativa de consumo aproximado de 1700 litros de combustível)	8.000,00
Colunas de filtração para aparelho de água Milliq	4.600,00
03 HDs externos de 2 TB para backup de dados	2.500,00
Subtotal: R\$ 210.100,00	

MATERIAL PERMANENTE	
02 Aparelho de GPS (Calibração DATUM SIRGAS2000)	4.000,00
01 Impressora térmica de etiquetas	2.000,00
01 Impressora a laser	1.600,00
01 Leitor de Código de Barras Manual CCD Elgin Flash (USB)	800,00
02 Câmera Fotográfica Nikon D3400	5.000,00
03 Notebooks para registros da atividade de campo e trabalhos no banco de dados	12.000,00
02 Balanças digitais para pesagem dos animais (capacidade até 40 kg)	800,00
02 Balanças digitais para pesagem dos animais (capacidade até 1 kg, com precisão de 0,1 g)	1.000,00
01 Capela de exaustão de gases para troca do líquido de Bouin para álcool 70%, antes das amostras serem encaminhadas ao CTC.	7.000,00
Subtotal: R\$ 34.200,00	



SERVIÇOS DE TERCEIROS	
Diária dos pesquisadores (Base do cálculo no Decreto no 6.907/2009 que prevê o valor de diária de R\$177,00)	33.984,00
Contrato de serviço de apoio à montagem de rede de pesca, captura dos peixes e transporte fluvial.	18.000,00
Aluguel de caminhonete 4x4 (2 carros, 8 coletas, três dias por coleta)	16.800,00
Descarte de carcaças (incineração) estocadas na sala de necropsia da EV-UFGM/custos com descarte de carcaças de peixes capturados (baseado no valor médio de descarte de R\$4,50 por Kg de carcaça)	10.000,00
Subtotal: R\$78.784,00	
Subtotal geral: R\$ 639.670,82	

DESPESAS OPERACIONAIS	
2% UFGM	14.537,97
10% Escola de Veterinária	72.689,87
Subtotal: R\$ 87.277,84	

TOTAL GERAL DO SUBPROJETO (em reais)	726.948,77
---	-------------------

* Declaro que sou responsável única e exclusivamente pelo controle da soma de minha remuneração, retribuições e bolsas para que não exceda o maior valor recebido pelo funcionalismo público federal, nos termos do artigo 37, XI, da Constituição Federal.

9. CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Bimestre	Valor
Primeiro bimestre (aquisição de todo material de consumo e permanente)	R\$ 400.000,00
Segundo bimestre	160.000,00
Terceiro bimestre	166.948,77

10. PRODUTOS ESPERADOS*

- Plano amostral de coleta de amostras da ictiofauna para análises patológicas e toxicológicas,
- Banco de dados com as informações da localização da coleta, peixes coletados, espécies, medidas biométricas e órgãos coletados
- Coleção de amostras oriundas de peixes da Bacia do Rio Paraopeba fixadas (para análise patológica e detecção de agentes patogênicos) e criopreservadas (para análise toxicológica).



* Adaptado da “Chamada Pública Interna Induzida nº 04/2019 - Coleta de amostras da ictiofauna da bacia do rio Paraopeba para análise patológica e toxicológica”

11. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.

Alves, C.B.M. & Leal, C.G. 2010. Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. *MG Biota*, 2(6): 26-50.

Alves, C.B.M. 2007. Evaluation of fish passage through the Igarapé Dam fish ladder (rio Paraopeba, Brazil), using marking and recapture. *Neotropical Ichthyology*, 5(2):233-236.

Alves, C.B.M.; P.S. Pompeu (2010). Peixes do rio das Velhas: passado e presente, (2ª ed.). Belo Horizonte: Segrac.

Alves, C.B.M.; Vono, V. 1999. Ampliação da área de distribuição natural de *Hysteronotus megalostomus* Eigenmann, 1911 (Characidae; Glandulocaudinae), fauna associada e características do hábitat no rio Paraopeba, bacia do rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS - série Zoologia*, 12: 31-44.

Arantes, F.P., Savassi, L.A., Santos, H.B., Gomes, M.V.T., Bazzoli, N. 2016. Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 88, 1-11.

Avigliano, E. ; Monferrán, M. V.; Sánchez, S. et. al. Distribution and bioaccumulation of 12 trace elements in water, sediment and tissues of the main fishery from different environments of the La Plata basin (South America): Risk assessment for human consumption. *Chemosphere*. 236: 124394, 2019.

Barbosa, J.M.; Soares, E.C.; Cintra, I.H.A.; Hermann, M. & Araújo, A.R.R. 2009. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 5(1): 70-90.

Blakley B.R. Overview of cooper poisoning. In: Aiello, S.E., Moses, M.A., editors. *Merck Veterinary Manual*. 11th edition. Kenilworth, NJ: Merck & Co. 2016.

Britski, H.A.; Sato, Y. & Rosa, A.B.S. 1988. Manual de Identificação de Peixes da Região de Três Marias - Com Chaves de Identificação para os Peixes da Bacia do São Francisco. Brasília, CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca, 2ª. ed., 115 p.



Buckup, P.A.; Menezes, N.A.; Ghazzi, M.S. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 195 p.

Burguess, W.E. 1989. An Atlas of Freshwater and Marine Catfishes. TFH, Neptune City, 785 p.

Carvalho, D. C.; Oliveira, D. A. A.; Pompeu, P. S.; Leal, C. G.; Oliveira, C; Hanner, R. Deep barcode divergence in Brazilian freshwater fishes: the case of the São Francisco River basin. *Mitochondrial DNA*, 22, sip. 1, p. 80-86, 2011.

Ctaft, M. Infectious disease transmission and contact networks in wildlife and livestock. *Philosophical transactions Royal Society B*. 370: 20140107, 2015.

Day, N. K.; Schmidt, T. S.; Roberts, J. J. et. al. Mercury and selenium concentrations in fishes of the Upper Colorado River Basin, southwestern United States: A retrospective assessment. *Plos One*, 15 (1): e0226824, 2020.

Figueiredo, H. C. P.; Leal, C. A. G. ; Goulart, M.B. Programas de repovoamento de peixes em rios: que riscos sanitários podem estar associados?. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, p. 40 - 45, 30 nov. 2008.

Figueiredo, H. C. P.; Leal, C. A. G. ; Mian, Gláucia F. ; et. al. experiência do AQUAVET na investigação de doenças de peixes nativos.. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, p. 24 - 29, 01 jul. 2010.

Froese, R., Pauly, D. Editors. 2019. FishBase. Available at: www.fishbase.org, version (08/2019).

Géry, J. 1977. Characoids of the world. Tropical Fish Hobbyist Publications, Inc., Neptune City, NJ.

Hatje V., Pedreira R.M.A., Rezende C.E., et al. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. *Scientific Reports*. 7(1):10706, 2017.

Kossoff D., Dubbin W.E., Alfredsson M., et al. Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*. 51:229-245, 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 20, DE 26 DE JULHO DE 2018. Plano de amostragem e limites de referência para o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal – PNCRC de 2018 para as cadeias de carnes bovina, suína, caprina, ovina, equina, coelho, aves, avestruz, de leite, pescado, mel e ovos.

Meena, R. A. L., Sathiskumar, P, Ameen, F. et. al. Heavy metal pollution in immobile and mobile components of lentic ecosystems – a review. *Environm. Sci. Poll. Res*. 25: 4134-4148, 2018.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. Manual de Coleta de Amostras para Diagnóstico de Enfermidades de Animais Aquáticos na Rede Nacional de Laboratórios



do Ministério da Pesca e Aquicultura – RENAQUA” (CGSAP/DEMOC/SEMOC/MPA, Governo Federal, 2013.

Paschoalini, A.L., Savassi, L.A., Arantes, F.P., Rizzo, E., & Bazzoli, N. 2019. Heavy metals accumulation and endocrine disruption in *Prochilodus argenteus* from a polluted neotropical river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 539–550.

Reis, E.; Kullander, S.O.; Ferraris, JR. C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central América. Ed. PUCRJ. Porto Alegre. 729 p.

Richards, J.; Farrel, A.; Brauner, C. *Fish physiology: Hypoxia*. Cambridge, Academic Press, 2009, 517p. ISBN: 9780123746320.

Savassi, L.A.; Arantes, F.P.; Gomes, M.V.T. & Bazzoli, N. 2016. Heavy metals and histopathological alterations in *Salminus franciscanus* (Lima & Britski, 2007) (Pisces: Characiformes) in the Paraopeba River, Minas Gerais, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 96(4):478-483.

USGS. U.S. Geological Survey. Schmitt, C. J.; Blazer, V. S.; Dethloff, G. M. et al. *Biomonitoring of Environmental Status and Trends (BEST) Program: field procedures for assessing the exposure of fish to environmental contaminants*. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Columbia, (MO): information and Technology Report USGS/BRD-1999-007, 1999.

Vari, R. P. 1992. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Cyphocharax* Fowler (Pisces: Ostariophysi). *Smithsonian Contributions to Zoology* N° 529. Washington. 137 pp.

Belo Horizonte, 20 de janeiro de 2020.



Henrique César Pereira Figueiredo
Coordenador do Subprojeto – Chamada 04/2019.



ATA DA REUNIÃO DE
JULGAMENTO DOS
RECURSOS
E
RESULTADO FINAL



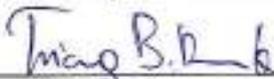
**ATA DA REUNIÃO DE JULGAMENTO DOS RECURSOS DA CHAMADA 04/2019 NO DIA
27.01.2020**

No dia 27 de janeiro de 2020, às 14h00, reuniram-se, na sala 3015 da Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG, situada à Avenida Presidente Antônio Carlos, nº 6627, Pampulha, os membros do Comitê Técnico-Científico do "Projeto Brumadinho-UFMG", Fabiano Lara, Adriana Monteiro da Costa, Carlos Augusto Gomes Leal, Claudia Carvalhinho Windmöller, Efigênia Ferreira e Ferreira, Gustavo Ferreira Simões e o Secretário Executivo do "Projeto Brumadinho-UFMG", Tiago Barros Duarte. Ausentes, justificadamente, a Professora Claudia Mayorga e o Professor Ricardo Ruiz.

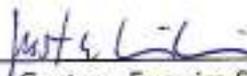
A divulgação do resultado preliminar da Chamada 04/2019 ocorreu no dia 17.01.2019, tendo sido informado aos Professores Alexandre Godinho e Henrique Figueiredo a APROVAÇÃO COM AJUSTES dos Subprojetos. Os proponentes não interpuseram recursos contra as recomendações do Comitê, enviando novos Subprojetos com atendimento aos ajustes sugeridos.

As duas propostas foram reexaminadas pelo CTC e decidiu-se pela APROVAÇÃO PARA RECOMENDAÇÃO de ambas, sendo a proposta do Professor Henrique Figueiredo classificada como primeira colocada, considerando análise de mérito e experiência da equipe em relação ao objeto da Chamada.

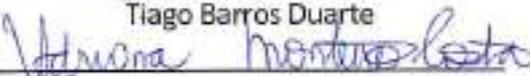
Portanto, o Comitê Técnico-Científico, por unanimidade, aprovou as propostas finais apresentadas pelos Professores Henrique Figueiredo (1º lugar) e Alexandre Godinho (2º lugar), requerendo a divulgação do RESULTADO FINAL na forma prevista na Chamada 04/2019. Ambas as propostas serão recomendadas ao juízo pelo CTC, sendo que a contratação da segundo colocada ocorrerá apenas em caso de impedimento da primeira. Encerrou-se a reunião às 15h00. Eu, Tiago Barros Duarte, Secretário-Executivo do Comitê Técnico-Científico do "Projeto Brumadinho-UFMG" lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais. Belo Horizonte, 27 de janeiro de 2020.



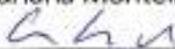
Tiago Barros Duarte



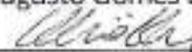
Gustavo Ferreira Simões



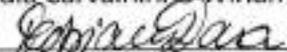
Adriana Monteiro da Costa



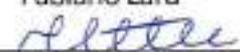
Carlos Augusto Gomes Leal



Claudia Carvalhinho Windmöller



Fabiano Lara



Efigênia Ferreira e Ferreira



CHAMADA PÚBLICA INTERNA INDUZIDA Nº 04/2019
COLETA DE AMOSTRAS DA ICTIOFAUNA DA BACIA DO RIO
PARAOPEBA PARA ANÁLISE PATOLÓGICA E TOXICOLÓGICA

Resultado final

Colocação	Professor	Unidade
1	Henrique Figueiredo	Escola de Veterinária/UFMG
2	Alexandre Godinho	Escola de Veterinária/UFMG



Autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG, por sua Coordenação, vem perante V. Exa., expor e ao final requerer:

1. O Comitê Técnico-Científico, conforme previsto nas Cláusulas 2.5, 2.33, 2.34 e 2.35 do Termo de Cooperação técnica nº 037/19, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais –UFMG e esse d. Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, fez publicar, em 18/11/19, a **Chamada Pública Interna Induzida nº 5**, previamente aprovada pelo juízo, tendo por objeto **Fauna em áreas de mata no Córrego Ferro-Carvão e Bacia do Rio Paraopeba**.

1. Como se vê do Processo Seletivo juntado aos autos, o Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG decidiu pela recomendação da contratação da Proposta apresentada pelo **Professor Doutor Marcelo Pires Nogueira de Carvalho, da Escola de Veterinária da UFMG**.

2. A proposta recomendada tem orçamento de **R\$864.383,16 (oitocentos e sessenta e quatro mil, trezentos e oitenta e três reais e dezesseis centavos)**, ao que deve ser acrescido o valor correspondente às despesas administrativas da FUNDEP nesse momento estimadas em valor correspondente a 10% (dez por cento) do valor total. Importante esclarecer, quanto ao aspecto, que conforme Cláusula 9.3, do Termo de Cooperação Técnica nº 37/2019, “A FUNDAÇÃO fará jus a remuneração por serviços prestados PROJETO BRUMADINHO-UFMG na implantação dos Subprojetos, devendo ser prevista nos instrumentos específicos dessa contratação”. No instrumento contratual publicado juntamente com a Chamada nº 02, foi previsto elaboração pela FUNDEP de orçamento detalhado dos serviços que serão efetivamente prestados. Portanto, meramente estimativa a quantia correspondente a 10% (dez por cento) do valor do Projeto. Recorde-se que, conforme Cláusula 4.6 do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19 e a Cláusula Segunda, Parágrafo Terceiro, inciso VI, do instrumento contratual publicado, “ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos”.

3. Dessa forma, o passo seguinte para início dos trabalhos descritos **na Chamada Pública Interna Induzida nº 5**, após a presente recomendação do Projeto, é a aprovação pelo juízo, com a expressa autorização de sua contratação pela FUNDEP, e a consequente transferência da quantia correspondente a **R\$950.821,48 (novecentos e cinquenta mil, oitocentos e vinte e um reais e quarenta e oito centavos)**.



4. Pelo exposto, recomenda-se e requer-se **APROVAÇÃO E CONTRATAÇÃO DA PROPOSTA** apresentada pelo **Professor Doutor Marcelo Pires Nogueira de Carvalho, da Escola de Veterinária da UFMG**, autorizando expressamente à FUNDEP a sua contratação, e determinando a transferência da quantia correspondente a **R\$950.821,48 (novecentos e cinquenta mil, oitocentos e vinte e um reais e quarenta e oito centavos)** para a **conta bancária 960.366-2, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP.**

Termos em que pedem juntada e deferimento.

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2020.

Fabiano Teodoro Lara
Coordenador do Comitê Técnico-Científico do Projeto
Brumadinho-UFMG



Exmo. Sr. Juiz da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.

Autos nº 5071521-44.2019.8.13.0024

O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG, por sua Coordenação, vem perante V. Exa., expor e ao final requerer:

1. O Comitê Técnico-Científico, conforme previsto nas Cláusulas 2.5, 2.33, 2.34 e 2.35 do Termo de Cooperação técnica nº 037/19, firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e esse d. Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias da Comarca de Belo Horizonte, fez publicar, em 18/11/19, a **Chamada Pública Interna Induzida nº 5**, previamente aprovada pelo juízo, tendo por objeto **Fauna em áreas de mata no Córrego Ferro-Carvão e Bacia do Rio Paraopeba**.
1. Como se vê do Processo Seletivo juntado aos autos, o Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG decidiu pela recomendação da contratação da Proposta apresentada pelo **Professor Doutor Marcelo Pires Nogueira de Carvalho, da Escola de Veterinária da UFMG**.
2. A proposta recomendada tem orçamento de **R\$864.383,16 (oitocentos e sessenta e quatro mil, trezentos e oitenta e três reais e dezesseis centavos)**, ao que deve ser acrescido o valor correspondente às despesas administrativas da FUNDEP nesse momento estimadas em valor correspondente a 10% (dez por cento) do valor total. Importante esclarecer, quanto ao aspecto, que conforme Cláusula 9.3, do Termo de Cooperação Técnica nº 37/2019, “A FUNDAÇÃO fará jus a remuneração por serviços prestados PROJETO BRUMADINHO-UFMG na implantação dos Subprojetos, devendo ser prevista nos instrumentos específicos dessa contratação”. No instrumento contratual publicado juntamente com a Chamada nº 02, foi previsto elaboração pela FUNDEP de orçamento detalhado dos serviços que serão efetivamente prestados. Portanto, meramente estimativa a quantia correspondente a 10% (dez por cento) do valor do Projeto. Recorde-se que, conforme Cláusula 4.6 do Termo de Cooperação Técnica nº 037/19 e a Cláusula Segunda, Parágrafo Terceiro, inciso VI, do



instrumento contratual publicado, “ao final do contrato, eventual saldo remanescente, monetariamente corrigido e acrescido dos rendimentos percebidos”.

3. Dessa forma, o passo seguinte para início dos trabalhos descritos na **Chamada Pública Interna Induzida nº 5**, após a presente recomendação do Projeto, é a aprovação pelo juízo, com a expressa autorização de sua contratação pela FUNDEP, e a consequente transferência da quantia correspondente a **R\$950.821,48 (novecentos e cinquenta mil, oitocentos e vinte e um reais e quarenta e oito centavos)**.
4. Pelo exposto, recomenda-se e requer-se **APROVAÇÃO E CONTRATAÇÃO DA PROPOSTA** apresentada pelo **Professor Doutor Marcelo Pires Nogueira de Carvalho, da Escola de Veterinária da UFMG**, autorizando expressamente à FUNDEP a sua contratação, e determinando a transferência da quantia correspondente a **R\$950.821,48 (novecentos e cinquenta mil, oitocentos e vinte e um reais e quarenta e oito centavos)** para a **conta bancária 960.366-2, agência 1.615-2, do Banco do Brasil, de titularidade da FUNDEP**.

Termos em que pedem juntada e deferimento.

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2020.



Fabiano Teodoro Lara
Coordenador do Comitê Técnico-Científico do
Projeto Brumadinho-UFMG



PROPOSTA RECOMENDADA
E
TERMO ÉTICO E DE
CONFIDENCIALIDADE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA

PROJETO BRUMADINHO – UFMG

COLETA DE AMOSTRAS DE ANIMAIS DA FAUNA EM ÁREAS DE MATA NA
BACIA DO RIO PARAPEBA PARA ANÁLISE TOXICOLÓGICA

Belo Horizonte
Janeiro de 2020

1



1. INTRODUÇÃO

O presente projeto destina-se à chamada pública interna induzida nº 05/2019: “Coleta de amostras de animais da fauna em áreas de mata na Bacia do Rio Paraopeba para análise toxicológica” vinculada ao Projeto Brumadinho – UFMG. Neste é apresentado uma revisão bibliográfica sobre intoxicação e um plano amostral para realizar a coleta de espécies da fauna local, para a identificação dos animais capturados, biometria e coleta não letal de amostras biológicas para análise toxicológica (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos). Os protocolos de monitoramento e de captura dos diferentes táxons (anfíbios, répteis, aves, mamíferos não voadores e quirópteros) foram descritos nos modelos disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e os protocolos de coleta não letal de amostras biológicas pelo protocolo descrito no anexo 4 do documento “*Action Plan to eradicate the illegal use of poison in the countryside*” (LIFE08NAT/E/000062, União Européia, 2013).

2. JUSTIFICATIVA*

Em 25 de janeiro de 2019, a Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, se rompeu. O fato ocasionou o falecimento e desaparecimento de 270 pessoas, além de uma série de consequências e impactos pessoais, sociais, ambientais, econômicos e patrimoniais de longa extensão territorial, em especial na Bacia do Rio Paraopeba. Em função do rompimento da Barragem da Mina “Córrego do Feijão” foram ajuizadas ações judiciais (autos 5000121-74.2019.8.13.0054, 5010709-36.2019.8.13.0024, 5026408-67.2019.8.13.0024, 5044954-73.2019.8.13.0024) que tramitam perante o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte. No âmbito desses processos judiciais foi concebido o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão”, aprovado em audiência e consolidado mediante o Termo de Cooperação Técnica nº 037/19, firmado entre a UFMG e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte.



O “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (Projeto Brumadinho-UFMG) tem como objetivo geral auxiliar o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte a identificar e avaliar os impactos decorrentes do rompimento da Barragem I da Mina Córrego do Feijão. Os objetivos específicos do Projeto Brumadinho-UFMG são: identificar e avaliar as necessidades emergenciais, os impactos socioeconômicos, ambientais, na saúde, na educação, nas estruturas urbanas, no patrimônio cultural material e imaterial e nas populações ribeirinhas, dentre outros impactos, em escala local, microrregional, mesorregional e regional; e ainda apresentar as necessidades de recuperação e reconstrução em Relatório de Avaliação Consolidado e desenvolver Plano de Recuperação. O Comitê Técnico-Científico do Projeto Brumadinho-UFMG é responsável por elaborar chamadas públicas para seleção de Subprojetos e supervisionar a implementação e execução dos Subprojetos, para consecução dos objetivos gerais e específicos.

*Adaptado da “Chamada pública interna induzida nº 05/2019 - Coleta de amostras de animais da fauna em áreas de mata na bacia do rio Paraopeba para análise toxicológica”

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Efeitos sintomáticos após o contato por ingestão, absorção percutânea, administração inadequada ou sobredose de substâncias é caracterizado como intoxicação. A maioria das substâncias tóxicas para o homem também são para os animais silvestres (Quadro 1) (Bauck & LaBonde, 1997). A intoxicação por metais pesados é frequentemente encontrada no meio envolvente das populações selvagens (Labonde, 1995). As aves por exemplo, possuem maior propensão a intoxicações devido ao sistema respiratório altamente eficiente, alta taxa metabólica, baixa concentração de gordura e, em alguns casos, baixo tamanho corpóreo. Metais como o zinco, o selênio e o cobre são essenciais como nutrientes na dieta, mas também podem estar associados a intoxicações quando presentes em níveis elevados (Degernes, 2008).

Os rejeitos de mineração são subprodutos da separação de minerais sem valor econômico e constituídos de rocha moída, água de processamento e reagentes químicos, sendo que a composição varia de acordo com o processo de mineração, podendo conter



metais pesados (Kossoff et al. 2014; Hatje et al., 2017). Com relação ao desastre ocorrido na Barragem I da Mina “Córrego do Feijão”, em Brumadinho, Minas Gerais, sabe-se que grande concentração de metais pesados, presentes nos rejeitos acumulados na barragem, foram liberados no ambiente. Desta forma os animais da fauna local podem ter grande importância para avaliação de risco toxicológico desses metais pesados ao longo do caminho do rejeito (Maciejewski et al., 2008). Em episódios de contaminação ambiental por substâncias químicas, essas populações de animais podem ser utilizadas como sentinelas para a exposição humana (Backer et al., 2001; Maciejewski et al., 2008).

Na medicina veterinária, os metais mais comumente descritos como causa de intoxicação em animais são chumbo, cobre, ferro, mercúrio, alumínio, cádmio, zinco e arsênio (Govind & Madhuri, 2014). O diagnóstico presuntivo da intoxicação por metal pesado fundamenta-se no histórico e sinais clínicos, abrangendo depressão grave e progressiva, anorexia, regurgitação, êmese e alterações neurológicas (Grespan & Raso, 2014). No hemograma observa-se anemia severa e no perfil bioquímico têm-se relatos de níveis aumentados de LDH (desidrogenase láctica), AST (aspartato aminotransferase), CPK (creatinofosfoquinase), creatinina, ácido úrico e proteína total (Monteiro et al., 2013). O diagnóstico nem sempre é fácil e, em muitas ocasiões, não se consegue demonstrar com segurança (Bonvehi, 2009). Em relação ao chumbo, os sistemas nervoso, renal, digestório e hematopoiético são acometidos após a contaminação que compete e substitui vários elementos fundamentais para o funcionamento das células, como cálcio, ferro, magnésio e zinco (Monteiro et al., 2013).

Estudos sistemáticos da fauna silvestre são fundamentais para identificação e avaliação dos impactos decorrentes dessas contaminações e para a elaboração de planos de ações de recuperação e reconstrução de ambientes.



Quadro 1 – Principais agentes tóxicos para humanos que podem ser encontrados em amostras de animais silvestres.

Agente tóxico	Amostra biológica	Temperatura de conservação	Volume de amostra	Método de análise	Sinais clínicos em humanos
Alumínio	Soro e urina	4-8°C	3 mL soro 20 mL Urina	Absorção atômica	Ósseos, neurológicos e renais
Amônia	Soro e urina	4-8°C	3 mL soro 50 mL Urina	Espectrofotometria	Neurológicos, respiratório e gastrintestinais
Arsênio	Soro e urina	4-8°C	3 mL soro 50 mL Urina	Absorção atômica	Gastrintestinal, cardiovascular, pulmonar, renal, neurológicos
Cádmio	Urina	4-8°C	50 mL	Absorção atômica	Respiratório, ósseo e renal
Chumbo	Sangue total heparinizado e com EDTA, sangue capilar, urina	4-8°C	variável	Absorção atômica	Neurológico, comportamental, intestinal e hematológico
Cobre	Soro e urina	4-8°C	3 mL soro 50 mL Urina	Absorção atômica, colorimetria (soro)	Intestinais, hemáticos, cardíacos e neurológicos
Ferro	Soro	4-8°C	1 mL soro	Espectrofotometria	Gastrintestinais, hemáticos
Magnésio	Soro e urina	4-8°C	3 mL soro 20 mL Urina	Espectrofotometria	Neurológico, gastrintestinais e cutâneos
Mercurio	Sangue total, c/ heparina, urina e pelo	4-8°C	2 mL soro	Absorção atômica	Neuro-comportamental, intestinal, renal
Níquel	Urina	4-8°C	50 mL	Absorção atômica	Respiratório, intestinal, cardíaco
Colinesterase	Soro	4-8°C	1 mL soro		Neurológico, respiratórios, musculares
Benzeno	Urina	4-8°C	20 mL	Cromatografia HPLC	Neurológicos, hemáticos, cancerígenos
Zinco	Soro e urina	4-8°C	2 mL soro 20ml Urina	Colorimetria	Gastrintestinal, muscular e cardíaco



4. OBJETO DA CHAMADA DE SUBPROJETO *

Fauna em áreas de mata no Córrego Ferro-Carvão e Bacia do Rio Paraopeba.

4.1. OBJETIVO GERAL

Realizar a confecção de plano amostral e, posteriormente, a captura (de acordo com o plano confeccionado) de exemplares da fauna em áreas de mata ao longo do Córrego Ferro-Carvão e da bacia do Rio Paraopeba a jusante desse, para coleta não letal de amostras biológicas para futuras análises toxicológicas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar um plano amostral, de acordo com metodologia científica aceita nacional ou internacionalmente para monitoramento de fauna;
- Realizar a coleta de espécies da fauna em áreas de mata ao longo do Córrego Ferro-Carvão e bacia do Rio Paraopeba a jusante desse;
- Realizar a identificação dos animais coletados a nível de gênero ou espécie e determinar as principais medidas biométricas e anatômicas desses;
- A partir dos animais capturados, contidos e/ou sedados, realizar a coleta não letal de amostras biológicas (pelos, penas, fezes, urina, sangue total, sangue coletado em tubos com heparina de lítio e soro) para futura análise toxicológica (metais, metaloides e compostos orgânicos tóxicos).

*Adaptado da “Chamada pública interna induzida nº 05/2019 - Coleta de amostras de animais da fauna em áreas de mata na bacia do rio Paraopeba para análise toxicológica”



5. METODOLOGIA

5.1. ÁREA DE ESTUDO

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, o Rio Paraopeba é um dos mais importantes tributários do Rio São Francisco, percorrendo aproximadamente 510 quilômetros até a sua foz, no lago da represa de Três Marias. Suas nascentes localizam-se ao sul do município de Cristiano Ottoni e têm como seus principais afluentes os Rios Águas Claras, Macaúbas, Betim, Camapuã e Manso. Quanto aos aspectos fisiográficos da bacia, destaca-se por ser uma área de transição entre Cerrado e Mata Atlântica e abrigando diversas espécies da fauna e flora, algumas já ameaçadas de extinção. É possível ainda encontrar na bacia Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), Unidades de Conservação como o Parque Estadual da Serra do Rola Moça e ainda outras reservas ambientais como a Gruta Rei do Mato, em Sete Lagoas, e área de proteção ambiental Vargem das Flores, em Contagem. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba é de extrema relevância no âmbito do abastecimento público de água, pois é responsável pelo fornecimento de, aproximadamente, 53% da população da região metropolitana de Belo Horizonte, por meio dos sistemas Várzea das Flores, Serra Azul e Rio Manso (Tozzi et al. 2018).

5.2. PLANO AMOSTRAL

O plano amostral deste Subprojeto segue os modelos de monitoramento do ICMbio e de coleta de amostras pelo protocolo descrito no anexo 4 do documento “*Action Plan to eradicate the illegal use of poison in the countryside*” (LIFE08NAT/E/000062, União Européia, 2013). Adaptações foram realizadas para ajuste à realidade da área determinada e ao prazo de execução do projeto. Estas adaptações atendem ao objetivo final de realizar a captura de exemplares da fauna em áreas de mata ao longo do Córrego Ferro-Carvão e da bacia do Rio Paraopeba a jusante desse. Serão realizadas coletas não letais de amostras biológicas para futuras análises toxicológicas, buscando respeitar



premissas de contemplar a maior heterogeneidade de espécies e um maior esforço amostral que seja viável à realidade do local, às condições oferecidas e ao prazo de execução.

Para a realização das coletas de espécies da fauna serão realizados seis esforços de captura (incluindo projeto piloto), um por mês, durante os seis meses de execução do Subprojeto, em cinco pontos pré-determinados objetivando uma maior amostragem da área no período proposto. Essas serão realizadas por equipe de profissionais especializados e com experiências em capturas de diferentes espécies silvestres de vida livre e supervisionada por professores experientes com fauna silvestre, coleta e armazenamento de amostras biológicas e geoprocessamento. Será realizada a captura dos táxons: anfíbios, répteis, aves, mamíferos não voadores e quirópteros, sendo essencial a realização de um projeto piloto para conhecimento das áreas que foram pré-determinadas em mapas digitais, bem como verificar acessibilidade aos locais e viabilidade da metodologia de captura a fim de se realizar possíveis alterações de pontos ou metodologia conforme viabilidade regional.

A equipe será composta por veterinários, alunos de pós-graduação, alunos de graduação e de iniciação científica, dos cursos de Ciências Biológicas e Medicina Veterinária da UFMG, e profissionais especializados contratados. A equipe se alojará em hotéis nas cidades próximas aos pontos de captura e coleta, sendo necessários veículos para deslocamento da equipe e transporte dos materiais durante a realização do trabalho de campo nos seis meses de execução do projeto.

Serão cinco campanhas, uma campanha por mês, totalizando os cinco meses de permanência do projeto, além de uma campanha para a realização do projeto piloto. Cada campanha será dividida em dois períodos de esforço de captura, com oito dias de duração cada, totalizando 16 dias de campo por mês. No primeiro período de esforço de captura de cada mês será realizada a captura de mamíferos não voadores, répteis e anfíbios; sendo um dia para montagem das armadilhas, seis dias para capturas e o oitavo dia para organização do material e deslocamento da equipe. Após a realização do primeiro esforço de captura será necessário o retorno da equipe a Belo Horizonte para atualização e consolidação dos dados obtidos, organização do material, elaboração de relatórios, preparação para o segundo período de esforço de captura e entrega das amostras sob refrigeração ($\leq -4^{\circ}\text{C}$) para o Comitê Técnico Científico (CTC) do Projeto Brumadinho-UFMG, a fim de serem criopreservadas. Ainda, neste período de intervalo entre capturas, que será de sete dias, será realizada atividades como auditoria e supervisão de todo o



processo pelo coordenador. Assim, ao findar o prazo de sete dias em Belo Horizonte, a equipe realizará um segundo período de esforço de captura trabalhando com a captura de aves e quirópteros, em conjunto, finalizando a campanha do mês. Portanto, ao final do projeto, terão sido efetuados 80 dias de atividades a campo.

De acordo com Thrusfiel (2005), considerando um cálculo amostral para estimar uma proporção simples e considerando como desconhecida a proporção de animais silvestres impactados pelo desastre e um erro de 20%, estima-se que será necessária a inclusão de 25 indivíduos de cada grupo de animais. Esse cálculo foi realizado de acordo com a seguinte equação: $n = (Z^2 \times P(1 / P)) / e^2$, em que:

- Z é o valor padronizado para o intervalo de confiança desejado, que no caso desse estudo foi de 95%, que corresponde a $Z=1.96$;
- P é a proporção esperada, considerada como 50% quando é desconhecida;
- E é o erro máximo tolerável que no caso foi de 20%.

O estudo piloto pode levar à alteração do tamanho amostral necessário, levando a um aumento da acurácia do estudo.

Sendo assim, em cada uma das cinco campanhas deverão ser coletados cinco indivíduos de cada grupo, totalizando-se após a realização de todas as campanhas um mínimo de 25 mamíferos terrestres, 25 aves, 25 répteis, 25 anfíbios e 25 quirópteros.

O projeto será gerido financeiramente pela FUNDEP – UFMG, a qual receberá e distribuirá os recursos financeiros, conforme o orçamento financeiro descrito neste projeto.

5.3. OBTENÇÃO DE LICENÇAS

Para a realização da captura de animais silvestres é necessária a obtenção da licença SISbio do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e integrado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente, e posteriormente a licença da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, sendo necessário tempo hábil para liberação das licenças antes do início das capturas.



O cronograma poderá sofrer alterações mediante o período de recebimento das licenças, as quais serão solicitadas em fevereiro, mas possuem prazo indefinido para a sua liberação, sendo variável de acordo com os comitês avaliadores e possíveis diligências.

5.4. ABERTURA DOS TRANSECTOS LINEARES NOS PONTOS PRÉ-DETERMINADOS

A abertura dos transectos lineares será realizada com a contratação de serviço de terceiros (roceiros/mateiros) e deve ser planejada e executada com antecedência antes do início dos esforços de captura. Abaixo são listados alguns cuidados essenciais:

5.4.1. Definição do local*

Através da utilização do programa QGIS serão definidos os cinco locais para abrir os transectos onde serão dispostas as armadilhas. A partir da área limite do Córrego do Feijão, será gerado um grid de medidas de lados iguais, de forma que 9 quadrados enquadrem a área total. Dentre estes, será realizado um sorteio de 5 quadrados. Dentro desses 5 grids sorteados serão realizados novos sorteios de forma a aumentar o zoom onde serão alocados os transectos até que se alcance grids de 0,25km² (500m x 500m). Definidos os 5 quadrados onde serão alocadas cada trilha de 400 m e adicionando-se arquivos de estradas (rodovias, estradas, trilhas), serão sorteados os pontos de início e do fim dos transectos sem se preocupar com a distância (400 metros), para definir o sentido do transecto. De maneira equidistante, entre os pontos de início e fim dos pontos de início e de fim sorteados será traçado cada um dos cinco transectos incluídos. Os transectos criados a partir da utilização do QGIS serão transferidos para o GPS modelo Garmim GPSMAP 64x/Glonass com mapa TopoActive América do Sul, com antena Helix Quádrupla.

Os dados geoespaciais produzidos estarão de acordo com as normas e padrões preconizados pela INDE. (<https://inde.gov.br/NormasPadroes>). Os arquivos de estrutura



vetorial serão baixados do INPE, em formato shapefile. Já os arquivos de estrutura matricial devem adotar o formato Tagged Image File Format (.tiff). O Sistema de Referência Geodésico utilizado na produção dos dados geoespaciais adotará o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas do ano 2000 (SIRGAS 2000), tanto para os dados produzidos em sistema de coordenadas geográficas, quanto para o sistema de coordenadas planas. Os arquivos contendo os dados geoespaciais serão acompanhados dos seus respectivos metadados, atendendo os requisitos da Resolução CONCAR nº1 de 2009.

*Adaptado da “Chamada pública interna induzida nº 05/2019 - Coleta de amostras de animais da fauna em áreas de mata na bacia do rio Paraopeba para análise toxicológica”

5.4.2. Características dos transectos

O transecto deverá seguir o sentido estipulado e será retilíneo. A largura deverá ser o suficiente para colocar os diferentes tipos de armadilhas que serão utilizadas para os diferentes táxons e o solo o mais limpo possível para deixar impressões dos rastros dos animais e facilitar a colocação das armadilhas (algumas armadilhas para pequenos mamíferos arborícolas podem ser colocadas em galhadas nas árvores sem danificar a flora local).

5.4.3. Marcação dos transectos e pontos no GPS

Os transectos reais podem diferir dos transectos que foram definidos no SIG, por isso, em campo, ao acompanhar a abertura dos transectos, o GPS será ativado para o registro das trilhas percorridas. Cada armadilha colocada também será registrada no GPS e identificada.



5.4.4. Monitoramento por armadilhas fotográficas

As armadilhas fotográficas são equipamentos eletrônicos amplamente utilizados para fins conservacionistas e de monitoramento de fauna em áreas de mata, em especial para estudos populacionais ou de comunidades de mamíferos (Kucera e Barret, 2011), por ser um método não invasivo e eficaz no estudo da vida selvagem.

Para o programa de monitoramento por câmera fotográfica serão utilizados transectos amostrais, de 400 metros, distribuídos através de uma classificação supervisionada. Serão utilizados cinco pontos de armadilhas por campanha, totalizando 5 armadilhas. O monitoramento por armadilhamento fotográfico contribui para uma maior abrangência do levantamento da fauna local já que pode incluir espécies e espécimes não capturados pelas armadilhas convencionais. As coordenadas dos pontos de localização de cada armadilha fotográfica, marcadas com auxílio do QGis serão conferidas com o GPS sempre antes do início de cada campanha.

5.4.5. Controle de armadilhas

Será utilizada uma planilha (Quadro 2) para controle diário das armadilhas, com informações contendo o número e tipo de armadilha, as condições do tempo durante a checagem, horário, observações importantes e a assinatura do integrante da equipe que realizou a verificação.

