

ANÁLISE DO IMPACTO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAPEBA APÓS 2 CICLOS HIDROLÓGICOS DO ROMPIMENTO DAS BARRAGENS DE REJEITOS DA MINERADORA VALE S.A.

*Impacts analysis on water quality Paraopeba river after mining Vale S.A. tailings dam
rupture in two hydrological cycles*

Antoniél Silva Fernandes^{1*}

Matheus Duarte Santos²

Patrícia Franklin Mayrink Nogueira³

Vanessa Kelly Saraiva⁴

Vitor Faria de Carvalho Oliveira⁵

Katiane Cristina de Brito Almeida⁶

Wanderlene Ferreira Nacif⁷

Marcelo da Fonseca⁸

¹ Doutor, mestre e graduado em Geografia, pós-graduado em Estudos de Impacto e Licenciamento Ambiental em Mineração e Grandes Empreendimentos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MINAS). Analista ambiental do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) – e-mail: antoniél.fernandes@meioambiente.mg.gov.br. * Autor correspondente.

² Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais e especialista em Gestão de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Graduado em Geografia pelo Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBh). Analista ambiental do Igam – e-mail: matheus.santos@meioambiente.mg.gov.br.

³ Doutora em Ciências e Mestre em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Pós-doutora na UFSCar e na Universidade de São Paulo (USP). Aperfeiçoamento na London School of Hygiene and Tropical Medicine (University of London). Graduada em Ciências Biológicas pela UFMG. Analista ambiental do Igam – e-mail: patricia.nogueira@meioambiente.mg.gov.br.

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, com Aplicações de Técnicas Nucleares no Meio Ambiente pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN.) Graduada em Química pela Fundação Universidade de Itaipua. Analista ambiental do Igam – e-mail: vanessa.saraiva@meioambiente.mg.gov.br.

⁵ Mestrando e graduado em Estatística pela UFMG. Analista ambiental do Igam – e-mail: vitor.oliveira@meioambiente.mg.gov.br.

⁶ Mestra em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos pela UFMG, especialista em Meio Ambiente e Gestão de Recursos Hídricos pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG), graduada em Biologia pela PUC-MINAS. Gerente de monitoramento da qualidade das águas no Igam. – e-mail: katiane.brito@meioambiente.mg.gov.br

⁷ Doutora e Mestra em Química pela UFMG. Diretora de Operações e Eventos Críticos do Igam – e-mail: wanderlene.nacif@meioambiente.mg.gov.br.

⁸ Mestre e graduado em engenharia civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Diretor-Geral do Igam – e-mail: marcelo.fonseca@meioambiente.mg.gov.br

RESUMO

A presente nota técnica científica tem por objetivo avaliar a qualidade das águas do rio Paraopeba, impactadas pelos rompimentos das barragens de rejeito, provenientes da Mina de Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., em Brumadinho, Minas Gerais, decorridos dois ciclos hidrológicos, após janeiro de 2019 até abril de 2021. O monitoramento mostrou que o trecho de aproximadamente 40 km de extensão (distância medida desde as barragens que romperam), entre os municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas, foi totalmente impactado, inviabilizando o uso da água. Nos três últimos períodos sazonais (período seco/2020, períodos chuvoso e seco/2021), observa-se que os valores de turbidez, manganês, ferro e chumbo ainda permanecem acima dos limites de Classe 2. Contudo, os registros desses parâmetros já se aproximam dos valores da série histórica do Igam, do período pré-rompimento ao longo da calha do rio Paraopeba.

Palavras-chave: Rompimento de barragem. Qualidade das águas. Rio Paraopeba.

ABSTRACT

The present scientific note aimed to assess water quality in the Paraopeba River, impacted by tailings released from the ruptured of Córrego do Feijão Dam (Brumadinho, Minas Gerais), in two hydrological cycles. The results demonstrated impacts on water supply for the municipalities provided by the Paraopeba River, approximately 40 km of extension from dam rupture, between Brumadinho and São Joaquim de Bicas. Over the last three seasonal periods (january/2020 to april/2021), concentration of turbidity, manganese, iron and lead above legislation limits were perceived. Nevertheless, these concentrations are already near to what had been noticed previously, according to the historical series in Paraopeba River recorded by Igam (Minas Gerais Water Management Institute) before the dam rupture.

Keywords: Dam rupture. Water quality. Paraopeba River.

Data de submissão: 22/10/2021

Data de aprovação: 09/12/2021

1 INTRODUÇÃO

Essencial para a vida, a água é um recurso natural e finito fundamental no desenvolvimento de atividades produtivas e na qualidade de vida, atendendo a um amplo espectro de suas necessidades. O aumento das atividades antrópicas tem tornado este recurso cada vez mais impróprio para os vários usos necessários para a qualidade de vida humana (ZHANG *et al.*, 2018). Portanto, são imprescindíveis o planejamento e o gerenciamento de

forma integrada dos recursos hídricos para o controle da poluição, a preservação e a manutenção dos serviços a que se destina este bem ambiental.

Neste contexto, se faz primordial o conhecimento da qualidade das águas a fim de definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso racional no intuito de minimizar e/ou impedir os possíveis conflitos pelo uso da água.

O dia 25 de janeiro de 2019 foi marcado pelo rompimento da barragem de rejeitos B-1, que por localizar a montante, provocou também o rompimento das barragens de rejeitos B-4 e B-4A, pertencentes à mineradora Vale S.A., no complexo minerário do Córrego do Feijão (Brumadinho, MG), o qual despejou cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de produção mineral (SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - SISEMA, 2021). A maior parte do rejeito ficou contida na calha do ribeirão Ferro-Carvão até sua confluência com o rio Paraopeba, no município de Brumadinho, e uma parte foi carregada pela calha do rio Paraopeba até o remanso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo, na divisa dos municípios de Pompéu e Curvelo, MG (SISEMA, 2021). Além dos danos ambientais, destacam-se 262 mortes e 08 pessoas desaparecidas.

Desde o dia 26 de janeiro de 2019, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) intensificou o monitoramento das águas e sedimentos no rio Paraopeba, com intuito de disponibilizar informações da situação do impacto e da qualidade das águas do rio Paraopeba ao longo do tempo, para tomada de decisão dos órgãos públicos e para fornecer dados atualizados à sociedade. A frequência de coletas na calha do rio Paraopeba entre Brumadinho e Felixlândia passou a ser diária na água superficial e semanal no sedimento durante os primeiros 60 dias após o rompimento. Com o desenvolvimento dos trabalhos e diminuição de alterações significativas nas concentrações dos parâmetros, esta frequência passou a semanal e depois mensal, tanto nas águas superficiais quanto nos sedimentos. Além disso, o Igam adicionou ao monitoramento 8 estações de amostragem para um melhor acompanhamento do impacto causado sobre as águas do rio Paraopeba.

Em 2021, o Igam monitora, mensalmente, 15 pontos na calha do rio Paraopeba até a represa de Três Marias. Os resultados têm sido consolidados na forma de relatórios técnicos e boletins informativos, com o intuito de orientar as ações dos órgãos competentes, bem como fornecer à sociedade a situação da qualidade das águas atingidas pelo desastre.

Nesse contexto, a presente Nota Técnica Científica tem por objetivo apresentar os resultados da qualidade das águas superficiais do rio Paraopeba decorridos dois ciclos hidrológicos (até abril de 2021), após o rompimento das barragens de contenção de rejeitos da mina Córrego do Feijão, da Vale S.A., a fim de orientar o Governo de Minas Gerais quanto à situação da água do rio Paraopeba, e conseqüentemente, subsidiar as recomendações às populações atingidas quanto aos usos múltiplos da água.

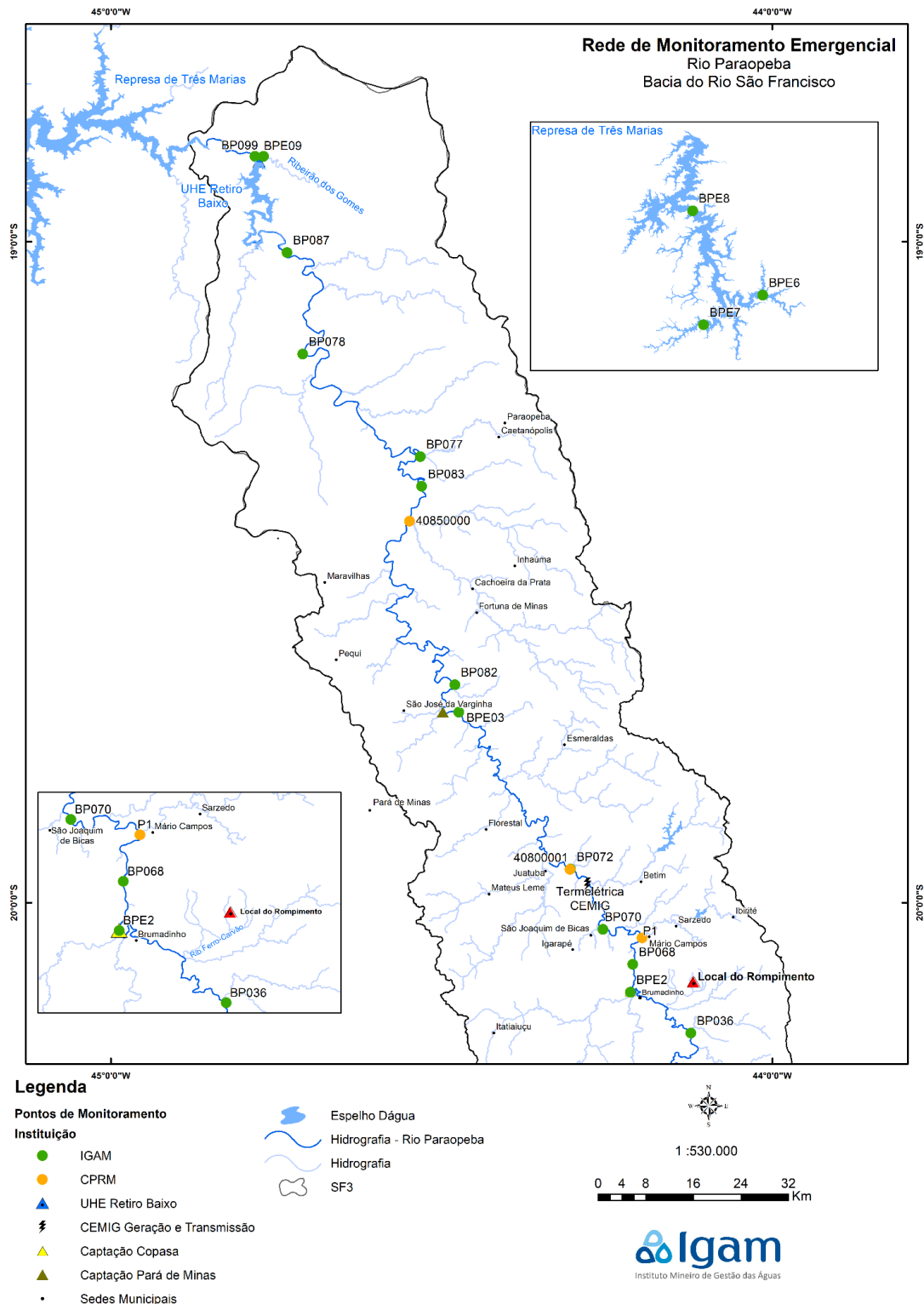
2 MATERIAL E MÉTODOS

A análise da qualidade da água do rio Paraopeba foi feita por meio de uma rede de monitoramento operada pelo Igam, entre o dia 26 de janeiro de 2019 até abril de 2021 (MAPA 1). A localização e o número de pontos da rede amostral foram definidos de maneira que se tenha a melhor representatividade espaço-temporal da área de estudo.

Os parâmetros selecionados para a caracterização do impacto do desastre nesta nota técnica científica, em termos de indicações para avaliar a qualidade das águas, foram turbidez e a série metálica: manganês total, ferro dissolvido e chumbo total. Foi apresentada a distribuição dos valores máximos registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021), e os respectivos destaques dos resultados em função dos limites legais e máximos históricos.

As análises de turbidez se reportam à magnitude de aportes de material particulado e solúvel, ao qual o sistema hídrico está submetido. Já para alguns metais ou outras substâncias por serem tóxicas em determinadas concentrações para quase todas as formas de vida, eles possuem limites rigidamente controlados pela legislação. Deste modo, utilizou-se a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH nº 1/2008 como legislação reguladora, bem como para avaliar o atendimento aos limites definidos para os parâmetros físico-químicos e o enquadramento das águas superficiais (CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM; CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CERH, 2008).

Mapa 1 – Distribuição Geográfica da Rede de Monitoramento especial do rio Paraopeba



Fonte: IGAM (2021)

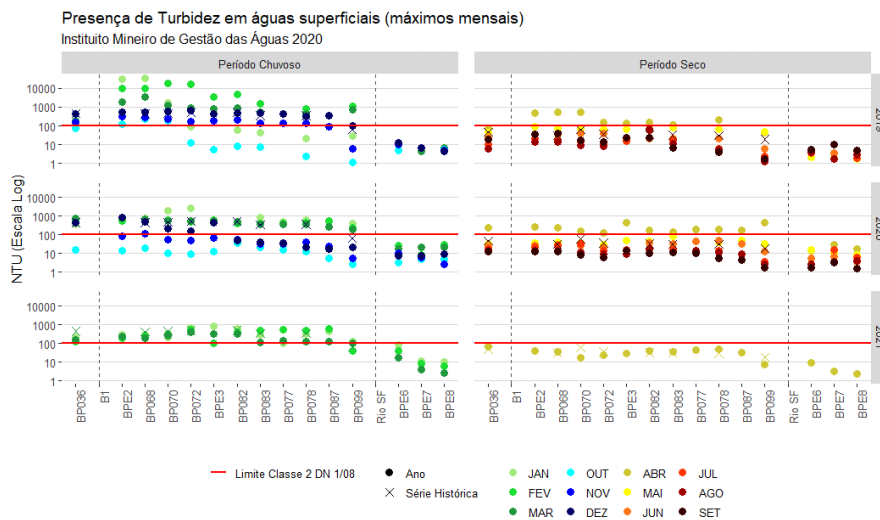
Para explicitar os resultados dos parâmetros foram elaborados gráficos e mapas que utilizaram os valores dos máximos mensais no monitoramento especial do rio Paraopeba realizado pelo Igam no período compreendido entre janeiro de 2019 a abril de 2021; por ponto de monitoramento, separados em períodos seco (AMJ e JAS) e chuvoso (JFM e OND). Além disso, foram representados os valores máximos obtidos na série histórica do monitoramento realizado pelo Igam, entre os anos de 2014 a 2018 (período pretérito ao rompimento). O Eixo y de cada gráfico apresenta o valor/concentração do parâmetro, enquanto o eixo x representa os pontos de monitoramento, no sentido montante-jusante na bacia. No caso de turbidez, o gráfico é apresentado em escala logarítmica.

3 QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PARAOPEBA

3.1 Turbidez

É possível verificar que, de maneira geral, os maiores níveis de turbidez foram registrados nos 60 dias subsequentes ao rompimento da barragem (fev. e mar. de 2019 – Período Chuvoso), especialmente no trecho localizado nos primeiros 40 km a jusante do barramento (BPE2, BP068 e BP070), que foi o mais impactado e apresentou os níveis mais elevados de turbidez, seguido do trecho localizado entre a termelétrica de Igarapé (BP072) até a montante da UHE Retiro Baixo (BP087) (GRÁFICO1).

Gráfico 1 – Dispersão dos valores máximos mensais de turbidez no período de jan/19 a abr/21, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba



Fonte: IGAM (2021)

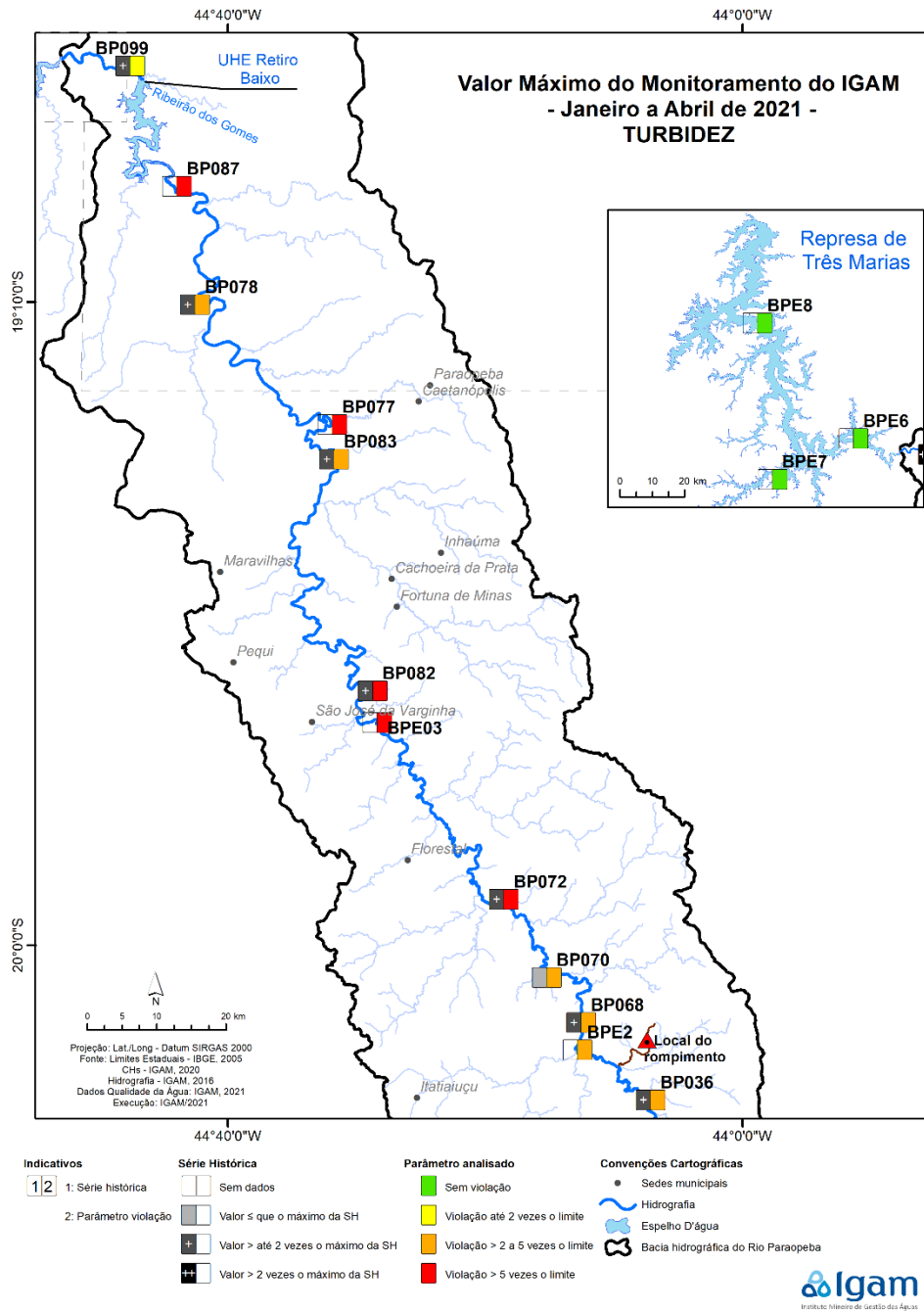
Os níveis de turbidez no trecho a jusante da UHE Retiro Baixo (da estação BP099 em diante) permaneceram abaixo do limite legal na maioria dos resultados, a exceção alguns picos registrados nos meses de fevereiro e março de 2019, na estação BP099. Salienta-se que não há indícios de que os rejeitos tenham ultrapassado o reservatório da UHE de Retiro Baixo. Os picos registrados na estação BP099 estão relacionados a influência direta do ribeirão dos Gomes, situado no município de Curvelo⁹. Nas estações localizadas na represa de Três Marias a turbidez não sofreu alterações, apresentando-se sempre abaixo do limite legal (98% dos resultados inferiores a 30 NTU).

Observa-se a interferência das chuvas na qualidade das águas do rio Paraopeba, sobretudo nas áreas próximas ao rompimento, uma vez que o aumento do escoamento superficial e da vazão do rio acarretam a remobilização do material depositado no leito e novos aportes de rejeitos para o rio. Esse fato foi observado principalmente nos primeiros meses dos anos de 2019 e 2020 (janeiro a abril). A partir do período seco de 2020, os registros de turbidez aproximam-se dos valores da série histórica do monitoramento do Igam.

⁹ Para mais detalhe consultar o Informativo nº 61 da Qualidade das Águas do rio Paraopeba disponível em http://feam.br/images/stories/2021/RECUPERACAO_PARAOPEBA/Informativo_Trimestral_61_IGAM_Paraopeba.pdf.

No Mapa 2 é apresentada a distribuição dos valores máximos de turbidez registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021).

Mapa 2 – Distribuição espacial dos valores máximos de turbidez registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021



Fonte: IGAM (2021)

Apesar da redução dos valores de turbidez observada ao longo dos meses, verificou-se que o máximo registrado em 2021 esteve acima do limite de classe 2 e acima do máximo da série histórica do monitoramento do Igam (de 2014 a 2018), ao longo de todo o Paraopeba, inclusive no trecho a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão (BP036). Exceção para os pontos de monitoramento situados na represa de Três Marias (BPE6, BPE7 e BPE8). Contudo, verifica-se que os valores de turbidez dos últimos 4 meses avaliados aproximam das condições pretéritas ao rompimento, especialmente no trecho mais próximo ao rompimento das barragens (MAPA 2).

3.2 Manganês Total

Manganês e ferro estão diretamente relacionados às atividades de mineração desenvolvidas na área do desastre, pois são encontrados no rejeito de minério, sobretudo, no minério de ferro. Por ser o principal insumo de extração da mina, os resultados desses metais são essenciais para o entendimento do impacto do rompimento das barragens.

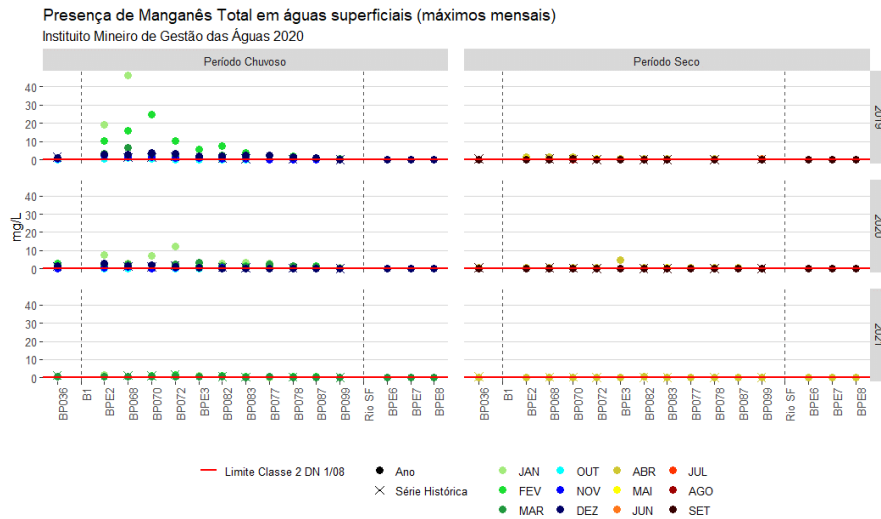
Para fins de melhor visualização dos resultados, no Gráfico 2, são apresentados os resultados do eixo y até 40 mg/L, e no Gráfico 03 um recorte com os dados até 3 mg/L. Observa-se que o primeiro período chuvoso, logo após o rompimento das barragens da Vale S.A, os registros de manganês chegaram a 46 mg/L na estação de amostragem localizada em São Joaquim de Bicas (BP068), extrapolando em mais de 35 vezes o máximo obtido na série histórica desse ponto (1,29 mg/L). Observa-se que os valores se reduziram paulatinamente ao longo dos meses no ano de 2019.

Nos três pontos monitorados do reservatório de Três Marias, este parâmetro se mostrou abaixo do limite estabelecido, é exceção o mês de agosto de 2020, no ponto BPE8, em que o valor superou o limite estabelecido (0,14 mg/L) (GRÁFICO 3). Contudo, destaca-se que a elevação foi pontual, não tendo associação com os impactos dos rejeitos da barragem.

No Gráfico 3 é possível observar que, com a chegada do período chuvoso de 2020, verifica-se novamente elevação dos teores de manganês, e esta elevação foi estendida ao longo do rio Paraopeba desde a confluência com o ribeirão Ferro Carvão até a UHE Retiro Baixo. Nos três últimos períodos sazonais avaliados (período Seco de 2020, e períodos Chuvoso e Seco de 2021) observa-se que os valores de manganês obtidos em cada ponto de monitoramento

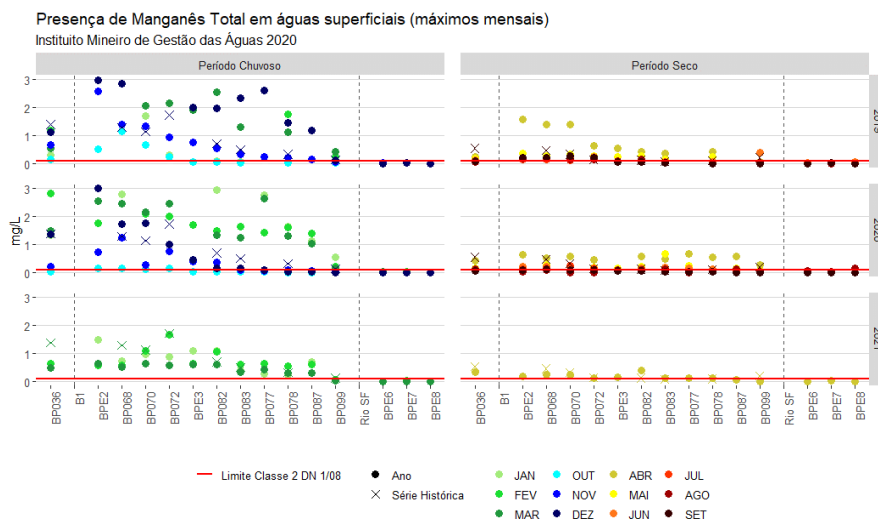
ainda se apresentam em desconformidade com o limite de classe 2 (0,1 mg/L Mn), contudo já se aproximam da série histórica do Igam (período pré-rompimento).

Gráfico 2 – Dispersão dos valores máximos mensais de manganês total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba. Valores até 40,0 mg/L Mn



Fonte: IGAM (2021)

Gráfico 3 – Dispersão dos valores máximos mensais de manganês total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba

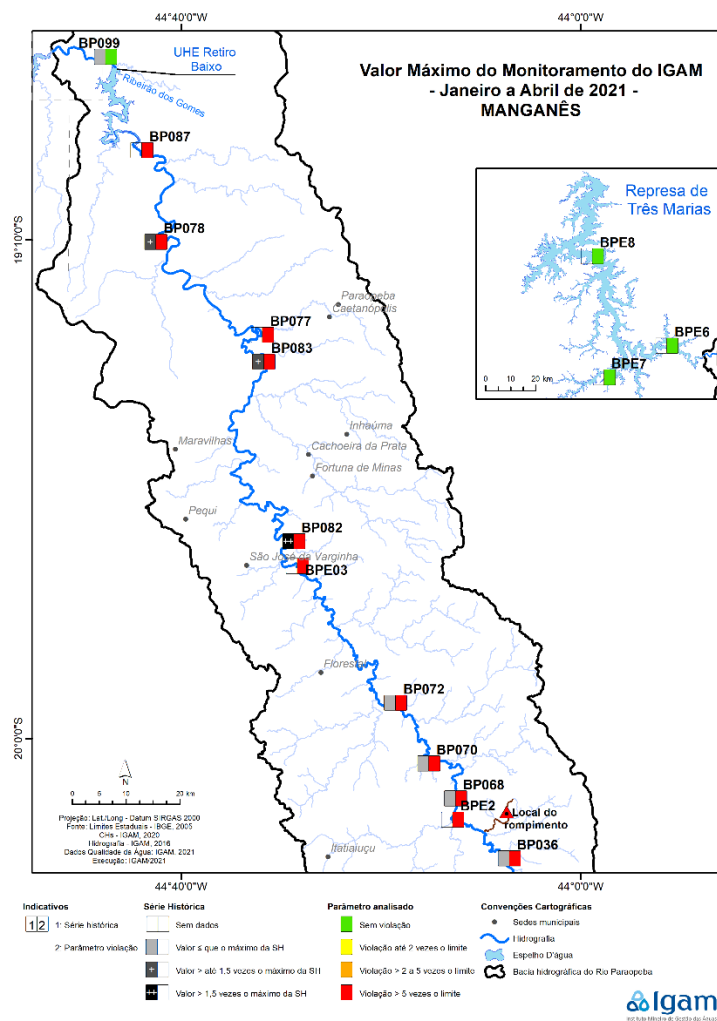


Fonte: IGAM (2021)

Nota: Recorte para valores até 3,0 mg/L Mn

No que se refere aos dados de manganês total obtidos nos primeiros 4 meses de 2021 assim como observado para a turbidez, foram registradas violações do limite de classe em mais de 5 vezes o limite estabelecido (0,1 mg/L Mn), ao longo de toda a calha, inclusive no trecho que não recebeu impacto dos rejeitos (BP036), com exceção das estações localizadas a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) e no reservatório de Três Marias (BPE6, BPE7 e BPE8) (MAPA 3).

Mapa 3 – Distribuição espacial dos valores máximos de manganês total registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021



Fonte: IGAM (2021)

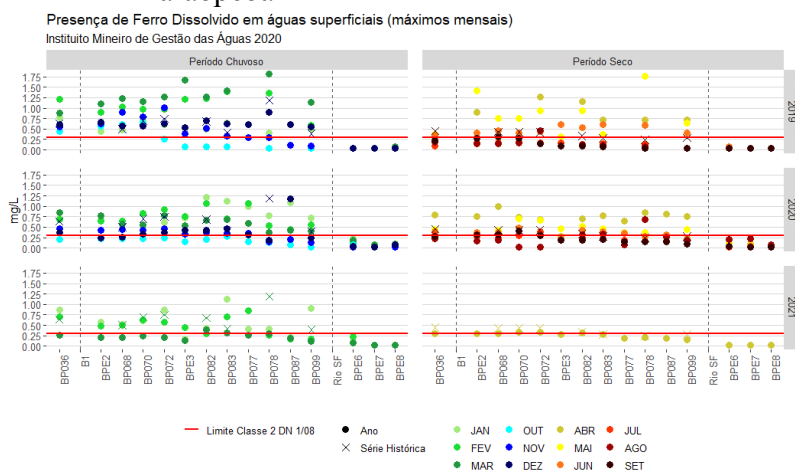
Em comparação com a série histórica de 2014 e 2018 (pretérita ao rompimento), observa-se que as concentrações foram inferiores para as proximidades do rompimento, entre

Brumadinho e Betim (MAPA 3). Esses resultados indicam que os valores de manganês, assim como para turbidez, dos últimos 4 meses avaliados, se aproximam das condições pretéritas ao rompimento, especialmente no trecho próximo ao desastre.

3.3 Ferro Dissolvido

Apesar do ferro ser um dos principais constituintes do material proveniente do rompimento das barragens, observa-se que o ferro dissolvido apresentou diferença no comportamento em relação ao manganês total. Na análise dos resultados de ferro dissolvido verificou-se que desde o ponto a montante do ribeirão Ferro-Carvão, que não sofreu impacto dos rejeitos, ao longo do rio Paraopeba (no trecho impactado), até a estação a jusante da UHE Retiro Baixo (trecho em que não se verificou influência dos rejeitos), os níveis de ferro dissolvido estiveram acima do limite legal ao longo dos anos de 2019 e 2020. Ademais, observa-se uma redução dos níveis de ferro dissolvido nos três últimos períodos avaliados (Período Seco de 2020, e Períodos Chuvoso e Seco de 2021). Apesar dos valores ainda permanecerem acima do limite de Classe 2 (0,3 mg/L Fe), eles se aproximam dos valores da série histórica do monitoramento do Igam em todos os pontos monitorados. A exceção se deu para o mês de abril de 2021, quando foram registradas extrapolações do limite de classe nas estações localizadas em São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072) e Esmeraldas (BP082), contudo com valores dentro do observado na série histórica (GRÁFICO 4).

Gráfico 4 – Dispersão dos valores máximos mensais de ferro dissolvido no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba

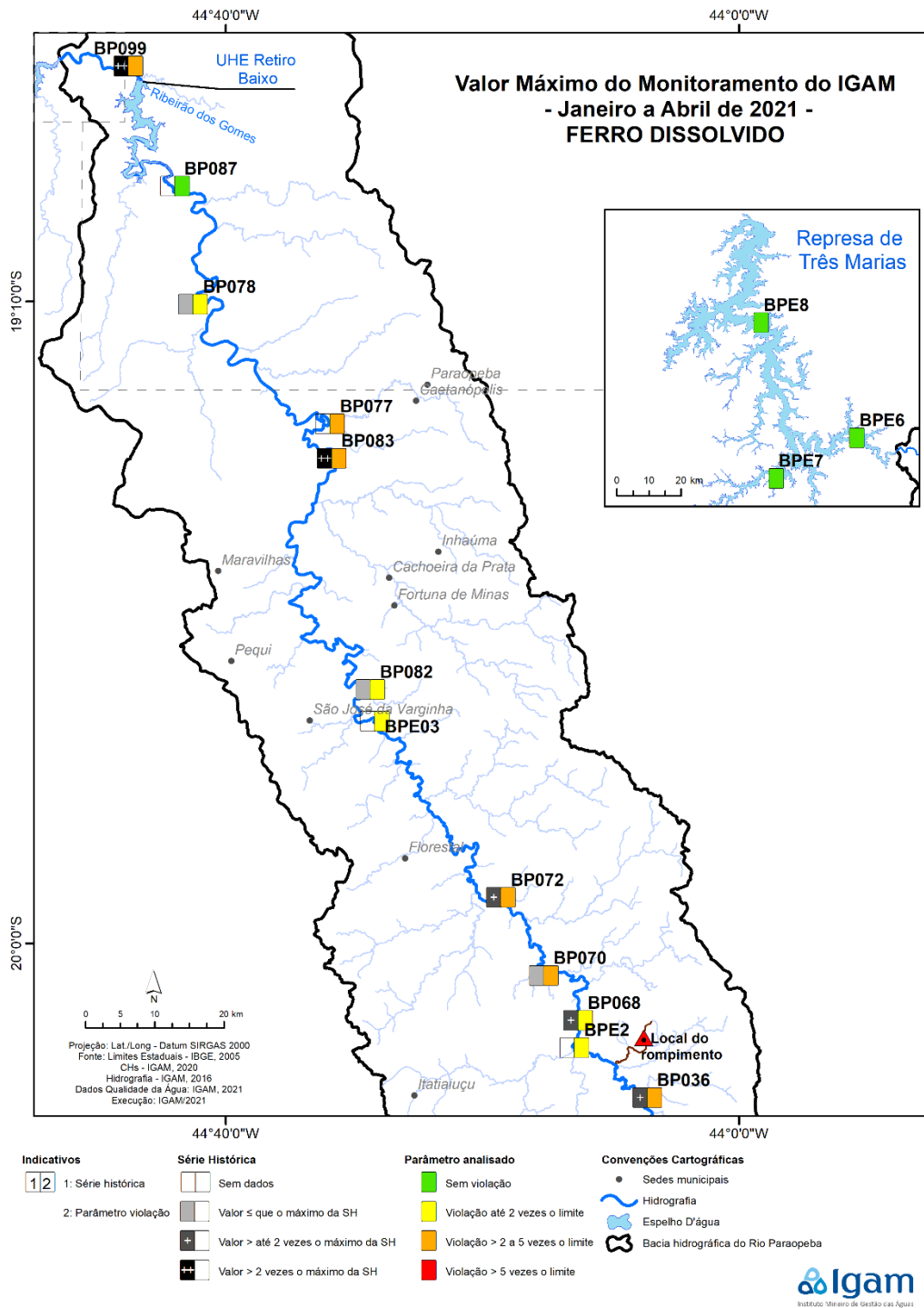


Fonte: IGAM (2021)

É importante salientar que a qualidade da água do trecho a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) é fortemente influenciada pelas águas do ribeirão dos Gomes, tendo em vista a proximidade do ponto amostrado com a foz desse ribeirão. O que explica as extrapolações de ferro dissolvido registradas nesse trecho. No entanto, mais adiante, na represa de Três Marias, o ferro dissolvido se mostrou abaixo do limite estabelecido em todos os pontos monitorados.

As concentrações de ferro dissolvido violaram o limite legal (0,3 mg/L Fe), entretanto, as concentrações foram inferiores a 5 vezes, ao longo de toda a calha do rio Paraopeba, desde a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão (BP036) até o município de Pompéu (BP078) e a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) (MAPA 4). Destaca-se que esse último ponto tem influência direta do ribeirão das Almas, afluente da margem direita do rio Paraopeba. As estações montantes a UHE Retiro Baixo (BP087) e dentro da represa de Três Marias estiveram em conformidade com o limite de classe 2.

Mapa 4 – Distribuição dos valores máximos de ferro dissolvido registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021



Fonte: IGAM (2021)

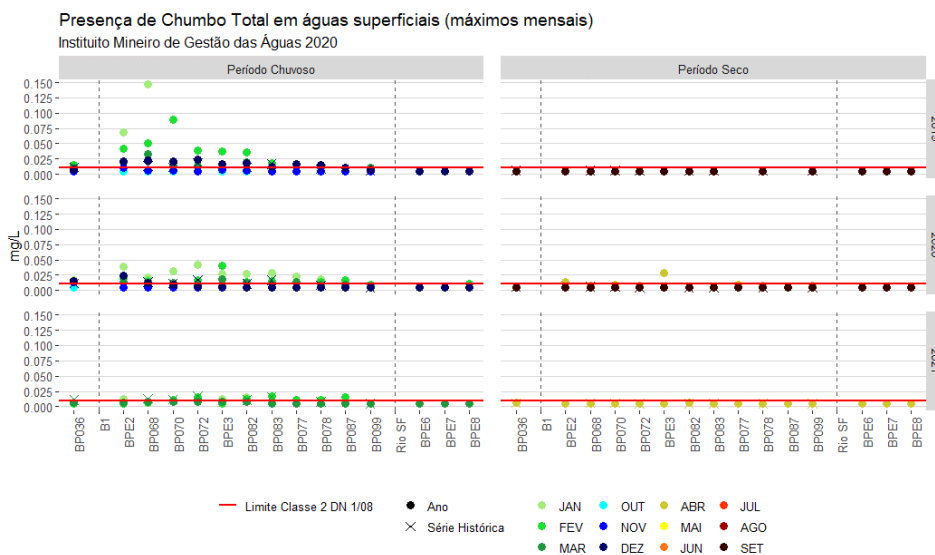
Em relação a série histórica de 2014-2018, observa-se que as estações de São Joaquim de Bicas, Betim e Paraopeba (BP068, BP072 e BP083), além do trecho de montante,

apresentaram oscilações ao longo dos primeiros quatro meses de 2021, ora apresentando valores abaixo do máximo da série histórica e ora apresentando valores acima. Esses resultados indicam que as concentrações de ferro dissolvido na água do rio Paraopeba estão associadas tanto ao rompimento das barragens, quanto à contribuição da bacia de drenagem.

3.4 Chumbo total

As concentrações de chumbo total, na calha do rio Paraopeba, a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, se apresentaram acima dos máximos históricos logo após o desastre. Apesar de não fazer parte da composição do rejeito, a presença de chumbo na água esteve associada ao arraste de materiais que se misturaram à lama durante a passagem da frente de rejeito e propiciaram o aumento das concentrações de alguns contaminantes no período pós-desastre (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – Dispersão dos valores máximos mensais de chumbo total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba



Fonte: IGAM (2021)

Análogo aos resultados de turbidez e manganês total, o chumbo total também apresentou elevação expressiva nas estações de amostragem localizadas logo após a confluência com o ribeirão Ferro Carvão, nos meses seguintes ao rompimento das barragens, seguida de

uma redução na estiagem de 2019, e novamente uma elevação dos valores com a chegada do período chuvoso de 2020.

Observa-se que nos últimos meses avaliados (janeiro a abril de 2021), os valores de chumbo ainda permanecem acima do limite de Classe 2 (0,01 mg/L Pb), especialmente no mês de fevereiro de 2021. Contudo, apesar de registros acima do máximo da série histórica, observa-se que os registros de chumbo estiveram próximos ao observado na série histórica do monitoramento realizado pelo Igam (GRÁFICO 5).

Na estação de amostragem localizada a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) não foi observada extrapolação do limite de Classe 2 para o chumbo total durante o monitoramento especial após o desastre. Já no reservatório de Três Marias, com exceção do mês de fevereiro de 2020 (0,011 mg/L – BPE8), o chumbo total se apresentou constante e abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,0005 mg/L) e abaixo do limite de Classe 2 (0,01 mg/L). O único registro da presença de chumbo total no BPE8 sugere relação com fatores externos ao rompimento das Barragens B-1, B-4 e B-4A, podendo ter origem, inclusive, de outras fontes presentes na bacia que drenam para o reservatório.

4 CONCLUSÃO

O rompimento das barragens operadas pela Vale S.A., em 2019, causou impactos significativos na qualidade hídrica do rio Paraopeba. Nos 60 dias subsequentes ao rompimento (final de janeiro a abril de 2019) aconteceram os maiores impactos sobre as águas do rio, especialmente no trecho de aproximadamente 40 km de extensão (distância medida desde as barragens que romperam), entre os municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas. O monitoramento mostrou que esse trecho foi totalmente impactado, inviabilizando o uso da água, pois encontrava-se com valores elevados de turbidez, ferro, manganês, chumbo, alumínio e mercúrio (os dois últimos não tratados nesta nota técnica).¹⁰

Ademais, as ocorrências de chuvas, que contribuíram com a remobilização do material depositado no leito do rio ou aporte de rejeito oriundo das barragens que romperam, também foi fator agravante. Essa oscilação foi verificada nos arredores dos municípios de

¹⁰ Para mais detalhes consultar o Caderno Especial do acompanhamento da qualidade das águas do Rio Paraopeba após 2 anos do rompimento das barragens da Mina Córrego Feijão disponível em: http://feam.br/images/stories/2021/RECUPERACAO_PARAOPEBA/Caderno_Especial_2021_Avaliacao_da_qualidade_das_aguas_e_sedimentos_do_rio_Paraopeba.pdf

Betim, Esmeraldas, São José da Varginha, Papagaios, Paraopeba, Curvelo e Pompéu. Com base nesse acompanhamento, em 22/02/2019, a orientação para suspensão do uso da água bruta do rio Paraopeba foi ampliada para desde a confluência com o ribeirão Ferro-Carvão até o município de Pompéu, nos limites da UHE Retiro Baixo.

No período chuvoso 2019-2020 (principalmente nos meses de dez./2019 e jan./2020) foram observadas anomalias positivas de precipitação, o que contribuiu com os acumulados de chuva na bacia do rio Paraopeba. Consequentemente, os resultados medidos pelo Igam mostraram um aumento das concentrações de turbidez, ferro, manganês e alumínio no rio Paraopeba, comparativamente ao período de estiagem de 2019. Além disso, o chumbo, que durante os meses de abril a novembro de 2019 esteve abaixo do limite de classe, a partir do mês de dezembro de 2019, passou a registrar violações do limite de classe em todos os pontos monitorados ao longo da calha do rio Paraopeba, desde o município de Brumadinho até na estação de monitoramento localizada a montante da UHE Retiro Baixo. O comportamento desses parâmetros já era esperado em função do período chuvoso, que em janeiro de 2020 apresentou valores elevados de precipitação, e do revolvimento do material que ainda se encontra depositado no leito do rio, sobretudo nas áreas próximas ao rompimento.

No que se refere aos últimos 13 meses avaliados (abr./2020 a abr./2021), três últimos períodos sazonais, observa-se que os valores de turbidez, manganês, ferro e chumbo ainda permanecem acima dos limites de Classe 2. Contudo, os registros desses parâmetros já se aproximam dos valores da série histórica do Igam.

Há que se ressaltar que a qualidade das águas do rio Paraopeba é fortemente alterada durante os períodos chuvosos, sobretudo na região próxima da foz do ribeirão Ferro-Carvão. O aumento das vazões e a velocidade do fluxo do rio, nesse período, tem como consequência o revolvimento do material que ainda se encontra depositado no seu leito. A piora da qualidade da água do rio Paraopeba no trecho mais impactado (entre Brumadinho e Esmeraldas) também pode estar relacionada às atividades de dragagem realizadas pela Vale S.A, que ainda se encontram em andamento, como parte das medidas de reparação dos danos.

As atividades de dragagem no rio Paraopeba estão concentradas em um trecho de 2 km, desde aproximadamente 450 m a montante à 1,7 km a jusante da confluência do ribeirão Ferro-Carvão. Essas atividades envolvem o uso de escavadeiras e dragas para a sucção e recalque do material sedimentado. A operação das máquinas é responsável pelo revolvimento de sedimentos e pode impactar negativamente na qualidade da água superficial,

disponibilizando para a coluna d'água parte do material que está sendo remobilizado. Nesse sentido, a melhora da qualidade das águas do rio Paraopeba deve ser continuamente avaliada por meio do monitoramento sistemático dos diversos parâmetros físico-químicos.

Destaca-se também, que a bacia do rio Paraopeba está inserida na região minerária conhecida como Quadrilátero Ferrífero, sendo natural a concentração de ferro e manganês e havendo a possibilidade de ser impactada por outros empreendimentos a ela adjacentes, como os localizados no alto curso da bacia. Dessa maneira, alguma alteração já era percebida nesse corpo de água antes do rompimento das barragens.

O rio Paraopeba é um dos principais afluentes do reservatório de Três Marias, que é utilizado para a agricultura, pastagem, silvicultura, pesca, piscicultura, navegação e turismo (PRADO; POMPEU, 2014). No entanto, salienta-se que, até o momento, não foram encontradas anomalias nos parâmetros monitorados que pudessem estar relacionados com o rejeito nos pontos de monitoramento localizados dentro do reservatório de Três Marias.

REFERÊNCIAS

ALI, H.; KHAN, E.; ILAHI, I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. **Journal of Chemistry**, London, v. 2019. DOI 10.1155/2019/6730305. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2019/6730305/>. Acesso em: 22 set. 2021.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 maio 2008.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Avaliação da qualidade da água e sedimentos do rio Paraopeba: acompanhamento da qualidade das águas do rio Paraopeba após 2 anos do rompimento da Barragem da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA – Brumadinho/MG**. Belo Horizonte: Igam, 2021. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2021/RECUPERACAO_PARAOPEBA/Caderno_Especial_2021_Avaliacao_da_qualidade_das_aguas_e_sedimentos_do_rio_Paraopeba.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das águas do rio Paraopeba, após o desastre na barragem B1 da Mineradora Vale/S.A. no município de Brumadinho – Minas Gerais.** Belo Horizonte: Igam, 2021. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2021/RECUPERACAO_PARAOPEBA/Informativo_Trimestral_61_IGAM_Paraopeba.pdf. Acesso em: 15 out. 2021.

PRADO, I. G.; POMPEU, P. S. Vertical and seasonal distribution of fish in Três Marias reservoir. **Lake and Reservoir Management**, London, v. 30, n. 4, p. 393–404, sept. 2014. DOI 10.1080/10402381.2014.955221. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10402381.2014.955221>. Acesso em: 22 set. 2021.

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (Minas Gerais). **Caderno de 1 ano: Rompimento das barragens da Vale em Brumadinho.** Disponível em: http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2020/ACOES_RECUPERACAO_PARAOPEBA/Caderno_1_ano_-_Rompimento_das_barragens_de_Brumadinho.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.

ZHANG, L. *et al.* Characterizing fluvial heavy metal pollutions under different rainfall conditions: Implication for aquatic environment protection. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 635, p. 1495-1506, sept. 2018. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.04.211. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29710671/>. Acesso em: 01 set. 2021.