


## *Informativo Nº 3*

Informativo semanal da avaliação dos sedimentos do rio Paraopeba 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

---

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2019



## 1. Introdução

No dia 25 de janeiro de 2019 rompeu-se a chamada barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho, espalhando uma espessa massa de rejeitos, com perdas humanas e materiais. Esse rejeito verteu pela microbacia do Ribeirão Ferro-Carvão, atingindo o rio Paraopeba. Ao chegar nesse corpo de água, o material pode tê-lo impactado por seus contaminantes associados e também por materiais e produtos que tenha carreado o deslocamento do rejeito.

Como responsável legal pelo monitoramento da qualidade da bacia do rio Paraopeba, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igama) solicitou ao laboratório a realização de coletas e análises emergenciais da qualidade da água e sedimentos de fundo no rio Paraopeba, trabalho este que se iniciou no dia seguinte ao evento com o planejamento do roteiro e deslocamento da equipe para a área.

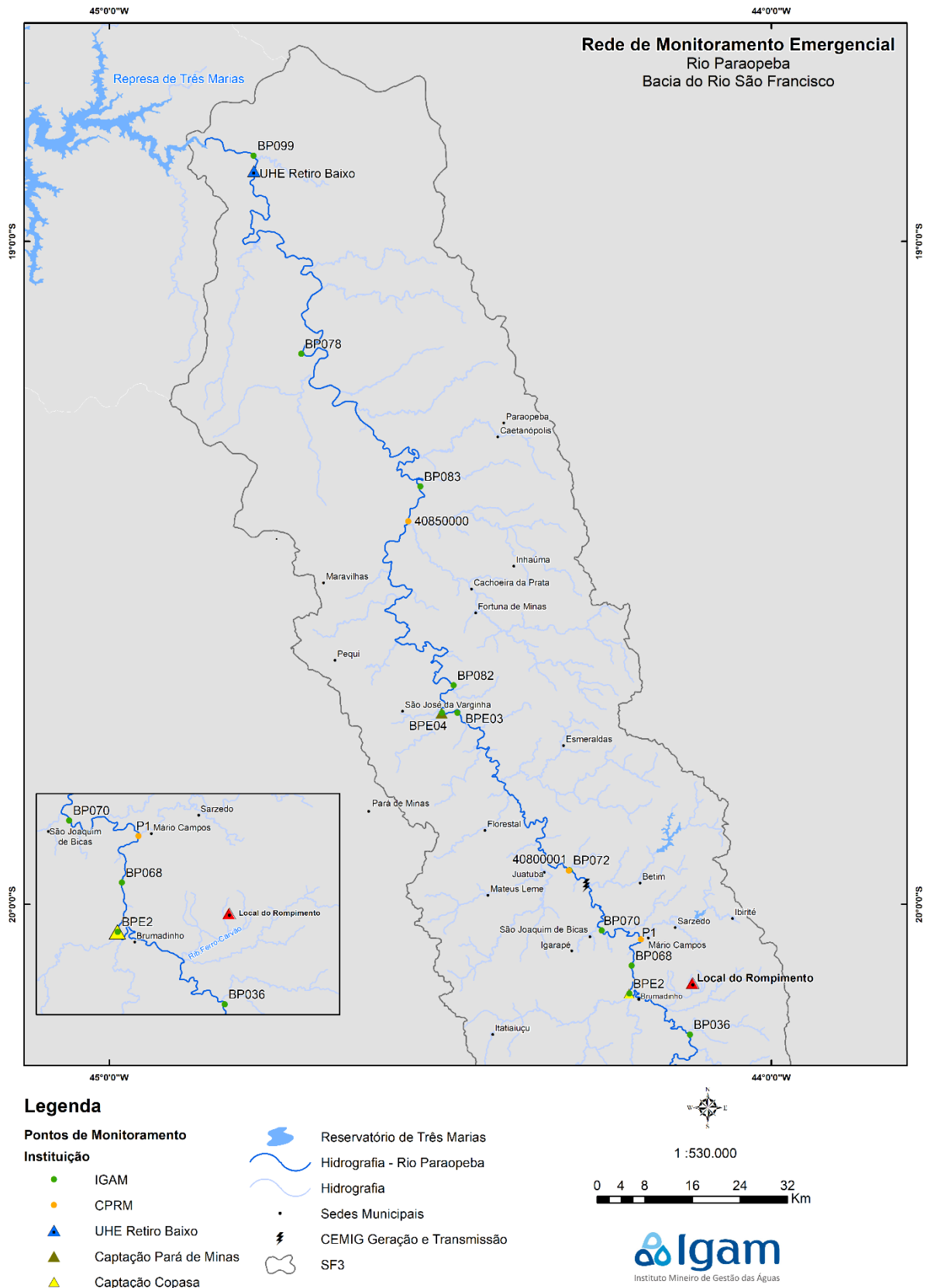
O plano emergencial contemplou a seleção dos pontos, dos parâmetros e da frequência da coleta das amostras, com o objetivo de avaliar o grau de interferência dos recursos hídricos afetados, permitindo, ainda, a avaliação dos níveis de poluição e degradação ambiental.

Foram avaliados os seguintes parâmetros nos sedimentos de fundo, com frequência semanal: alumínio, ferro e manganês. Também foram analisados os seguintes contaminantes: arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, além de outros elementos que possam ser detectados por varredura de raio X.

Na Tabela 1 são apresentadas as estações de monitoramento da calha nos corpos de água diretamente afetados pelo rompimento da barragem e os respectivos dias em que se iniciaram as coletas emergenciais para o acompanhamento da situação em função do evento. A localização geográfica dessas estações de monitoramento pode ser visualizada no mapa da Figura 1.

Este informativo foi gerado com os dados dos sedimentos coletados nos dias 27 e 28 de janeiro, 04 e 11 de fevereiro de 2019.

Figura 1: Localização Geográfica da Rede de Monitoramento Emergencial do rio Paraopeba.



**Tabela 1.** Descrição das estações de monitoramento avaliadas no monitoramento emergencial do rio Paraopeba pelo IGAM.

Instituição	Estação	LAT/LONG		Município	Distância até a Barragem B1	Descrição	Data do início da coleta diária	Periodicidade	Parâmetros
IGAM	BP036	-20,197	-	Brumadinho	10 km*	Rio Paraopeba na localidade de Melo Franco	28/jan	1x dia água	Série Metais Sedimentos
			44,123					1x semana sedimentos	
IGAM	BPE2	-20,135	-	Brumadinho	19,7 km	Rio Paraopeba na captação da COPASA	26/jan	1x dia água	
			44,215					1x semana sedimentos	
IGAM	BP068	-20,093	-	São Joaquim de Bicas	24,8 km	Rio Paraopeba 5 km a jusante da captação da COPASA em Brumadinho	26/jan	1x dia água	
			44,211					1x semana sedimentos	
IGAM	BP070	-20,04	-	Betim, São Joaquim de Bicas	42 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas	26/jan	1x dia água	
			44,256					1x semana sedimentos	
IGAM	BP072	-19,949	-	Betim	59 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba	26/jan	1x dia água	
			44,305					1x semana sedimentos	
IGAM	BPE4	-19,711	-	Pará de Minas	115,9	Rio Paraopeba na captação de Pará de Minas	08/fev	1x dia água	
			44,497					1x semana sedimentos	
IGAM	BP082	-19,670	-	Esmeraldas, São José da Varginha	123,1 km	Rio Paraopeba na localidade de São José, em Esmeraldas	27/jan	1x dia água	
			44,480					1x semana sedimentos	
IGAM	BP083	-19,370	-	Papagaios, Paraopeba	192,4 km	Rio Paraopeba logo após a foz do Ribeirão São João em Paraopeba	27/jan	1x dia água	
			44,530					1x semana sedimentos	
IGAM	BP078	-19,170	-	Curvelo, Pompéu	250,9 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu	27/jan	1x dia água	
			44,710					1x semana sedimentos	
IGAM	BP099	-18,871	-	Felixlândia, Pompéu	318,3 km	Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias	27/jan	1x dia água	
			44,787					1x semana sedimentos	

\*Estações a montante do local do desastre. Dessa forma a distância medida se refere da estação até a confluência do córrego Ferro-Carvão com o rio Paraopeba.

## RESULTADOS

Devido à inexistência de padrões brasileiros para qualidade de sedimentos, consideraram-se os limites estabelecidos pelo Conselho de Meio Ambiente (CONAMA) por meio de sua Resolução nº 454 de 8 de novembro de 2012 (Tabela 2). Esta resolução define limites de contaminantes em sedimentos para fins de dragagem de leitos de cursos d'água, bem como outras orientações. De acordo com Barbieri, 2015<sup>1</sup>, os limites definidos nesta resolução para os metais estudados baseiam-se nas orientações emitidas pelo Conselho Canadense de Ministros de Meio Ambiente (Canadian Council Of Ministers Of The Environment - CCME), as Diretrizes de Qualidade para a Análise de Sedimentos.

**Tabela 2:** Parâmetros de qualidade avaliados nos sedimentos de fundo.

Parâmetros Sedimento de Fundo	Limites da Res. CONAMA 454	
	Nível 1	Nível 2
Nitrogênio Total (mg/Kg N)		
Alumínio Total (mg/Kg Al)		
Arsênio Total (mg/Kg As)	5,9	17,0
Cádmio Total (mg/Kg Cd)	0,6	3,5
Chumbo Total (mg/Kg Pb)	35,0	91,3
Cobre Total (mg/Kg Cu)	35,7	197,0
Cromo Total (mg/Kg Cr)	37,3	90,0
Ferro Total (%)		
Manganês Total (%)		
Merúrio Total (mg/Kg Hg)	0,17	0,486
Níquel Total (mg/Kg Ni)	18,0	35,9
Selênio (mg/Kg Se)		
Vanádio Total (mg/Kg V)		
Zinco Total (mg/Kg Zn)	123,0	315,0

Vale destacar que a Resolução Conama nº 454/2012 não estabelece valores orientadores para os metais ferro, alumínio e manganês. Dessa forma utilizou-se os valores orientadores Vicq (2015)<sup>2</sup> em sua pesquisa do Mapeamento Geoquímico e Estabelecimento de Valores e Referência (Background) de Sedimentos Fluviais do Quadrilátero Ferrífero.

Na Figura 2 são apresentados os resultados de ferro e manganês dos sedimentos coletados nos dias 27 e 28/01, 04/02 e 11/02 de 2019 no rio Paraopeba. Os resultados desses metais são expressos em porcentagem de peso seco (%) dada as suas

<sup>1</sup> BARBIERI, C. B. Caracterização de crime ambiental de poluição por meio de abordagem multiparamétrica e incorporando incerteza de amostragem. 2015. 194 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), São Paulo.

<sup>2</sup> COSTA, Raphael de Vicq Ferreira da. Mapeamento geoquímico e estabelecimento de valores de referência (background) de sedimentos fluviais do Quadrilátero Ferrífero. 2015. 185 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

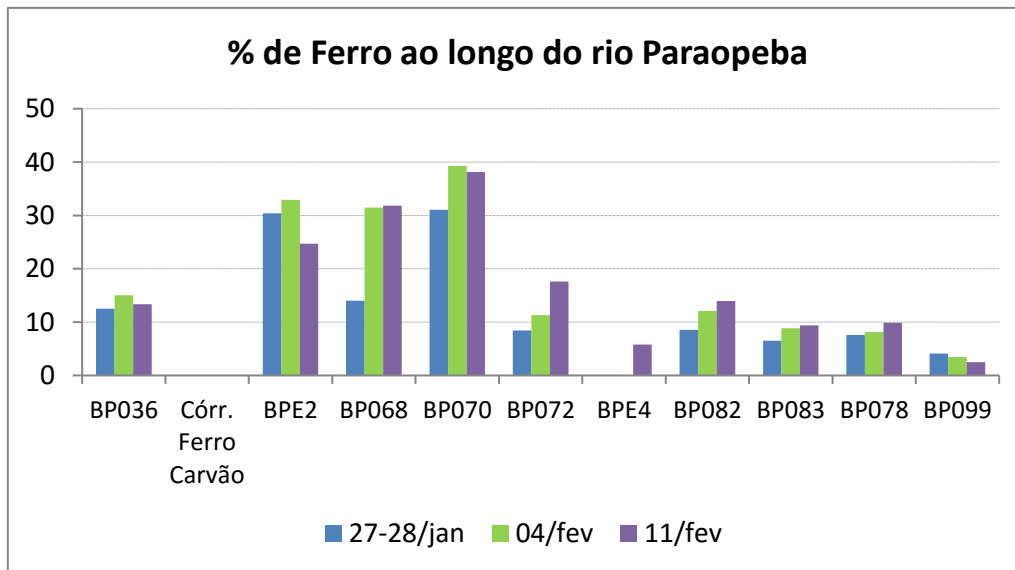
importâncias relativas quanto à composição dos sedimentos que geralmente são encontrados. As coletas de sedimentos ocorreram no dia 27/01 nos pontos BP082, BP083, BP078 e BP099, e no dia 28/01 nos pontos BP036, BPE2, BP068, BP070 e BP072, e nos dias 04/02, 11/02 em todos os pontos da calha.

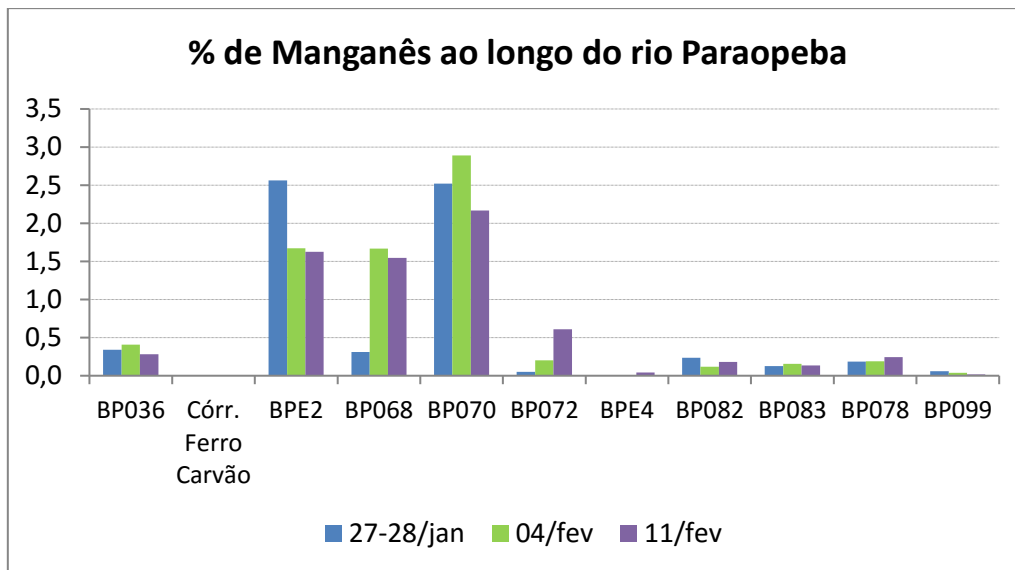
Os valores de referência de 28,10%, 4,52% e 0,33%, para ferro, alumínio e manganês, respectivamente utilizando a técnica de análise fractal, estabelecidos por Vicq (2015), serão utilizados no presente relatório como referência.

De acordo com os Informativo Diário dos Parâmetros de Qualidade Das Águas publicado pelo IGAM, na data de 11/02 eram observadas pequenas alterações na qualidade das águas no rio Paraopeba na divisa de Betim/Juatuba (BP072 –cerca de 59 km do desastre), em da presença dos rejeitos no rio Paraopeba.

Na medição de 11/02, verificou-se teores de ferro acima de 30% e de manganês cima de 2% na estação BP070. Verificou-se também um aumento gradual nos teores de ferro e manganês na estação BP072 (Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim) podendo ser um indicativo de que a pluma estaria próxima desse trecho.

**Figura 2:** Resultados de ferro e manganês em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.





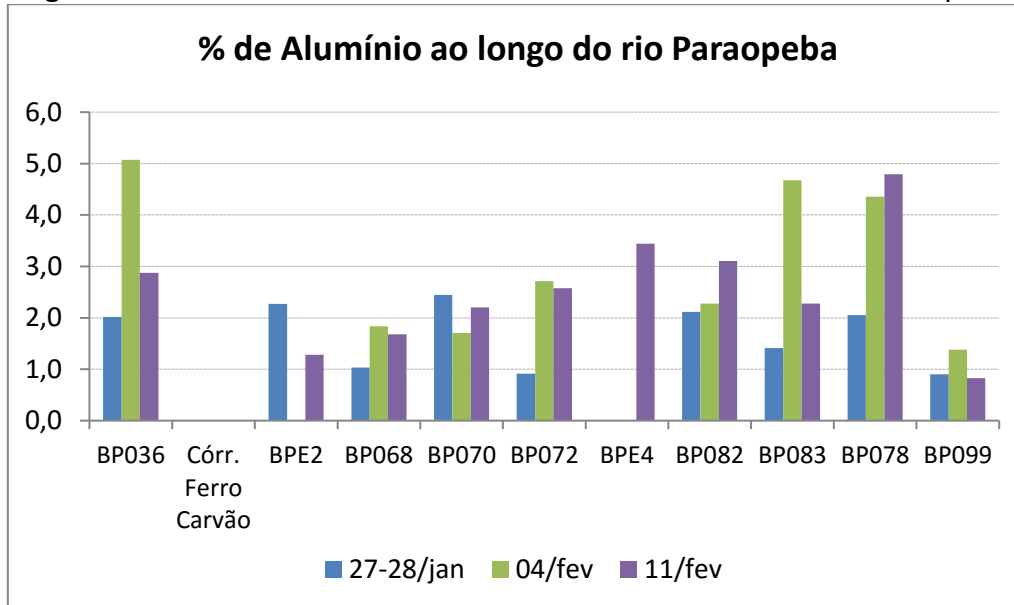
Portanto, os teores de ferro e manganês encontrados nos pontos BPE2, BP068 e BP070 foram superiores aos valores de referência citados por Vicq (2015), e superiores aos valores encontrados no trecho a montante do impacto, sendo, portanto indicativos da presença do rejeito que extravasou da barragem B1. Destaque para a elevação dos níveis de ferro e manganês nos sedimentos de fundo em 11/02 no Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba (BP072 – cerca de 59 KM do desastre), na comparação com a coleta anterior (04/02).

Na Figura 3 são apresentados os resultados de alumínio nos sedimentos do rio Paraopeba, na área impactada pelo rompimento da barragem B1. O comportamento do alumínio se deu de forma bastante distinta ao observado para ferro e manganês. De maneira geral observa-se elevações dos níveis de alumínio em trechos que não receberam impacto da lama de rejeitos da barragem B1 na data da última coleta, 11/02, quais sejam: rio Paraopeba na localidade de Melo Franco (BP036), rio Paraopeba logo após a foz do Ribeirão São João em Paraopeba (BP083) e rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu (BP078).

Apesar de terem sofrido redução em relação ao valores da coleta anterior (04/02), na estação BP078 ainda é observado valores acima da referência indicada por Vicq (2015), que é de 4,52%.

Os resultados de qualidade da água também acompanham este comportamento, uma vez que violações de alumínio dissolvido foram registradas em todos os pontos da calha do rio Paraopeba, na última coleta (11/02), mesmo naqueles trechos que ainda não haviam sido impactados pelo rejeito.

**Figura 3:** Resultados de alumínio em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.



As concentração dos metais pesados e arsênio nos sedimentos foram comparadas com os limites estabelecidos pelo Nível I, para águas doces, da Resolução Conama nº 454 de 2012 (Tabela 2).

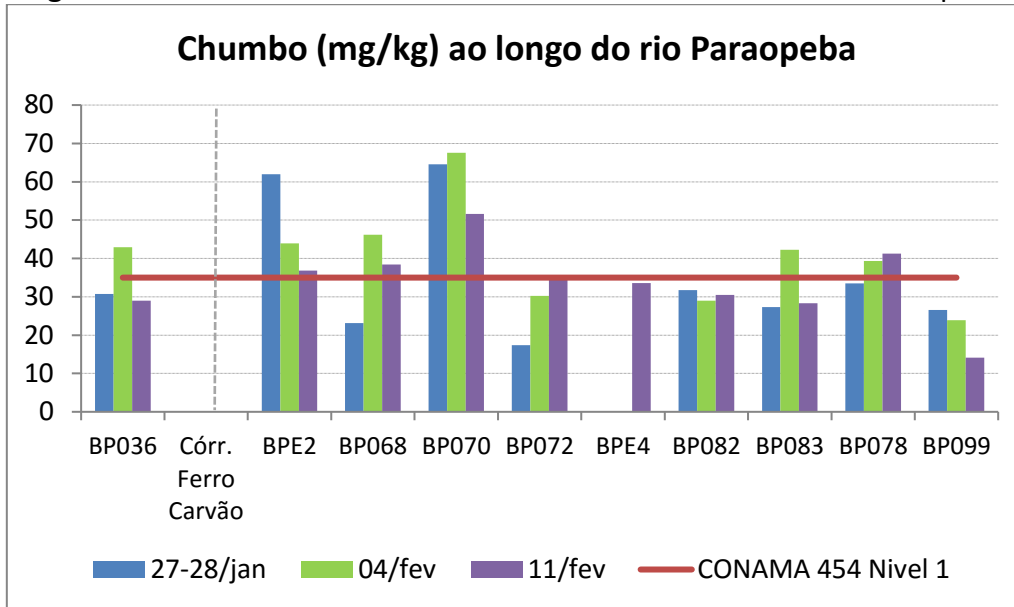
Na Figura 4 são apresentados os resultados de chumbo nos sedimentos do rio Paraopeba. Observa-se que no dia 11/02 os valores de chumbo estiveram acima do Nível 1 da referida resolução nas estações de amostragem localizadas no rio Paraopeba na captação da COPASA (BPE2), 5 km a jusante da captação da COPASA em Brumadinho (BP068), a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas (BP070) e a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu (BP078).

Apesar de valores de chumbo se apresentarem acima do nível I em estações de amostragem que até a presente data não receberam impacto dos rejeitos, tais como BP036, BP083 e BP078, só foi possível verificar uma maior concentração de chumbo nos sedimentos, possivelmente em função dos rejeitos oriundos da Barragem B1, no trecho entre Brumadinho e na divisa entre São Joaquim de Bicas e Betim (entre o BPE2 e BP070).

No que se refere aos resultados da água superficial observa-se que até a data de 11/02 violações de chumbo total ao limite de classe 2 nas águas superficiais, ocorreram no trecho entre Brumadinho (BPE2) e São Joaquim de Bicas (BP070), não tendo sido detectado nos demais trechos até então. Destaca-se que na medição realizada no dia 11/02 para água superficial não houve violação para chumbo em nenhuma das estações.

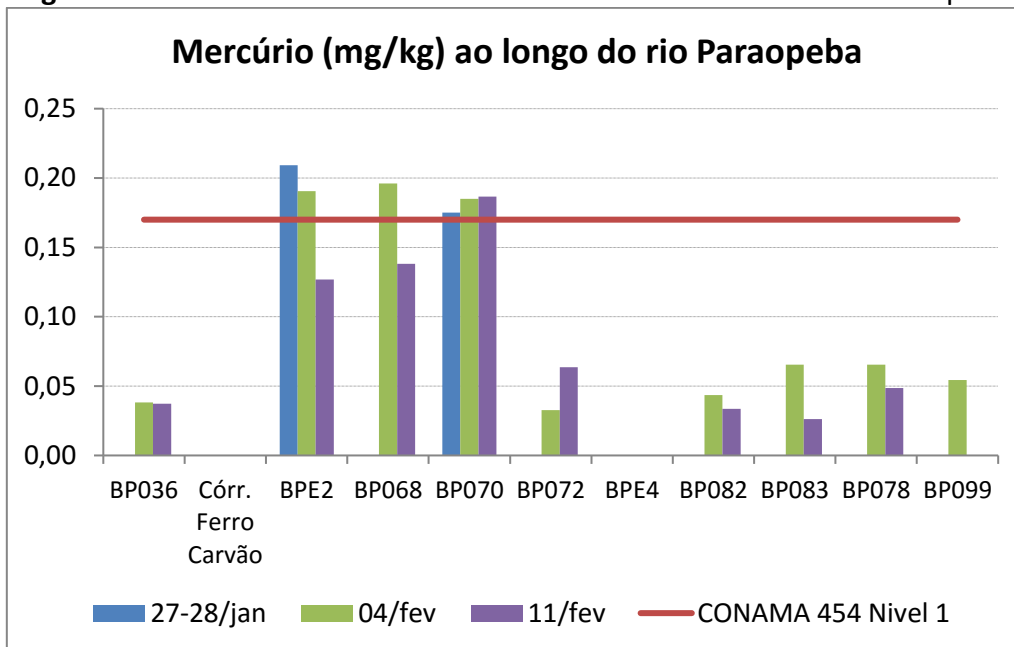


**Figura 4:** Resultados de chumbo em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.



Na Figura 5 são apresentados os resultados de mercúrio nos sedimentos do rio Paraopeba. Valores de mercúrio total acima do nível 1 da CONAMA 454/12, na medição de 04/02, foram registrados nas estações BPE2, BP068 e BP070 (primeiros 42km). Já na coleta do dia 11/02, valores de mercúrio total excederam o nível 1 somente na estação BP070 (São Joaquim de Bicas).

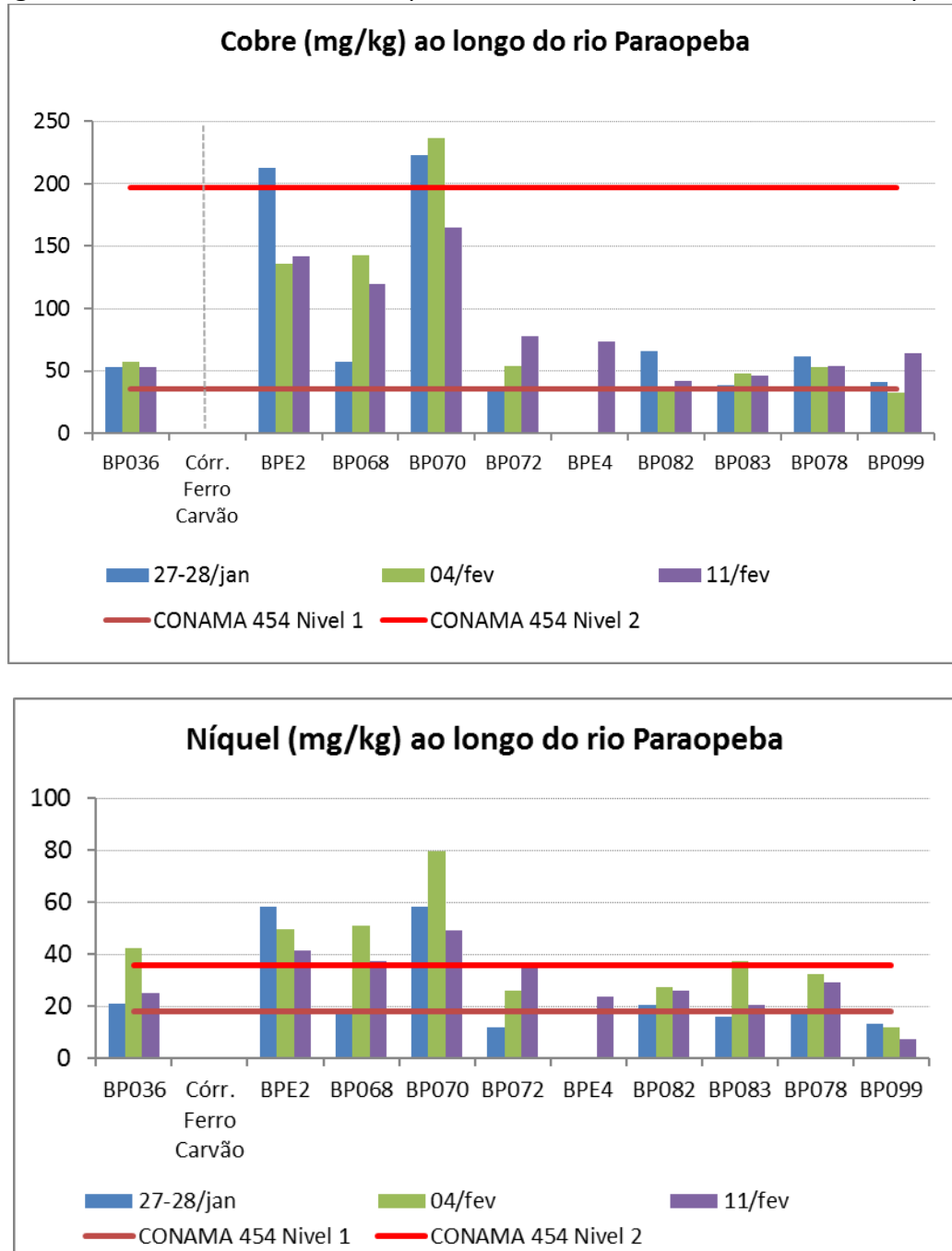
**Figura 5:** Resultados de mercúrio em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.



Na Figura 6 são apresentados os resultados de cobre e níquel nos sedimentos do rio Paraopeba. Os metais cobre e níquel apresentaram o mesmo comportamento registrado para chumbo e mercúrio nos sedimentos de fundo, apresentando os maiores valores entre os pontos BPE2 e BP070, sendo que, para os dois metais ocorreram violação aos valores estabelecidos para o Nível 2 da Resolução CONAMA (limiar acima do qual a maior probabilidade de efeitos adversos a biota aquática).

Registra-se que para as águas superficiais até o dia 11/02 foram observadas violações dos valores de níquel em apenas duas datas, dias 26 e 31 de janeiro, somente nas estações BPE2 e BP068. Já o cobre dissolvido não chegou a ser detectado nas águas superficiais do trecho em questão, até a data de 11/02, pelas análises realizadas pelo IGAM. Contudo, os dados analisados pela COPASA na captação em Brumadinho (ponto correspondente à estação BPE2 do IGAM) apontam violação de cobre e níquel nos dias 27/01 e 28/01, 04/02 e 11/02.

**Figura 6:** Resultados de cobre e níquel em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.

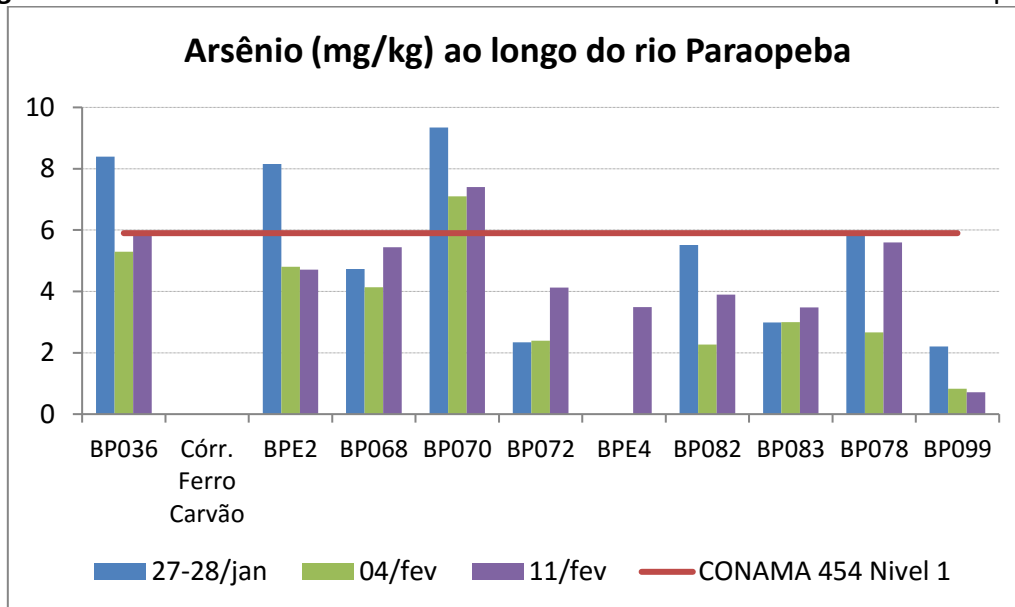


Na Figura 7 são apresentados os resultados de arsênio e cromo nos sedimentos de fundo. Valores de arsênio acima do Nível 1 foram registrados nos pontos BP036, BPE2 e

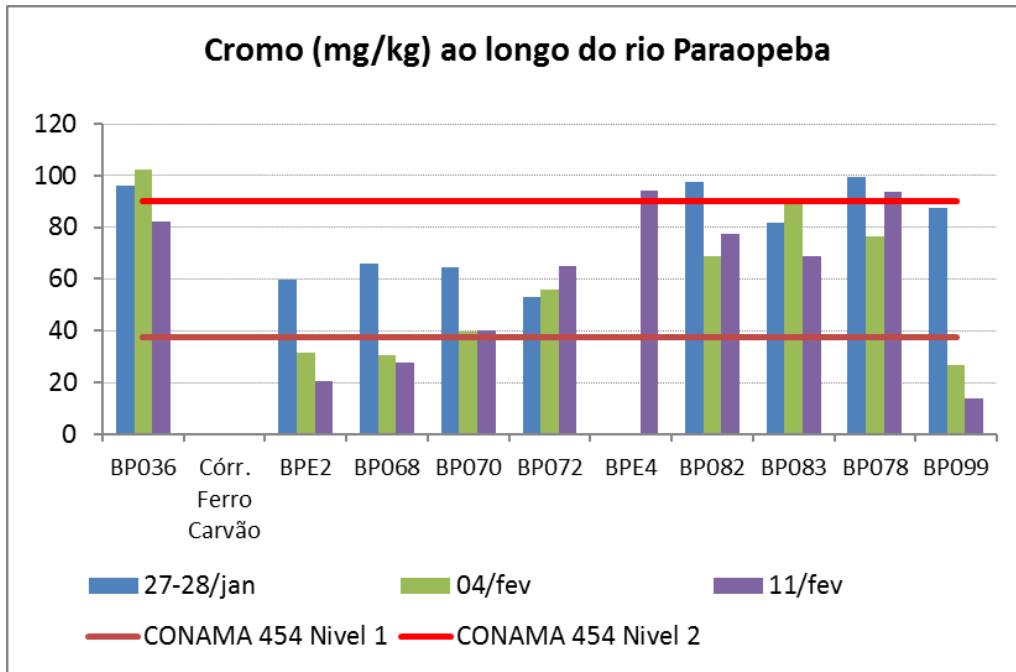
BP070. Os valores elevados de arsênio obtidos nos pontos BPE2 e BP070 podem estar associados ao material presente no leito do rio Paraopeba, antes do rompimento da barragem B1, uma vez que o arsênio excedeu o Nível 1 também no ponto a montante da influência do córrego Ferro Carvão (BP036).

Com relação aos resultados de cromo total os maiores valores (superiores ao nível 2) foram obtidos nos pontos que, no momento da coleta, ainda não haviam recebido impacto da lama, quais sejam: BP036, BPE4, BP082, BP083 e BP078. Vale destacar que todos os resultados de cromo medidos na água superficial no monitoramento diário do rio Paraopeba realizado pelo Igam foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico (presença não detectada), e o arsênio não apresentou valores em discordância com os limites preconizados na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas de classe 2, nas análises do IGAM. Contudo, os dados do monitoramento realizado pela COPASA, no seu ponto de captação em Brumadinho, apontam a presença de cromo nas suas medições de água superficial, conforme boletim Informativo de Qualidade das Águas Nº 18/2019<sup>3</sup>.

**Figura 7:** Resultados de arsênio e cromo em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.



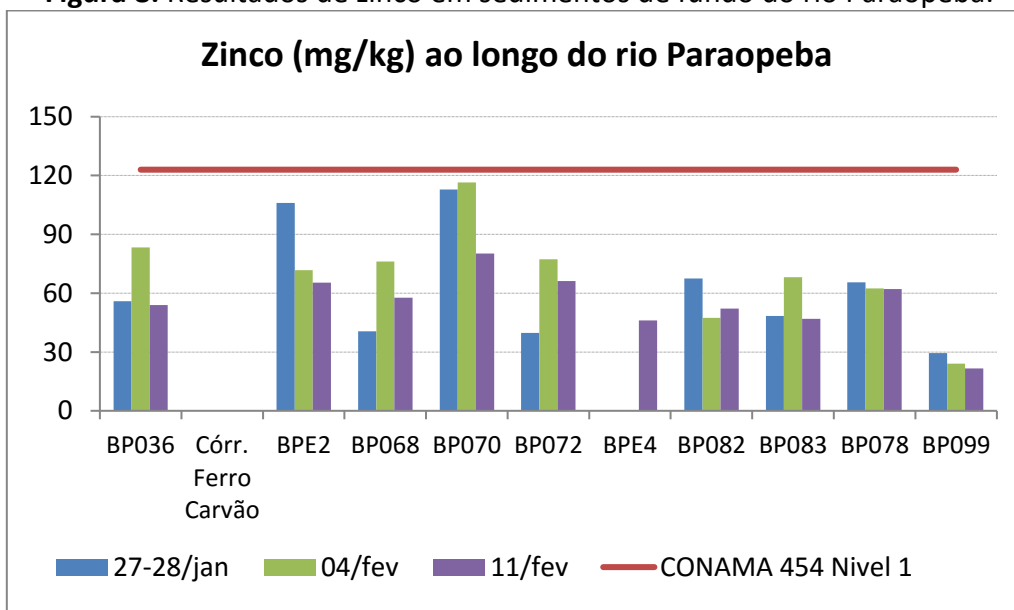
<sup>3</sup> 1 INFORMATIVO QUALIDADE ÁGUA Nº18/2019, disponível no link: [http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE\\_BARRAGEM\\_B1/informativos\\_qualidade\\_agua/Informativo\\_18\\_IGAM\\_COPASA\\_CPRM\\_2.pdf](http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/DESASTRE_BARRAGEM_B1/informativos_qualidade_agua/Informativo_18_IGAM_COPASA_CPRM_2.pdf)



Na Figura 8 são apresentados os resultados de zinco nos sedimentos de fundo. Não foram registrados valores de zinco acima do Nível 1 da Resolução CONAMA 454/12. Contudo, é possível perceber que os valores mais elevados também ocorreram nos primeiros 42 km do rio Paraopeba após o Ribeirão Ferro-Carvão (BPE2, BP068 e BP070), até a data de 11/02.

No que se refere aos resultados de águas superficiais durante o monitoramento emergencial do rio Paraopeba registrou-se violação do limite de classe somente no ponto BP068, um dia após o rompimento (26/01).

**Figura 8:** Resultados de zinco em sedimentos de fundo do rio Paraopeba.



**Elaboração do Informativo:**

GERÊNCIA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS  
INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

**Equipe Técnica**

Carolina Cristiane Pinto  
Mariana Elissa Vieira de Souza  
Matheus Duarte Santos  
Regina Márcia Pimenta Assunção  
Roberta Silva OCampos  
Sérgio Pimenta Costa  
Vanessa Kelly Saraiva  
Katiane Cristina de Brito Almeida  
Heitor Soares Moreira  
Marília Carvalho de Melo