



Resumo da qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do rio Paraopeba, após o rompimento das barragens no complexo da Mina Córrego do Feijão da Mineradora Vale/SA, município de Brumadinho - Minas Gerais

Apresentação

No dia 25 de janeiro de 2019, a barragem B-I de rejeitos, pertencente ao complexo da Mina Córrego do Feijão da mineradora Vale S.A., se rompeu e na sequência as barragens (B-IV e B-IV-A) atingindo o ribeirão Ferro-Carvão em direção ao rio Paraopeba, no município de Brumadinho. Um dia após o rompimento das barragens, o monitoramento foi intensificado ao longo da calha do rio Paraopeba, com o objetivo de avaliar e acompanhar o avanço do material que estava depositado nas barragens e as consequentes alterações na qualidade das águas, nos sedimentos e os níveis de poluição.

O planejamento da rede de monitoramento foi elaborado entre os parceiros IGAM, Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), no qual foram estabelecidos pontos extras de monitoramento, bem como a frequência das coletas. Este monitoramento especial será realizado enquanto for necessário, sendo pontos e frequência continuamente avaliados, conforme os resultados obtidos.

Programa Águas de Minas

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) realiza, desde 1997, o monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais - Programa Águas de Minas - incluindo a bacia do rio Paraopeba. Após o rompimento das barragens, a rede foi ampliada, e atualmente realiza o monitoramento de qualidade das águas, mensalmente, em 14 pontos na bacia do rio Paraopeba e trimestralmente em 3 estações localizadas no reservatório da UHE Três Marias.

Mais informações: <https://bit.ly/2XDRNrO>

A Rede de amostragem

Os 17 pontos no total do monitoramento emergencial estão localizados ao longo da bacia do rio Paraopeba, desde o trecho anterior (montante) da área impactada pelo rompimento, passando pela área atingida (município de Brumadinho) indo até o reservatório de Três Marias. O Quadro 1 apresenta a localização e descrição de cada um desses pontos.

Quadro 1 – Localização e características dos pontos monitorados

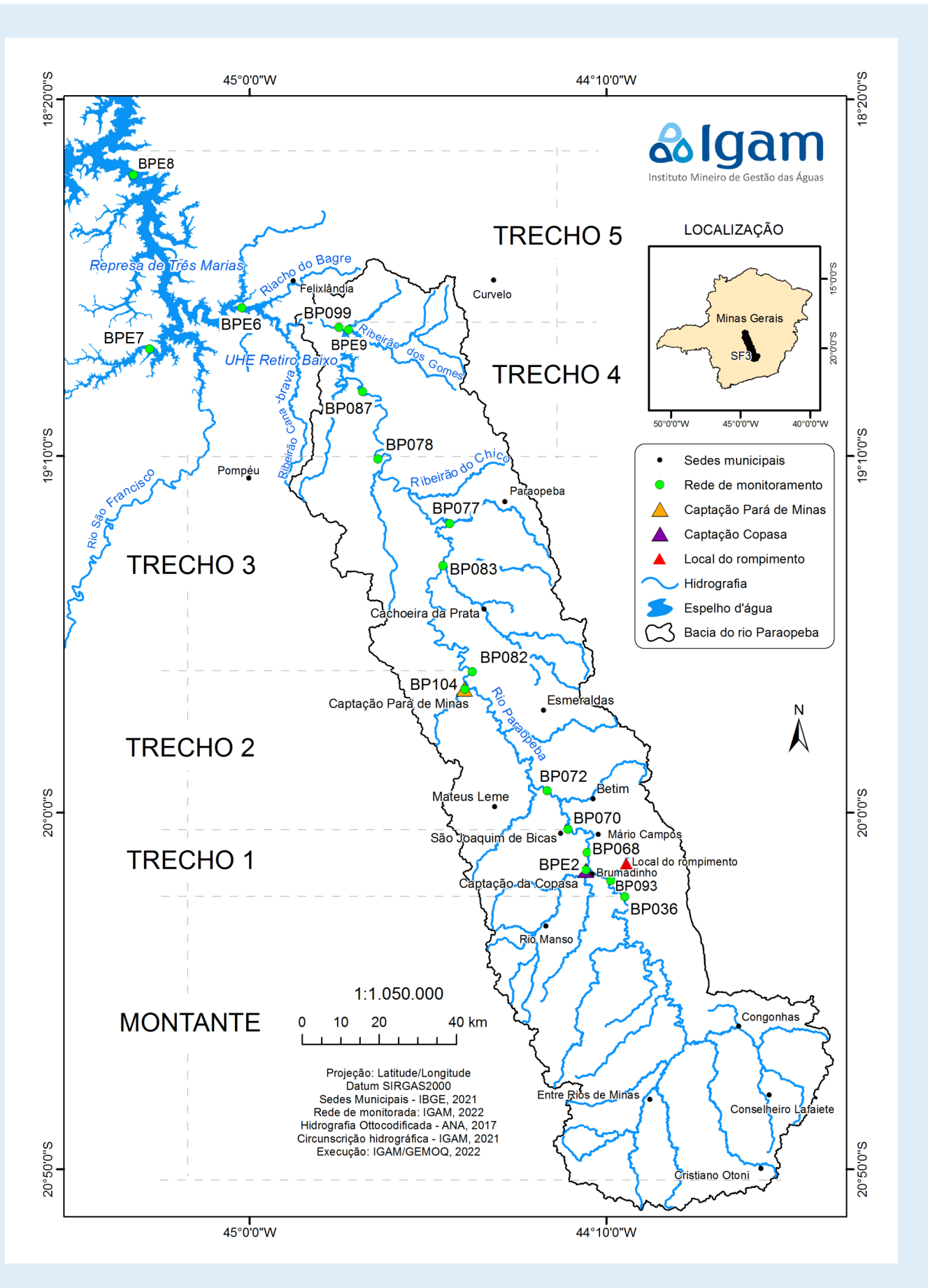
| Trecho | Pontos | Município | Km | Descrição |
|----------|---------|----------------------|------|--|
| Montante | BP036 | Brumadinho | -10 | Anterior à área impactada pelo rompimento |
| | BP093* | | -0,5 | Ribeirão Casa Branca à Jusante do lançamento da ETAF 1 e próximo de sua foz no Rio Paraopeba |
| 1 | BPE2 | | | 20 |
| | BP068 | Mário Campos | 25 | 5 km após a captação da Copasa |
| | BP070 | São Joaquim de Bicas | 42 | Após a foz do ribeirão Sarzedo |
| 2 | BP072 | Betim | 59 | Após a foz do rio Betim, divisa com Juatuba |
| | BP104** | Pará de Minas | 116 | Captação de água da SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) |
| | BP082 | Esmeraldas | 123 | Após a captação de água da SAAE em Pará de Minas |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 192 | Após a foz do ribeirão São João |
| | BP077 | | 203 | Captação da Copasa |
| | BP078 | Curvelo | 251 | Após a foz do rio Pardo |
| | BP087 | Pompéu | 279 | Antes da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | 315 | Ribeirão dos Gomes com foz após a UHE de Retiro Baixo |
| | BP099 | | 318 | Após a UHE de Retiro Baixo e antes de sua foz na UHE Três Marias |
| 5 | BPE6 | | | 353 |
| | BPE7 | Abaeté | 400 | Remanso da represa de Três Marias |
| | BPE8 | Três Marias | 423 | Dentro da represa de Três Marias |

*Os resultados do ponto BP093 serão reportados mensalmente no Boletim Informativo do Cidadão

** O ponto BPE4 foi renomeado para BP104.

O mapa da Figura 1 representa as localizações dos pontos de monitoramento (trecho de montante ao Trecho 5) de qualidade das águas superficiais.

Figura 1 - Localização geográfica da rede de monitoramento do rio Paraopeba



Os dados e o enquadramento do rio Paraopeba

Os dados apresentados neste Boletim correspondem a:

- Resultados máximos da série histórica antes do rompimento das barragens (B-I, B-IV e B-IV-A), monitoramento que já era realizado pelo IGAM;
- Resultados máximos e mínimos dos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (B-I, B-IV e B-IV-A);
- Resultados de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

Parâmetros considerados neste boletim:

- Alumínio dissolvido
- Chumbo total
- Mercúrio total
- Turbidez
- Manganês total
- Ferro total
- Ferro dissolvido

O rio Paraopeba, no trecho impactado pelo rompimento das barragens (B-I, B-IV e B-IV-A), está enquadrado como Classe 2 pela Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) nº 14/1995. Assim, os valores obtidos no monitoramento foram confrontados com os limites estabelecidos para Classe 2 na Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 08/2022, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Resultados

Primeiras semanas do monitoramento

De maneira geral, observa-se que, na primeira semana de monitoramento após o rompimento das barragens, os maiores impactos sobre o ribeirão Ferro-Carvão e o rio Paraopeba ocorreram nos primeiros 40 km de extensão, distância medida desde as barragens que se romperam até a estação de monitoramento BP070, atingindo os municípios de Brumadinho a São Joaquim de Bicas (Trecho 1). Esse trecho ficou totalmente impactado, inviabilizando o uso da água para as mais diversas finalidades, pois apresentavam valores elevados de turbidez, ferro, manganês, alumínio e presença de metais como chumbo e mercúrio.

Nas semanas seguintes foram observadas oscilações para os parâmetros turbidez, ferro total, manganês total, chumbo total e mercúrio total também nos arredores dos municípios de Betim, Esmeraldas, São José da Varginha, Papagaios, Paraopeba, Curvelo e Pompéu (Trechos 2 e 3). Essas oscilações ocorreram sobretudo devido ao período de chuvas que contribuiu com a remobilização do rejeito depositado no leito do rio no trecho de montante mais próximo ao rompimento que sofreu o maior impacto (Trecho 1).

Recomendação

O IGAM reforça que ainda se mantém a recomendação de não utilização da água bruta do rio Paraopeba para qualquer fim, como medida preventiva, no trecho que abrange os municípios de Brumadinho até o limite da UHE de Retiro Baixo em Pompéu (aproximadamente 250 km de distância do rompimento).

Não há restrição de uso da água bruta nos trechos que estão antes do município de Brumadinho (antes do trecho afetado pelo rompimento) e depois da UHE Retiro Baixo.



Última medição - janeiro de 2024

Os resultados contidos neste Boletim Informativo do Cidadão foram avaliados para as amostragens de águas superficiais coletadas nos dias 11, 12, 17, 19, 22, 23 e 24 de janeiro de 2024. No período de coletas houve registros de chuvas mais intensas nos dias 12, 19, 23 e 24. O mês apresentou período pluviométrico irregulares e com chuvas mais fortes em alguns dias de janeiro, conforme os registros da ANA/INMET¹.

Os resultados com violações em janeiro de 2024 para cada estação de monitoramento e seus respectivos municípios estão apresentados na Tabela 1. Dentre os 17 pontos de monitoramento, quatorze deles apresentaram pelo menos um parâmetro desconforme (com violações – cor vermelha), de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 08/2022 sobre os limites legais estabelecidos para Classe 2. Não há registros de violações apenas para mercúrio total, no período vigente.

Tabela 1 - Estações monitoradas que apresentaram parâmetros violados e sem violações para resultados de janeiro de 2023

| Estação de monitoramento | Parâmetros | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|------------------|
| | Alumínio dissolvido | Chumbo total | Mercúrio total | Turbidez | Manganês total | Ferro total | Ferro dissolvido |
| BP036 - Brumadinho | Violação | Violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Sem violação |
| BP093 - Brumadinho | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação |
| BPE2 - Brumadinho** | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação |
| BP068 - Mário Campos | Violação | Violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Violação |
| BP070 - São Joaquim de Bicas | Violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Violação |
| BP072 - Betim | Violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Violação |
| BP104 - Pará de Minas | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação |
| BP082 - Esmeraldas | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação |
| BP083 - Paraopeba | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação |
| BP077 - Paraopeba | Violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Violação |
| BP078 - Curvelo | Violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação | Violação |
| BP087 - Pompéu | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação |
| BPE9 - Felixlândia | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação | Violação | Violação |
| BP099 - Felixlândia | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Violação |
| BPE6* - Felixlândia | Violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação |
| BPE7* - Abaeté | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação |
| BPE8* - Três Marias | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação | Sem violação |

*sem amostragem, alteração de coleta para trimestral
**sem amostragem

Legenda das cores

Violação Sem violação

É importante mencionar que os resultados da estação BP093 localizado no ribeirão Casa Branca (Quadro 1) estão sendo contemplados desde o Boletim nº 51. O BP093 recebe as águas tratadas provenientes do processo de dragagem que são vertidas para os reservatórios da EP-01 (Cortina Metálica em Estaca Prancha 1) e o tratamento dessas águas é realizado na ETAF1 (Estação de Tratamento de Águas Fluviais 1), onde o deságue do tratamento ocorre no ribeirão Casa Branca antes da sua confluência com o rio Paraopeba.

¹ ANA: <https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/gerarGrafico.aspx>

INMET: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/>

Cores das tabelas

Nas tabelas de resultados que serão apresentadas, a tonalidade marrom da célula indica valores acima do limite estabelecido na DN Copam-CERH nº 08 de 2022. Quanto mais escuro o tom de marrom, maior o valor, levando em consideração o conjunto de resultados obtidos no monitoramento.

| Escala tricolor | | | |
|-----------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Valor | Até o Limite DN 08/22 | De 2 x a 10 x Limite DN 08/22 | Acima de 10 x Limite DN 08/22 |
| Cor | | | |
| Visualização | | | |

Alumínio dissolvido

O Quadro 2 apresenta valores máximos de alumínio dissolvido obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento, e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

Observa-se registros de violações para alumínio dissolvido acima do limite legal (0,1 mg/L) para os meses de dezembro/2023 e janeiro/2024, conforme as tonalidades de cores do Quadro 2. Os registros de violações em janeiro foram superiores ao mês de dezembro em todos os trechos. O resultado de janeiro monitorado na estação do município de Curvelo (BP078) apresentou violação acima da série histórica do IGAM, porém inferior ao valor máximo registrado da série emergencial após o rompimento em 2019.

Quadro 2 - Resultados do alumínio dissolvido (mg/L)

| Alumínio dissolvido (mg/L) | | | | | | | Igam, 2023 |
|----------------------------|--------|---------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado |
| montante | BP036 | Brumadinho | 0,35 | 1,17 | 0,17 | 0,07 | 0,27 |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,04 | 0,08 |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 0,71 | 0,02 | sem dados | sem dados |
| | BP068 | | 0,54 | 0,63 | 0,02 | 0,08 | 0,38 |
| | BP070 | | São Joaquim de Bicas | 0,60 | 0,76 | 0,02 | 0,12 |
| 2 | BP072 | Betim | 0,68 | 0,86 | 0,05 | 0,13 | 0,23 |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 0,80 | 0,10 | 0,09 | 0,30 |
| | BP082 | Esmeraldas | 0,36 | 1,09 | 0,06 | 0,08 | 0,19 |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 0,18 | 1,45 | 0,10 | 0,06 | 0,15 |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,06 | 0,41 |
| | BP078 | Curvelo | 0,39 | 1,57 | 0,16 | 0,13 | 0,77 |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,09 | 0,19 |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 0,07 | 0,26 |
| | BP099 | | 0,26 | 1,16 | 0,12 | 0,03 | 0,25 |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,05 | 0,02 | sem dados | 0,15 |
| | BPE7 | | sem dados | 0,03 | 0,02 | sem dados | 0,08 |
| | BPE8 | | Três Marias | sem dados | 0,13 | 0,02 | sem dados |

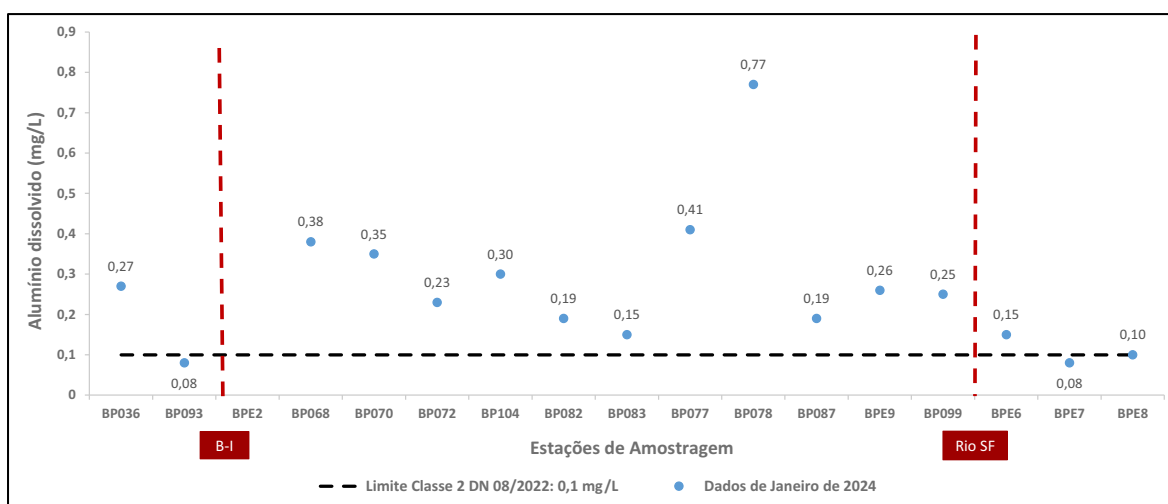
Limite Classe 2 DN 08/2022: 0,1 mg/L

BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Na Figura 2 é possível observar as estações que apresentaram resultados com violações (acima da linha tracejada preta) para o mês atual (janeiro de 2024). Os municípios que apresentaram violações correspondem a Brumadinho (BP036), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072), Pará de Minas (BP104), Esmeraldas (BP082), Paraopeba (BP083 e BP077), Curvelo (BP078), Pompéu (BP087) e Felixlândia (BPE9 – ribeirão dos Gomes; BP099 - após a UHE de Retiro Baixo e antes de sua foz na UHE Três Marias, BPE6 – reservatório de Três Marias).

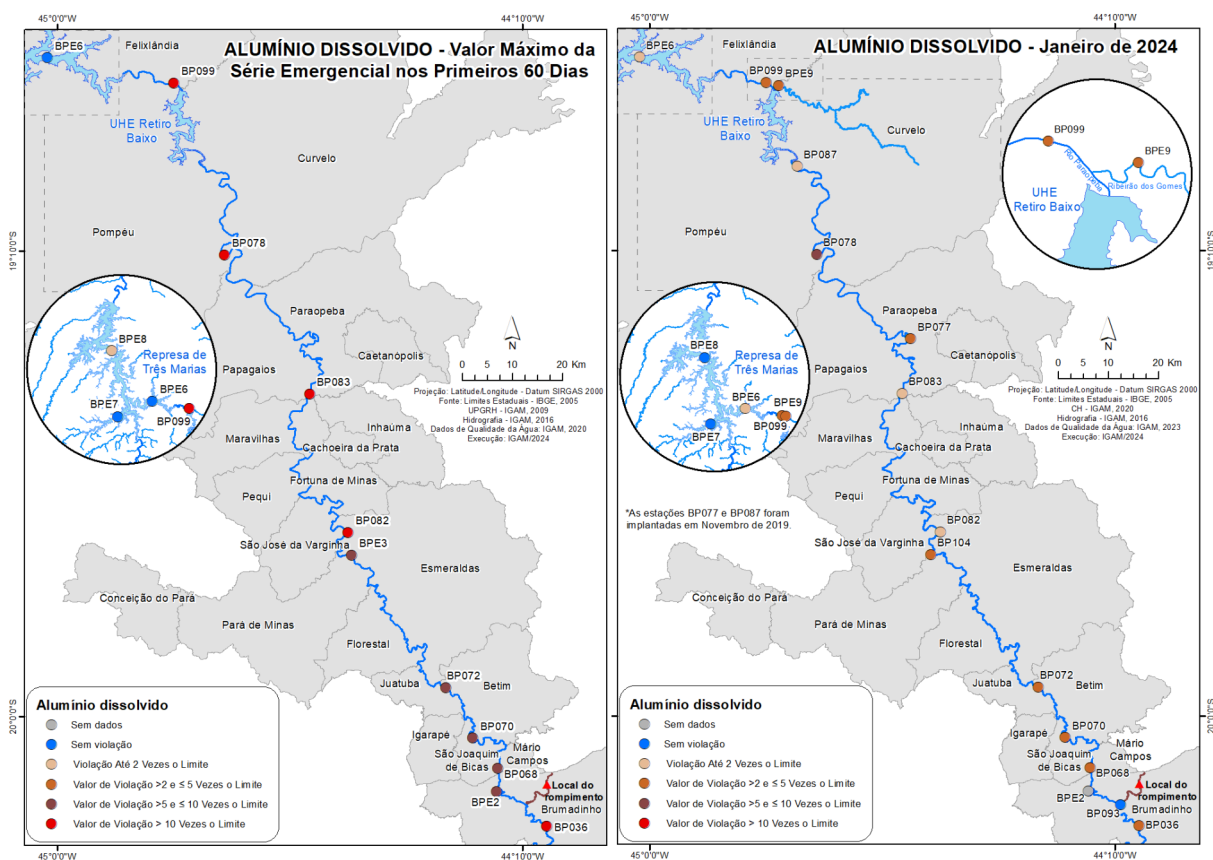
A presença desse metal no corpo d'água está relacionada ao carreamento do solo nos períodos chuvosos. Sendo importante lembrar que as variações de alumínio dissolvido na bacia não foram correlacionadas diretamente com a presença do rejeito, e nesse caso, essas violações podem estar relacionadas também com outras ações antrópicas na região.

Figura 2 - Resultados de alumínio dissolvido para janeiro de 2024



Os mapas (Figura 3) apresentam os valores máximos de alumínio dissolvido em cada estação monitorada nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (violação) com a legislação.

Figura 3 - Resultados dos valores máximos de alumínio dissolvido para cada estação de monitoramento nos primeiros 60 dias após o rompimento da B-I e os resultados do mês de janeiro de 2024



Chumbo total e mercúrio total

As concentrações de chumbo total na bacia do rio Paraopeba já apresentavam registros históricos acima do limite permitido pela legislação vigente, ficando mais elevadas logo após o rompimento das barragens. Já o mercúrio total, que não tinha sido detectado historicamente na bacia, passou a ser identificado com valores acima do permitido pela legislação, depois do rompimento.

Destaca-se que a partir do período seco de 2021 não foram observados valores insatisfatórios para o chumbo total nas medições realizadas. No entanto, observa-se que esse parâmetro ainda é recorrente na estação chuvosa nos anos seguintes ao rompimento e apresenta resultados em desconformidade com a legislação.

O Quadro 3 apresenta valores máximos de chumbo total obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

Quadro 3 - Resultados de Chumbo total (mg/L)

| Chumbo total (mg/L) | | | | | | | Igam, 2023 | |
|---------------------|--------|---------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|-------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 | |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado | |
| montante | BP036 | Brumadinho | 0,028 | 0,015 | 0,005 | 0,003 | 0,016 | |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,001 | 0,001 | |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 0,069 | 0,005 | sem dados | sem dados | |
| | BP068 | | 0,035 | 0,147 | 0,005 | 0,002 | 0,013 | |
| | BP070 | | São Joaquim de Bicas | 0,040 | 0,090 | 0,005 | 0,002 | 0,007 |
| 2 | BP072 | Betim | 0,044 | 0,038 | 0,005 | 0,003 | 0,005 | |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 0,017 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | |
| | BP082 | Esmeraldas | 0,023 | 0,036 | 0,005 | 0,002 | 0,005 | |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 0,020 | 0,017 | 0,005 | 0,002 | 0,004 | |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,003 | 0,005 | |
| | BP078 | Curvelo | 0,027 | 0,012 | 0,005 | 0,002 | 0,007 | |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,001 | 0,006 | |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 0,001 | 0,002 | |
| | BP099 | | 0,012 | 0,011 | 0,005 | 0,001 | 0,001 | |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,005 | 0,005 | sem dados | 0,001 | |
| | BPE7 | | sem dados | 0,005 | 0,005 | sem dados | 0,001 | |
| | BPE8 | | Três Marias | sem dados | 0,005 | 0,005 | sem dados | 0,001 |

Limite Classe 2 DN 08/2022: 0,01 mg/L

BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Observa-se que não há registros de violações para chumbo total no mês de dezembro de 2023, porém mostra-se com dois registros para o mês de janeiro de 2024, conforme Quadro 3. O ponto em Brumadinho (BP036 – antes do desastre) não superou os registros da Série Histórica do IGAM, porém ultrapassou um pouco ao máximo registrado em 2019.

O gráfico da Figura 4 mostra os resultados de chumbo total de janeiro de 2024 para cada estação de monitoramento que apresentaram valores (acima da linha tracejada preta) superiores ao estabelecido pela legislação. Essas estações correspondem aos municípios de Brumadinho (BP036) e Mário Campos (BP068).

Os mapas (Figura 5) apresentam os valores máximos de chumbo total em cada estação monitorada nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (violação) com a legislação.

Figura 4 – Resultados de chumbo total para janeiro de 2024

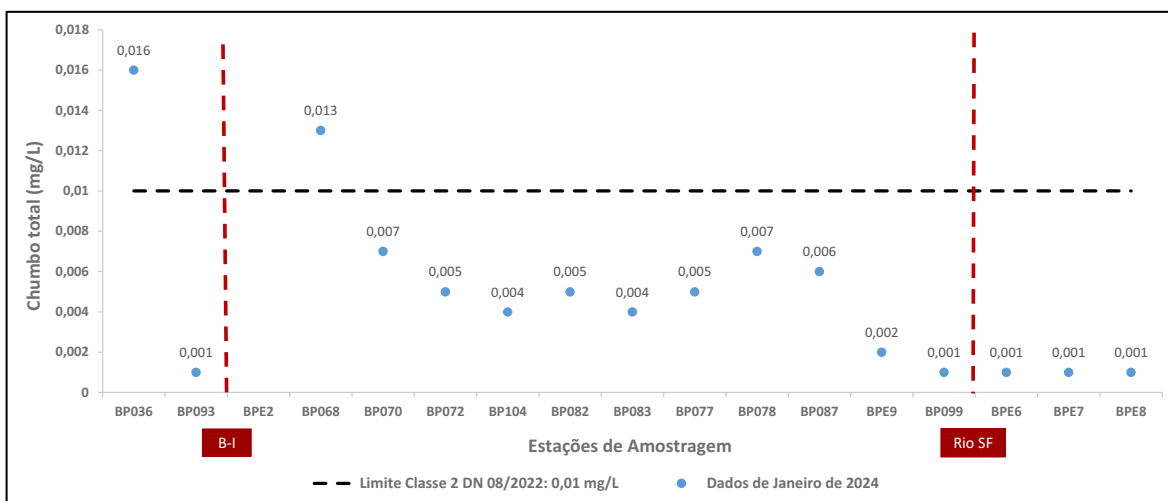
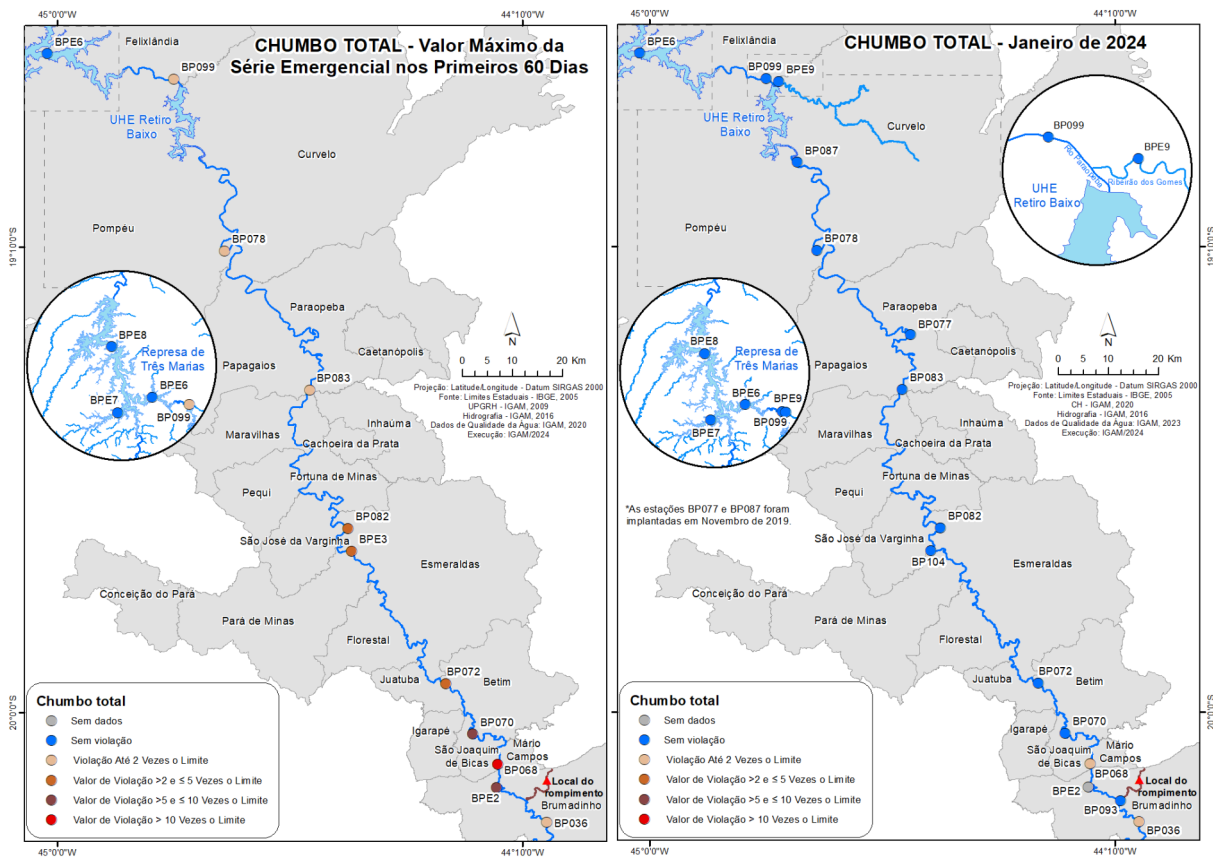


Figura 5 - Resultados dos valores máximos de chumbo total para cada estação de monitoramento nos primeiros 60 dias após o rompimento da B-I e os resultados do mês de janeiro de 2024



O Quadro 4 apresenta valores máximos de mercúrio total obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

Quadro 4 - Resultados de Mercúrio total ($\mu\text{g/L}$)

| | | | Mercúrio total ($\mu\text{g/L}$) | | | | Igam, 2023 |
|----------|--------|---------------|------------------------------------|---|-----------|------------------|-----------------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado |
| montante | BP036 | Brumadinho | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,20 | 0,20 |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 2,13 | 0,20 | sem dados | sem dados |
| | BP068 | | 0,20 | 4,23 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | BP070 | | São Joaquim de Bicas | 0,20 | 1,79 | 0,02 | 0,20 |
| 2 | BP072 | Betim | 0,20 | 0,82 | 0,02 | 0,20 | 0,20 |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 0,60 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | BP082 | Esmeraldas | 0,20 | 0,81 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 0,20 | 0,84 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,20 | 0,20 |
| | BP078 | | Curvelo | 0,20 | 0,44 | 0,20 | 0,20 |
| 4 | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,20 | 0,20 |
| | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 0,20 | 0,20 |
| | BP099 | | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,20 | 0,20 | sem dados | 0,20 |
| | BPE7 | | sem dados | 0,20 | 0,20 | sem dados | 0,20 |
| | BPE8 | | Três Marias | sem dados | 0,20 | 0,20 | sem dados |

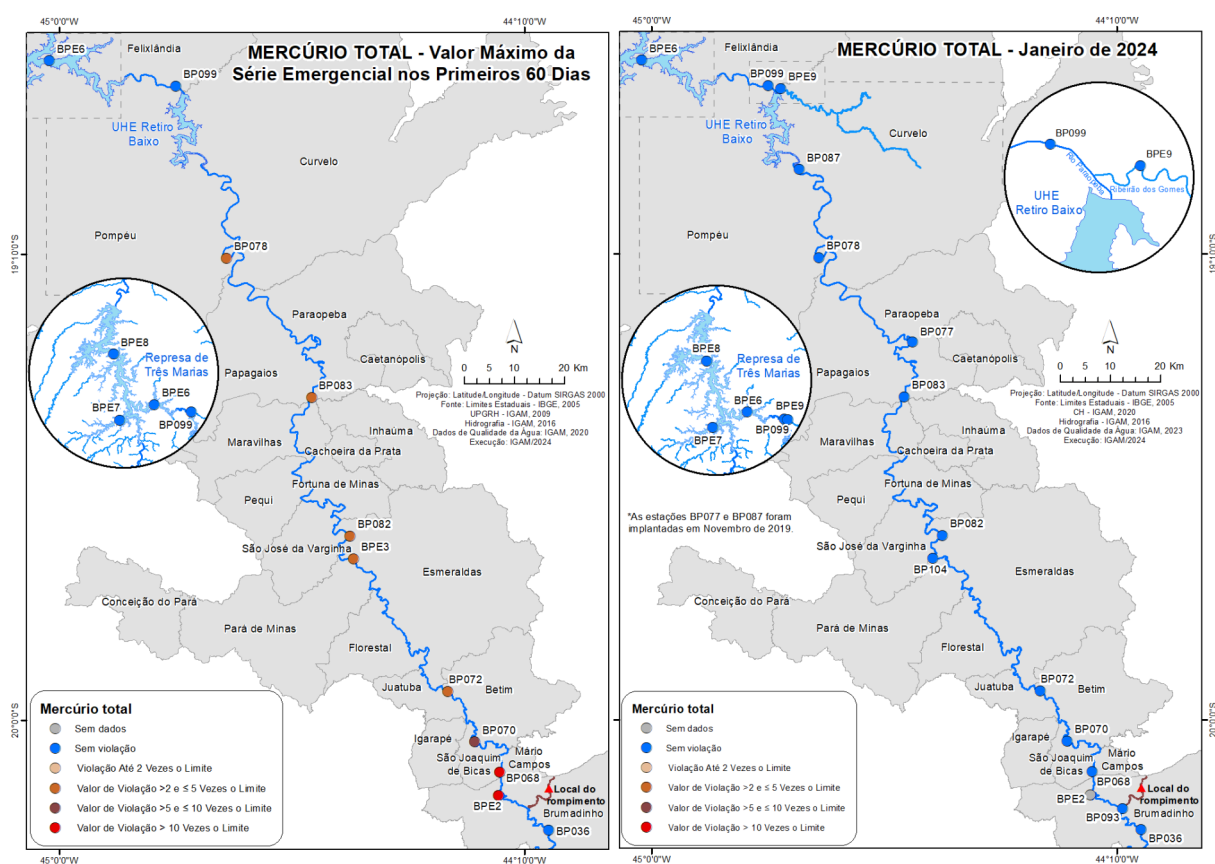
Limite Classe 2 DN 08/2022: 0,2 $\mu\text{g/L}$

BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Observa-se que não há registros de violações para mercúrio total no mês de dezembro de 2023 e janeiro de 2024, conforme Quadro 4 e mapas (Figura 6). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (violação) com a legislação.

Destaca-se que desde abril de 2019 não foram observados valores insatisfatórios para o mercúrio total nas medições realizadas.

Figura 6 - Resultados dos valores máximos de mercúrio total para cada estação de monitoramento nos primeiros 60 dias após o rompimento da B-I e os resultados do mês de janeiro de 2024



Entende-se que a disponibilização desses contaminantes, chumbo total e mercúrio total para o corpo d'água não têm relação direta com o rejeito proveniente da barragem B-I, já que não faziam parte da sua composição. Contudo, a presença desses metais está associada ao arraste de materiais que se misturaram à lama durante a passagem do rejeito e propiciaram a ressuspensão de sedimentos depositados na calha do rio e elevando as concentrações desses contaminantes no período pós-rompimento.

Turbidez

O parâmetro turbidez é utilizado para conhecer a quantidade de partículas que estão em suspensão na água e é influenciado pelo grau de preservação do solo, pela quantidade e intensidade das chuvas e pelos lançamentos de efluentes dos empreendimentos localizados na bacia hidrográfica. Entretanto, com o rejeito proveniente das barragens sendo transportado para a calha do rio Paraopeba, esses parâmetros ficaram muito maiores que aqueles já registrados pelo IGAM em situações anteriores ao rompimento das barragens. Assim, fazer a análise de turbidez proporciona um indicativo da presença do impacto decorrente do avanço dos rejeitos ao longo do curso d'água.

O Quadro 5 apresenta valores máximos de turbidez obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro 2024.

Quadro 5 - Resultados de Turbidez (NTU)

| Turbidez (NTU) | | | | | | | Igam, 2023 | |
|----------------|--------|---------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|-----|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 | |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado | |
| montante | BP036 | Brumadinho | 609 | 439 | 34 | 171 | 678 | |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 9 | 7 | |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 30240 | 407 | sem dados | sem dados | |
| | BP068 | | 596 | 34500 | 40 | 82 | 660 | |
| | BP070 | | São Joaquim de Bicas | 1856 | 18588 | 44 | 89 | 216 |
| 2 | BP072 | Betim | 1268 | 17148 | 23 | 78 | 291 | |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 8468 | 97 | 43 | 74 | |
| | BP082 | Esmeraldas | 1010 | 4854 | 13 | 47 | 81 | |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 775 | 1545 | 12 | 44 | 95 | |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 42 | 223 | |
| | BP078 | Curvelo | 766 | 818 | 11 | 49 | 280 | |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 31 | 206 | |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 33 | 86 | |
| | BP099 | | 546 | 1140 | 6 | 4 | 57 | |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 12 | 3 | sem dados | 9 | |
| | BPE7 | | sem dados | 4 | 4 | sem dados | 10 | |
| | BPE8 | Três Marias | sem dados | 7 | 3 | sem dados | 9 | |

Limite Classe 2 DN 08/2022: 100 NTU

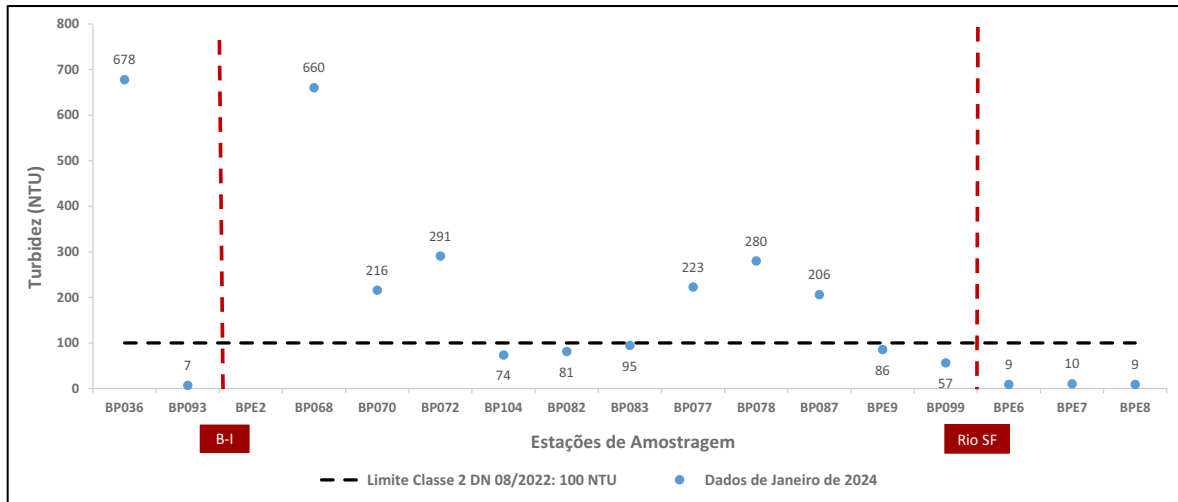
BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Observa-se registros de violações para turbidez no mês de janeiro de 2024 superior a dezembro 2024, conforme escala de cores do Quadro 5.

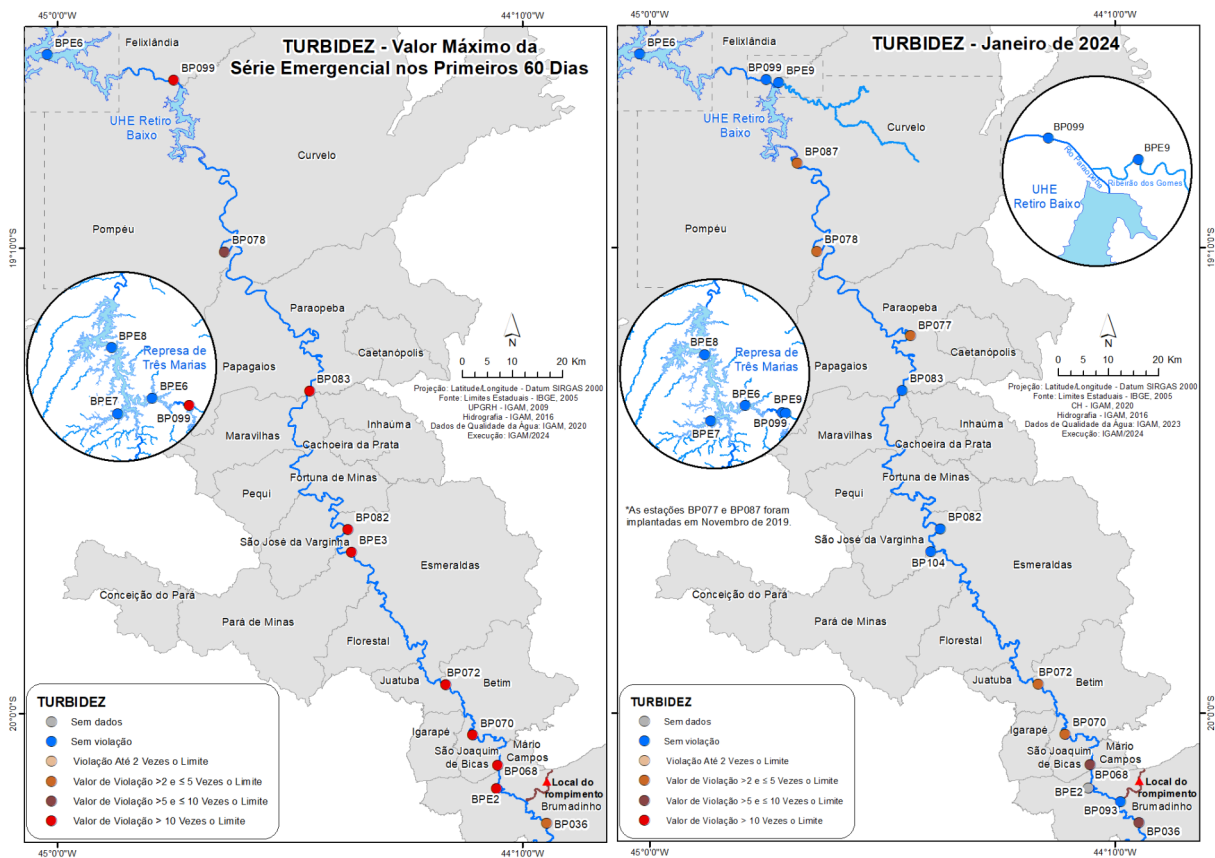
A Figura 7 mostra os resultados de turbidez para cada ponto de monitoramento para o mês atual (janeiro de 2024). É possível verificar que os municípios que apresentaram registros de violações (acima da linha tracejada preta) correspondem a Brumadinho (BP036), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072), Paraopeba (BP077), Curvelo (BP078) e Pompéu (BP087). Os resultados das estações em Brumadinho e Mário Campos ultrapassaram a série histórica do IGAM e foram inferiores ao valor máximo registrado da série emergencial após o rompimento.

A turbidez no rio Paraopeba apresentou resultados mais altos esse mês, devido às maiores vazões do rio e às chuvas em suas cabeceiras, que proporcionam ressuspensão de partículas já sedimentadas, causando a elevação da turbidez.

Figura 7 - Resultados de turbidez para janeiro de 2024



Os mapas (Figura 8) apresentam os valores máximos de turbidez, em cada estação monitorada no município nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis representam uma estação sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (com violação) com a legislação.



Manganês total e ferro total

Os metais manganês total e ferro total estão diretamente relacionados às atividades de mineração desenvolvidas na área do rompimento, pois são encontrados no rejeito de minério, sobretudo no minério de ferro. Assim, é necessário analisar a quantidade desses metais no rio. Quando encontradas variações significativas desses metais, em especial no período que sucedeu o rompimento das barragens, esses valores indicam a contaminação do corpo d'água pelo rejeito.

O Quadro 6 apresenta valores máximos de manganês total obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro 2024.

Quadro 6 - Resultados do Manganês total (mg/L)

| Manganês total (mg/L) | | | | | | | Igam, 2023 | |
|-----------------------|--------|---------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|-------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 | |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado | |
| montante | BP036 | Brumadinho | 1,39 | 1,17 | 0,02 | 0,31 | 0,78 | |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,06 | 0,07 | |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 19,06 | 0,04 | sem dados | sem dados | |
| | BP068 | | 1,69 | 46,27 | 0,14 | 0,25 | 0,86 | |
| | BP070 | | 1,54 | 24,77 | 0,23 | 0,20 | 0,34 | |
| 2 | BP072 | Betim | 1,73 | 10,31 | 0,15 | 0,17 | 0,45 | |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 4,90 | 0,25 | 0,20 | 0,35 | |
| | BP082 | Esmeraldas | 1,14 | 7,45 | 0,06 | 0,13 | 0,43 | |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 0,88 | 3,91 | 0,02 | 0,11 | 0,33 | |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,13 | 0,61 | |
| | BP078 | Curvelo | 1,30 | 1,75 | 0,02 | 0,09 | 0,59 | |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,06 | 0,49 | |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 0,10 | 0,12 | |
| | BP099 | | 0,72 | 0,42 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,02 | 0,01 | sem dados | 0,01 | |
| | BPE7 | | sem dados | 0,04 | 0,02 | sem dados | 0,02 | |
| | BPE8 | | Três Marias | sem dados | 0,01 | 0,01 | sem dados | 0,004 |

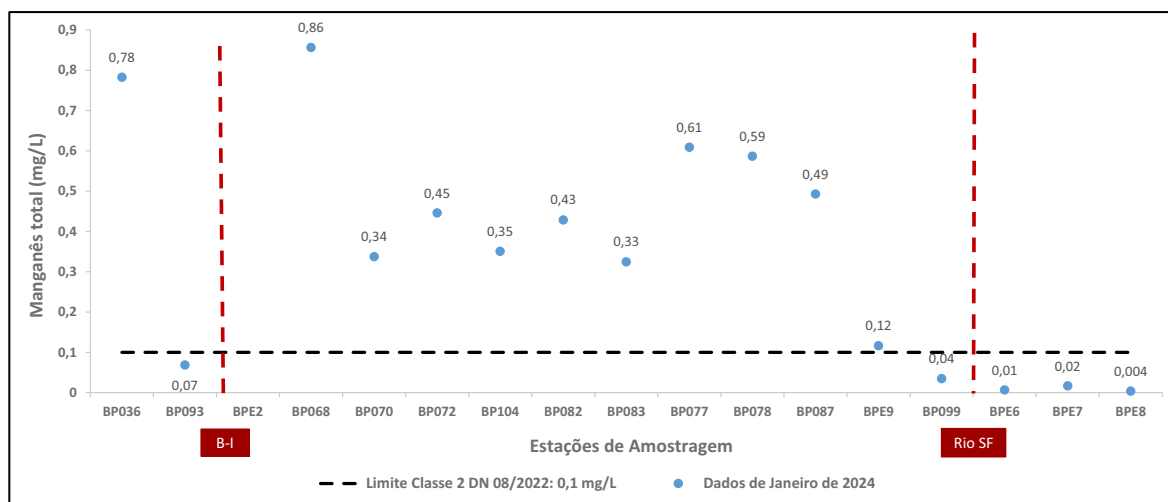
Limite Classe 2 DN 08/2022: 0,1 mg/L

BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Observa-se que o número de violações de manganês total no mês de janeiro de 2024 é superior a dezembro de 2023, conforme as tonalidades de cores do Quadro 6. O aumento das violações provavelmente está relacionado ao maior índice pluviométrico no mês, que por consequência contribuiu para um maior revolvimento do rejeito depositado no leito do rio, dentro outras ações antrópicas na região monitorada.

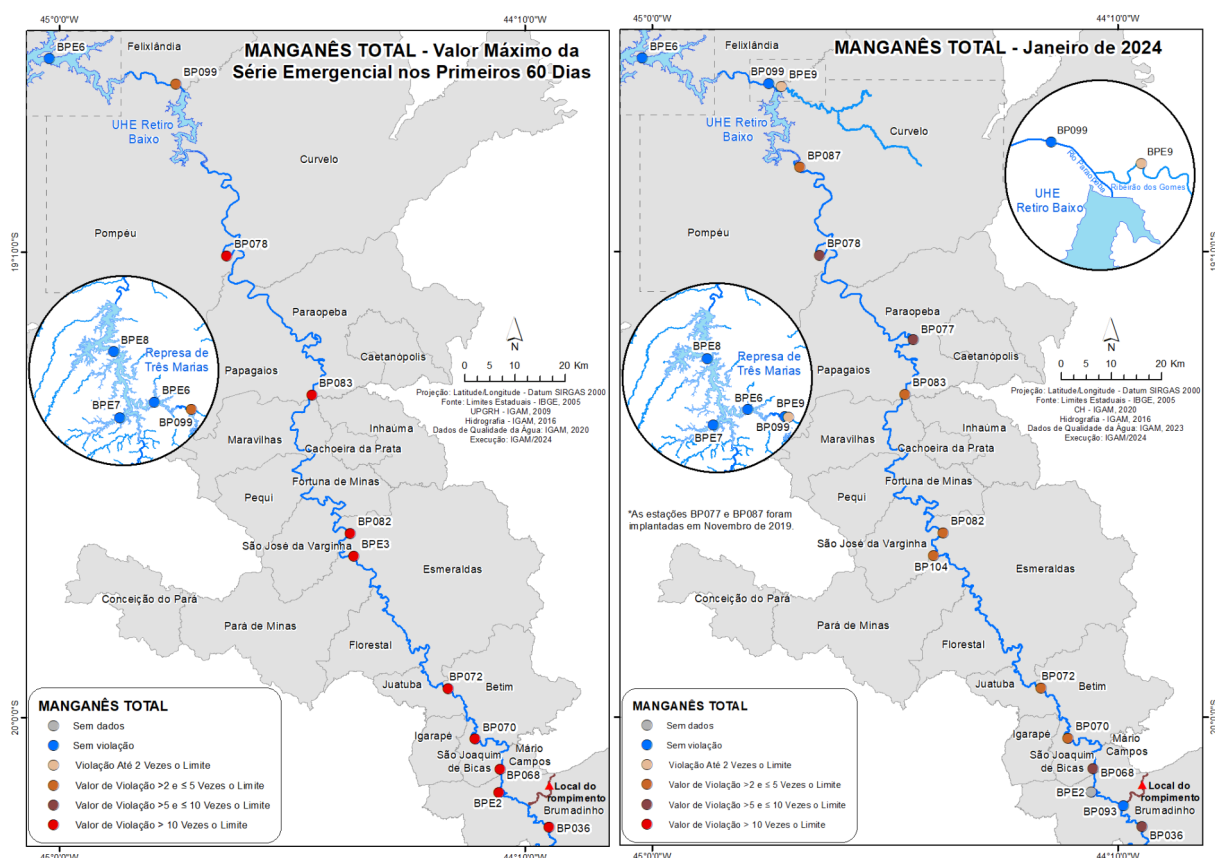
A Figura 9 mostra os resultados de manganês total para cada estação de monitoramento para o mês atual (janeiro de 2024). Observa-se que os municípios que apresentaram violações (acima da linha tracejada preta) correspondem aos municípios de Brumadinho (BP036), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072), Pará de Minas (BP104), Esmeraldas (BP082), Paraopeba (BP083, BP077), Curvelo (BP078), Pompéu (BP087) e Felixlândia (BPE9 – ribeirão dos Gomes). Apesar dessas violações, as mesmas não ultrapassam a série histórica do IGAM e nem o valor máximo registrado da série emergencial após o rompimento.

Figura 9 - Resultados de manganês total para janeiro de 2024



Os mapas (Figura 10) apresentam os valores máximos de manganês total em cada estação monitorada nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (violação) com a legislação.

Figura 10 - Resultados de manganês total para cada estação de monitoramento nos primeiros 60 dias após o rompimento da B-I e os resultados do mês de janeiro de 2024



O Quadro 7 apresenta valores máximos de ferro total obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

É importante mencionar que a legislação não estabelece limite de classe para o parâmetro ferro total. O padrão normativo estabelece valor limite para a forma dissolvida. Porém, constatou-se que a maior parte do ferro proveniente do rejeito da barragem B-I está associado à sua fração total e não está dissolvido na água. Dessa forma, para acompanhar o comportamento desse metal, foi definido por meio de um modelo estatístico, o valor de 1,75 mg/L a fim de estabelecer uma faixa de comparação para a definição das tonalidades de cores no Quadro 7, bem como a representação nos mapas.

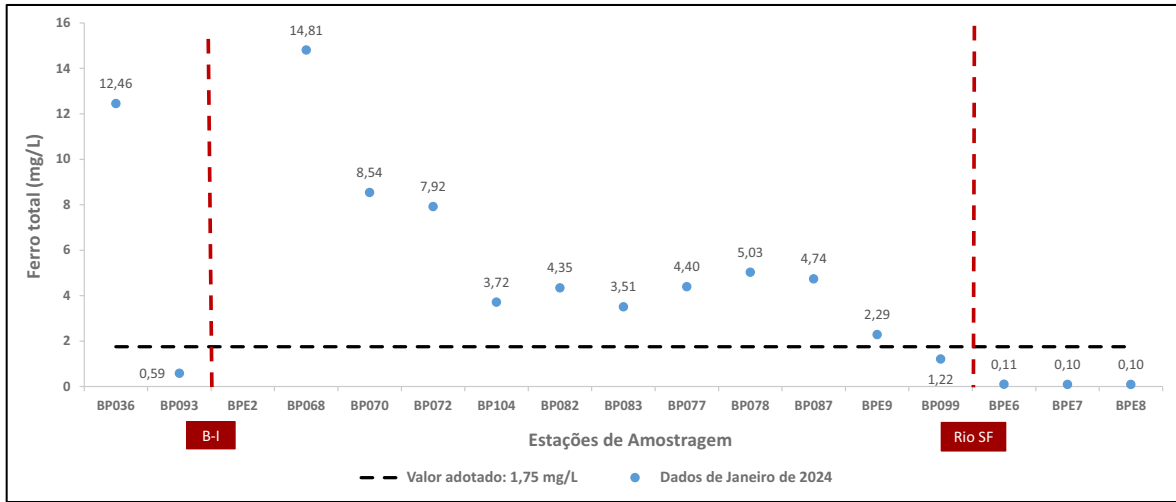
Quadro 7 - Resultados de Ferro total (mg/L)

| Ferro total (mg/L) | | | | | | | Igam, 2023 | |
|--|--------|----------------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 | |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado | |
| montante | BP036 | Brumadinho | sem dados | 9,22 | 2,14 | 3,09 | 12,46 | |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,40 | 0,59 | |
| | BPE2 | | sem dados | 28,52 | 1,19 | sem dados | sem dados | |
| 1 | BP068 | Mário Campos | sem dados | 39,35 | 3,70 | 2,15 | 14,81 | |
| | BP070 | São Joaquim de Bicas | sem dados | 62,00 | 2,70 | 1,92 | 8,54 | |
| 2 | BP072 | Betim | sem dados | 22,52 | 1,69 | 1,85 | 7,92 | |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 9,67 | 1,19 | 1,91 | 3,72 | |
| | BP082 | Esmeraldas | sem dados | 17,78 | 1,43 | 1,43 | 4,35 | |
| 3 | BP083 | Paraopeba | sem dados | 10,92 | 1,80 | 1,66 | 3,51 | |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 1,69 | 4,40 | |
| | BP078 | Curvelo | sem dados | 5,62 | 1,73 | 1,43 | 5,03 | |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,93 | 4,74 | |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 1,66 | 2,29 | |
| | BP099 | | sem dados | 4,76 | 0,44 | 0,08 | 1,22 | |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,15 | 0,07 | sem dados | 0,11 | |
| | BPE7 | | sem dados | 0,14 | 0,08 | sem dados | 0,10 | |
| | BPE8 | | Três Marias | sem dados | 0,08 | 0,04 | sem dados | 0,10 |
| Limite Classe 2 DN 08/2022: não se aplica | | | | | | | | |

BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

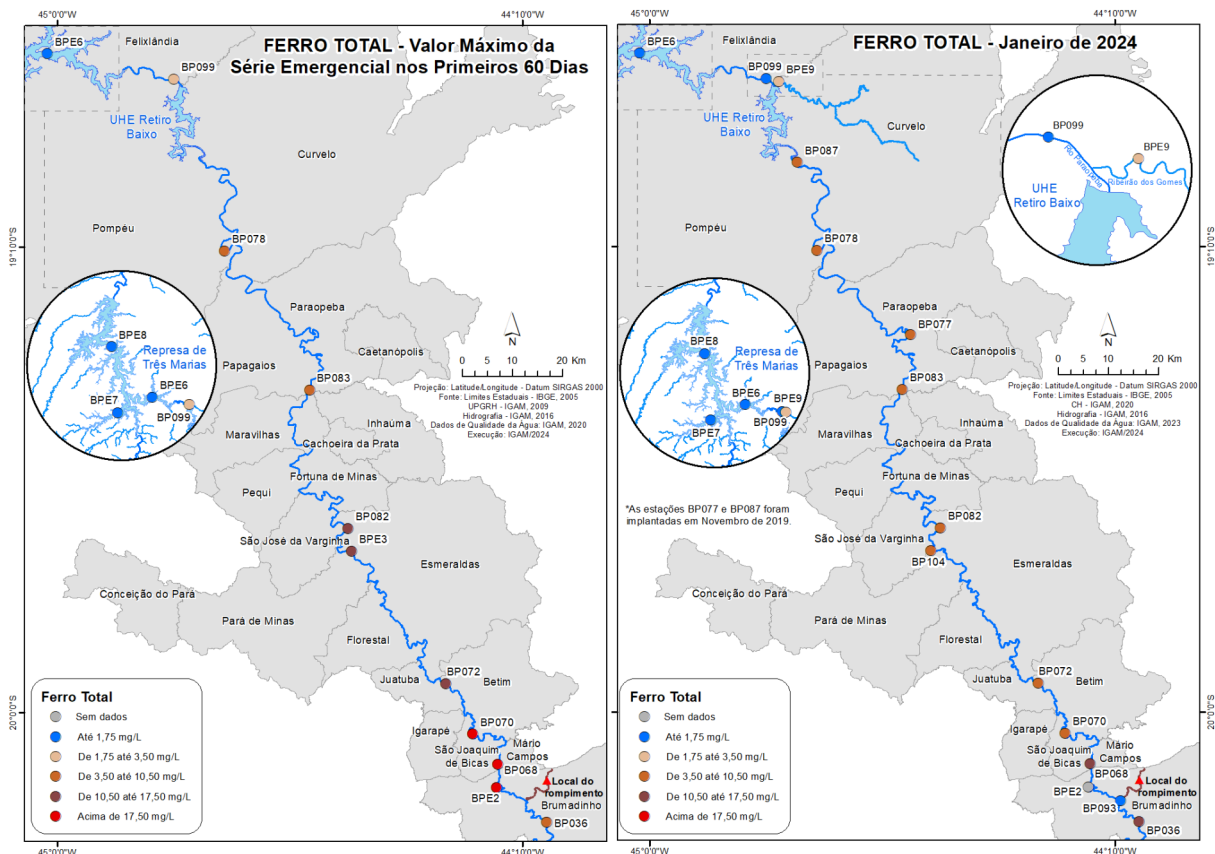
O Quadro 7 e a Figura 11 mostram os resultados de ferro total para cada estação de monitoramento. Observa-se que houve registros acima de 1,75 mg/L (valor adotado conforme citado acima) em dezembro de 2023 e a maioria para janeiro de 2024. Os registros atuais (janeiro de 2024) ocorreram nos municípios de Brumadinho (BP036), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072) e Pará de Minas (BP104), Esmeraldas (BP082), Paraopeba (BP083, BP077), Curvelo (BP078), Pompéu (BP087) e Felixlândia (BPE9 – ribeirão dos Gomes). Os mesmos municípios de registros para manganês total. Ocorreu um valor mais elevado em Brumadinho (BP036 – antes do desastre) com registro máximo superior ao da série emergencial em 2019.

Figura 11 – Resultados de ferro total para janeiro de 2024



Os mapas (Figura 12) apresentam os valores máximos de ferro total em cada estação monitorada nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem registros acima de 1,75 mg/L e as bolinhas coloridas indicam valores acima.

Figura 12 - Resultados dos valores máximos de ferro total para cada estação de monitoramento nos primeiros 60 dias após o rompimento da B-I e os resultados do mês de janeiro de 2024



Ferro dissolvido

O Quadro 8 apresenta valores máximos de ferro dissolvido obtidos para cada ponto de monitoramento na série histórica antes do rompimento, os valores de máximo e mínimo obtidos nos primeiros 60 dias após o rompimento e os valores obtidos nos meses de dezembro de 2023 e janeiro 2024.

Quadro 8 - Resultados do Ferro dissolvido (mg/L)

| Ferro dissolvido (mg/L) | | | | | | | <i>Igam, 2023</i> |
|---|--------|---------------|----------------------------|--|-----------|---------------------|--------------------|
| Estação | | | 2000-2018 (Série Hist.) | Série emergencial até 60 dias após rompimento em 2019 | | dezembro de 2023 | janeiro de 2024 |
| Trecho | Pontos | Município | Máximo | Máximo | Mínimo | Resultado | Resultado |
| montante | BP036 | Brumadinho | 0,98 | 1,22 | 0,20 | 0,14 | 0,23 |
| | BP093 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,09 | 0,32 |
| 1 | BPE2 | Mário Campos | sem dados | 1,11 | 0,03 | sem dados | sem dados |
| | BP068 | | 0,97 | 1,24 | 0,03 | 0,18 | 0,39 |
| | BP070 | | São Joaquim de Bicas | 1,57 | 1,16 | 0,03 | 0,25 |
| 2 | BP072 | Betim | 0,77 | 1,27 | 0,06 | 0,28 | 0,33 |
| | BP104 | Pará de Minas | sem dados | 1,36 | 0,15 | 0,15 | 0,63 |
| | BP082 | Esmeraldas | 0,99 | 1,27 | 0,07 | 0,19 | 0,36 |
| 3 | BP083 | Paraopeba | 0,56 | 1,42 | 0,11 | 0,12 | 0,35 |
| | BP077 | | sem dados | sem dados | sem dados | 0,08 | 0,69 |
| | BP078 | Curvelo | 1,19 | 1,82 | 0,15 | 0,16 | 1,11 |
| | BP087 | Pompéu | sem dados | sem dados | sem dados | 0,12 | 0,42 |
| 4 | BPE9 | Felixlândia | sem dados | sem dados | sem dados | 0,52 | 0,81 |
| | BP099 | | 0,44 | 1,14 | 0,12 | 0,03 | 0,48 |
| 5 | BPE6 | Abaeté | sem dados | 0,03 | 0,03 | sem dados | 0,08 |
| | BPE7 | | sem dados | 0,03 | 0,03 | sem dados | 0,06 |
| | BPE8 | Três Marias | sem dados | 0,07 | 0,03 | sem dados | 0,05 |
| Limite Classe 2 DN 08/2022: 0,3 mg/L | | | | | | | |

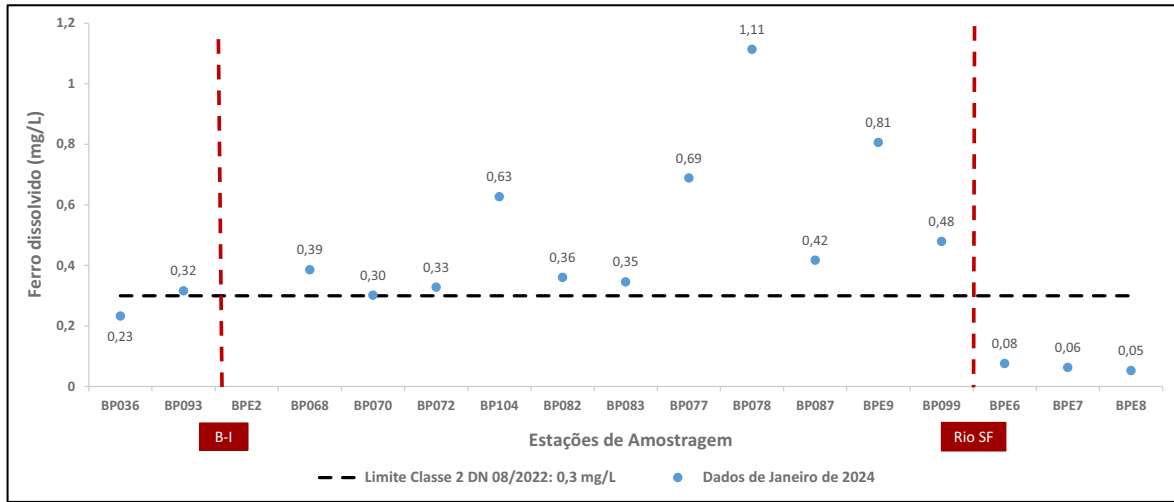
BPE6, BPE7 e BPE8: coleta trimestral; BPE2: não coletado

Observa-se que o número de violações para ferro dissolvido no mês de janeiro/2024 é superior ao mês de dezembro/2023, conforme as tonalidades de cores do Quadro 8. No mês de janeiro, os resultados de ferro dissolvido acima do limite legal (0,3 mg/L) foram registrados no trecho de montante ao trecho 4.

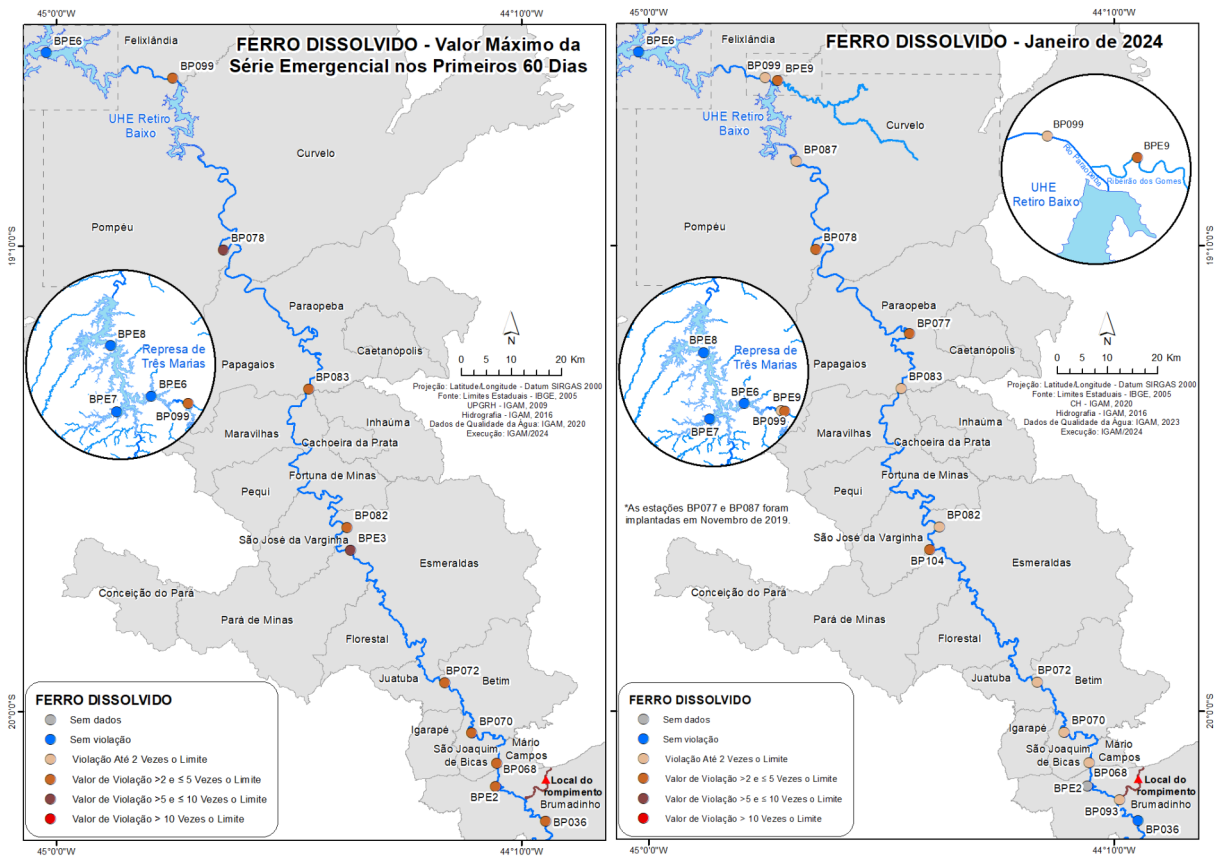
A Figura 13 mostra os resultados de ferro dissolvido para cada estação de monitoramento que apresentaram resultados com violações (acima da linha tracejada preta) para o mês atual (janeiro de 2024). Os municípios que apresentaram violações correspondem a Brumadinho (BP093), Mário Campos (BP068), São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072), Pará de Minas (BP104), Esmeraldas (BP082), Paraopeba (BP083 e BP077), Curvelo (BP078), Pompéu (BP087) e Felixlândia (BPE9 – ribeirão dos Gomes; BP099 - após a UHE de Retiro Baixo e antes de sua foz na UHE Três Marias). Houve um registro em Felixlândia que ultrapassou ao registrado na série histórica do IGAM, porém inferior ao valor máximo registrado na série emergencial após o rompimento.

É importante mencionar que a estação BPE9 está localizada no tributário ribeirão dos Gomes com sua foz depois da UHE Retiro Baixo, portanto, não possui relação com a presença de rejeito de minério, proveniente do rompimento da barragem B-I da Vale.

Figura 13 - Resultados de ferro dissolvido para janeiro de 2024



Os mapas (Figura 14) apresentam os valores máximos de ferro dissolvido em cada estação monitorada nos primeiros 60 dias após o rompimento das barragens (2019), e do mês em análise (janeiro de 2024). As bolinhas azuis nos mapas representam as estações sem violação e as bolinhas coloridas indicam desconformidade (violação) com a legislação.



Elaboração do Boletim:
GERÊNCIA DE MONITORAMENTO
DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS
ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO - SISEMA

Equipe Técnica
André Gustavo Oliveira Nassif
Átalo Pinto Coelho Durso
Cláudia Alves Ferreira
Iury Chrystian de Oliveira Assunção
Katiane Cristina de Brito Almeida
Mariana Elissa Vieira de Souza
Marco Antônio Ribeiro Silva
Matheus Duarte Santos
Maurilio César de Faria
Sérgio Pimenta Costa
Sylvia Therese Meyer Ribeiro
Vanessa Kelly Saraiva
Yasmin Andrade Lima
Wanderlene Ferreira Nacif
Marcelo da Fonseca

Criação e Diagramação
Patrícia Goursand Macedo de Freitas



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.