



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Boletim Informativo

Qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento em municípios atingidos pelo desastre da Vale S.A. em Brumadinho, Minas Gerais (2019 - 2020).

Belo Horizonte, janeiro de 2021



SAÚDE



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

FICHA TÉCNICA

ROMEU ZEMA NETO

Governador do Estado de Minas Gerais

PAULO EDUARDO ROCHA BRANT

Vice-Governador do Estado de Minas Gerais

CARLOS EDUARDO AMARAL PEREIRA DA SILVA

Secretário de Estado de Saúde de Minas Gerais

LUIZ MARCELO CABRAL TAVARES

Secretário de Estado Adjunto

JANAÍNA PASSOS DE PAULA (Interinamente)

Subsecretária de Vigilância em Saúde

FILIPPE CURZIO LAGUARDIA

Superintendente de Vigilância Sanitária

ÂNGELA FERREIRA VIEIRA

Diretora de Vigilância em Alimentos e Vigilância Ambiental

BRUNA DIAS TOURINHO

Coordenadora de Vigilância em Saúde Ambiental

ELABORAÇÃO

Marcelle Aparecida de Oliveira

Nathália Pacífico de Carvalho

COLABORAÇÃO

Gabriela Lopes Marques

Joice Rodrigues da Cunha

Rosiane Aparecida Pereira

Shaiane Nara da Silva Campos

Talita Silva de Oliveira



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO _____	1
O DESASTRE EM BRUMADINHO _____	2
Rompimento da barragem e impactos relacionados _____	3
A lama de rejeitos _____	4
MONITORAMENTO EMERGENCIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA ____	5
Contexto _____	6
Plano de amostragem _____	7
Parâmetros monitorados _____	11
Resultados _____	12
Parâmetros microbiológicos _____	12
Parâmetros organolépticos _____	16
Substâncias químicas que representam risco à saúde _____	24
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	36
REFERÊNCIAS _____	38



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos pontos incluídos no plano de monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).	8
Figura 2. Exemplos de pontos com formas de abastecimento incluídos no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).	9
Gráfico 1. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para os parâmetros microbiológicos - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).	13
Gráfico 2. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro coliformes totais, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	13
Gráfico 3. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro E. coli, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	14
Gráfico 4. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro coliformes totais, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	15
Gráfico 5. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro E. coli, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	15
Gráfico 6. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para os parâmetros organolépticos - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	16
Gráfico 7. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro alumínio, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	17
Gráfico 8. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro ferro, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	18
Gráfico 9. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro manganês, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	18
Gráfico 10. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro cor aparente, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	19
Gráfico 11. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro turbidez, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	19
Gráfico 12. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro alumínio, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	20
Gráfico 13. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro ferro, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).	21



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

- Gráfico 14. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro manganês, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 21
- Gráfico 15. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro cor aparente, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 22
- Gráfico 16. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro turbidez, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 22
- Gráfico 17. Distribuição dos valores não conformes para o parâmetro ferro (VMP 0,3 mg/L) - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 23
- Gráfico 18. Distribuição dos valores não conformes para o parâmetro turbidez (VMP 5 uT) - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 24
- Figura 3. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020). 29
- Figura 4. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no primeiro (jan. - mar. 2019) e no segundo trimestre (abr. - jun. 2019) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba. _____ 30
- Figura 5. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no terceiro (jul. - set. 2019) e no quarto trimestre (out. - dez. 2019) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba. _____ 31
- Figura 6. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no quinto (jan. - mar. 2020) e no sexto trimestre (abr. - jun. 2020) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba. _____ 32
- Figura 7. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no sétimo (jul. - set. 2020) e no oitavo trimestre (out. - nov. 2020) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba. _____ 33
- Gráfico 19. Distribuição temporal do número de não conformidades encontradas para as substâncias químicas que representam risco à saúde - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 34
- Gráfico 20. Número de não conformidades para substâncias que representam risco à saúde por município e período [(a) 2019; (b) 2020] - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba. ____ 35



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Municípios incluídos no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba e quantitativo de amostras coletadas de janeiro de 2019 a novembro de 2020. _____ 10

Quadro 2. Parâmetros analisados no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020). _____ 11

Tabela 1. Número de laudos emitidos por parâmetro das substâncias que representam riscos à saúde e município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 25

Tabela 2. Estatísticas descritivas para os parâmetros dos grupos "substâncias químicas que representam risco à saúde", por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020). _____ 26



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

APRESENTAÇÃO

No dia 25 de janeiro de 2019, ocorreu o rompimento da barragem B1 da Mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., em Brumadinho, Minas Gerais, causando danos humanos extensos e consideráveis impactos socioambientais e socioeconômicos. Dentre as múltiplas potenciais consequências para a saúde pública decorrentes do rompimento, a questão da qualidade da água para consumo humano é objeto de avaliação deste boletim.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano é competência do setor saúde e no contexto de emergências em saúde pública, como desastres ambientais, o monitoramento da qualidade da água pode ser ampliado em caráter emergencial. Assim, poucos dias após o rompimento da barragem, a Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG), em articulação com as secretarias de saúde dos municípios envolvidos e com apoio do Ministério da Saúde, iniciaram o monitoramento da qualidade da água para consumo humano em sistemas e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água cujas captações ou fontes localizavam-se até 100 m de das margens do rio Paraopeba, nos municípios a jusante do ponto de confluência entre o ribeirão Ferro-Carvão e o rio Paraopeba, em Brumadinho/MG, até o município de Três Marias.

Neste boletim, são apresentados resultados referentes ao período compreendido entre janeiro de 2019 (início do monitoramento) e novembro de 2020. Os dados provenientes de análises realizadas em 141 pontos foram agregados no nível dos municípios. Foram avaliadas também tendências temporais nos resultados, considerando períodos trimestrais e a relação com os períodos chuvosos. Os parâmetros de qualidade da água avaliados estão compreendidos em três grupos principais: microbiológicos, organolépticos e substâncias químicas que representam risco à saúde, de acordo com o preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 em seu Anexo XX.

O DESASTRE EM BRUMADINHO



O DESASTRE EM BRUMADINHO

Rompimento da barragem e impactos relacionados

Os desastres são processos oriundos da transformação e crescimento da sociedade, dos fatores socioambientais relacionados a modos de vida que produzem vulnerabilidades sociais e, assim, vulnerabilidade aos desastres. Eles podem ser definidos como interrupções no funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade, afetando o cotidiano, gerando perdas materiais, danos ambientais e também à saúde das populações expostas pela ocorrência de agravos e doenças. Além disso, por vezes excedem a capacidade de resposta local em lidar com a situação por meio de seus próprios recursos, o que amplia as perdas e danos para além dos limites do lugar de ocorrência do evento, ou seja, são eventos adversos que causam grandes impactos na sociedade.

Em 25 de janeiro de 2019, a barragem de rejeitos B1 na mina de minério de ferro Córrego do Feijão rompeu no município de Brumadinho, estado de Minas Gerais, Brasil, causando um grande extravasamento de rejeito de mineração. Cerca de 12 milhões de m³ de uma mistura de rejeito-lama foi liberada da barragem, causando danos humanos imediatos com elevado número de óbitos e impactos ao longo do rio Paraopeba em direção ao rio São Francisco, além de impactos econômicos, culturais e sociais.

Em desastres com barragens, o sistema fluvial recebe rejeitos causando uma mudança significativa na morfologia da bacia hidrográfica. A movimentação de rejeitos ao longo do rio também potencializa o revolvimento de material depositado no fundo, pode reduzir os níveis de oxigênio e alterar toda a complexidade da biota existente. Além disso, as altas concentrações de metais podem contaminar outros ambientes, como solo, sedimentos e a água subterrânea.

Os rejeitos atingiram o riacho Córrego do Feijão indo ao encontro do rio Paraopeba, que é uma importante fonte de água para uma região populosa como a região metropolitana de Belo Horizonte, além de importante afluente da bacia do rio São Francisco. Pelo menos 2,7 km² foram destruídos pelos rejeitos, incluindo vegetação da Mata Atlântica, áreas de proteção permanente ao longo dos cursos de água e diversas edificações corporativas e privados.

Desastres como esse, em que há o despejo de substâncias químicas contaminando o ambiente, submetem as populações expostas a novos cenários de riscos e morbimortalidades. Pode haver o comprometimento no abastecimento de água potável, distribuição de alimentos, desregulação do clima, alteração no ciclo dos vetores e hospedeiros de doenças, ou seja, as condições de vida e saúde podem ser modificadas gerando incertezas e inseguranças levando a efeitos, também, sobre a saúde mental. Além disso, a contaminação presente na lama de rejeitos e sua exposição nas mais diversas formas, seja pela água, solo ou ar, podem gerar riscos e danos à saúde a médio e longo prazo, podendo atingir, principalmente, as populações mais vulneráveis.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

A lama de rejeitos

No dia 31/01/2019, seis dias após o rompimento da barragem, foram coletadas amostras do rejeito ao longo do seu trajeto por profissionais do setor saúde, com apoio do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. Segundo o Parecer Técnico nº 5/2019 DSASTE/SVS/MS, que avalia laudos químicos com teores de metais e outros parâmetros encontrados na lama de rejeitos, as análises de metais no rejeito foram executadas por laboratório privado acreditado, segundo metodologia USEPA3050B (digestão ácida de sedimentos, lodo e solos, em que a sílica presente no material não é solubilizada), sendo essa a metodologia recomendada pela Resolução CONAMA 420 de 2009.

Com base no princípio da prevenção e precaução, os valores de metais pesados analisados no rejeito foram comparados com o Valor de Prevenção (VP) (Resolução CONAMA nº 420 de 2009). No caso dos valores não definidos por essa normativa, foram utilizados os teores médios dos solos de Brumadinho levantados pelo banco de solo da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Os elementos bário e cobre apresentaram concentrações superiores aos estabelecidos pela normativa vigente em 60% e em 10% das amostras, respectivamente. Bário, cobre, ferro e manganês apresentaram teores maiores do que a média dos solos da região. No caso do ferro e manganês, a superação da média encontrada para esses metais nos solos da região ocorreu para 100% das amostras (Parecer Técnico nº 5/2019 DSASTE/SVS/MS).

O rompimento da barragem B1 da Vale S.A. ocasionou o carregamento de rejeitos que estavam dispostos na Mina do Córrego do Feijão, sendo que a maior parte desses rejeitos ficou contida na calha do ribeirão Ferro-Carvão até sua confluência com o rio Paraopeba. No entanto, uma parte atingiu a calha do rio Paraopeba, propagando-se até o remanso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo, entre os municípios de Curvelo e Pompéu. Assim, diante da deposição dos rejeitos no rio, fez-se necessário o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas fonte para soluções alternativas de abastecimento para consumo humano.

**MONITORAMENTO EMERGENCIAL DA
QUALIDADE DA ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO EM SOLUÇÕES
ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO
NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA**



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

MONITORAMENTO EMERGENCIAL DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO NA BACIA DO RIO PARAÓPEBA

Contexto

É competência do Sistema Único de Saúde (SUS) a vigilância da qualidade da água para consumo humano, conforme estabelecido pela Constituição Federal de 1988, Art. 200, tendo em vista a avaliação dos riscos à saúde da população. Segundo a Portaria de Consolidação nº 5/2017, em seu Anexo XX, que dispõe sobre o controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, a **água para consumo humano** é aquela “*destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem*”. A mesma Portaria estabelece que compete às Secretarias de Saúde dos Estados a promoção e acompanhamento da vigilância da qualidade da água, em articulação com os municípios e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água. Aos municípios, compete o exercício da vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano.

Os Art. 3º e 4º do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 dispõem que toda água destinada ao consumo humano, distribuída por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água. Da mesma forma, estão sujeitas à vigilância a água proveniente de solução alternativa individual de abastecimento, independentemente da forma de acesso da população. A Portaria define a solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano como “modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição”. Define ainda a solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano como “modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares”.

Segundo a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano do Ministério da Saúde (2016), em casos de emergências em saúde pública, como desastres ambientais, surtos ou epidemias, acidentes com produtos perigosos, dentre outras, o monitoramento da qualidade da água pode ser ampliado de forma emergencial, conforme especificidades do evento.

Nesse sentido, após o evento do rompimento da barragem B1, em Brumadinho, foi iniciado o **monitoramento emergencial** da qualidade da água utilizada para consumo humano de soluções alternativas de abastecimento coletivas e individuais, como poços e cisternas, localizadas na bacia do Rio Paraopeba. Essa iniciativa resultou do trabalho desenvolvido pela Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG), com apoio do Ministério da Saúde (MS), e em articulação com as secretarias de saúde dos municípios envolvidos. Seu objetivo principal foi a avaliação de possíveis impactos na qualidade da água subterrânea, bem como dos riscos à saúde humana, que poderiam decorrer do carreamento do material oriundo da lama de rejeitos depositada no leito do rio Paraopeba.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Plano de amostragem

Para o plano de amostragem inicial, definiu-se como critério a priorização da inclusão de pontos localizados até 100 metros de distância da calha do rio Paraopeba, nos municípios a jusante do ponto de confluência entre o ribeirão Ferro-Carvão e o rio Paraopeba, em Brumadinho, até o município de Três Marias¹. O critério da distância de 100 metros foi estabelecido em discussão conjunta entre a equipe da SES/MG e a equipe do Ministério da Saúde, considerando características de baixa mobilidade dos contaminantes presentes no rejeito.

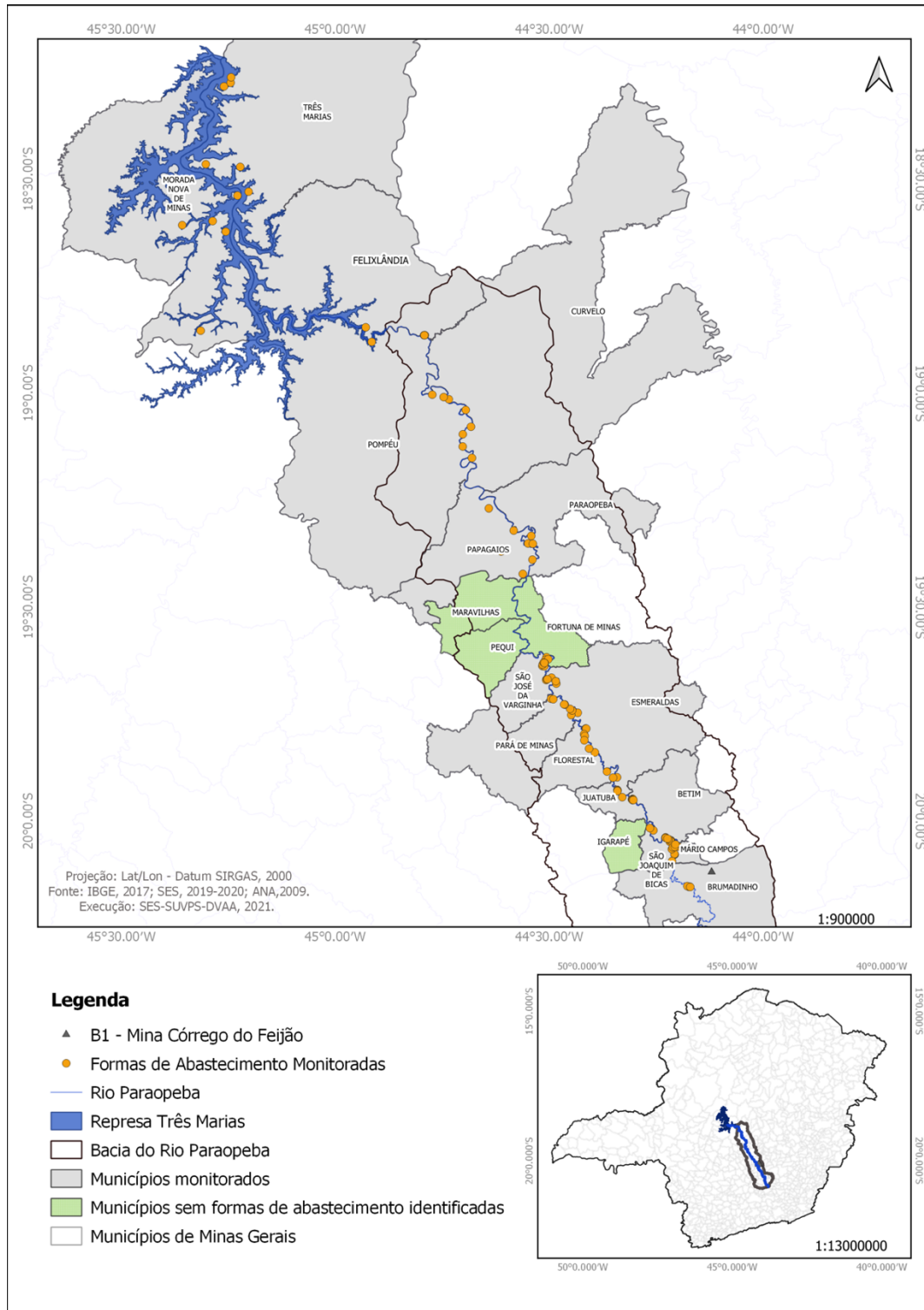
As coletas das amostras tiveram início em 29 de janeiro de 2019, no município de Brumadinho, sendo as análises realizadas pelo Laboratório Central de Saúde Pública da Fundação Ezequiel Dias (FUNED). Por meio do Termo de Compromisso firmado entre a Advocacia Geral da União (AGU) e a empresa Vale S.A., assinado em 13 de março de 2019, determinou-se que a Vale S.A. iria custear as análises de água das formas de abastecimento utilizadas para consumo humano que estivessem localizadas até 100 m do leito do rio Paraopeba nos municípios atingidos pelo desastre. Dessa forma, o monitoramento expandiu-se para outros 15 municípios atingidos que identificaram formas de abastecimento de água dentro dos critérios instituídos. Às margens do rio Paraopeba, em todo o trecho afetado, foram identificados 20 municípios elegíveis, no entanto, quatro deles - Maravilhas, Pequi, Fortuna de Minas e Igarapé - não identificaram formas de abastecimento que atendiam aos critérios propostos (Fig. 1). A Figura 1 mostra a localização de pontos com formas de abastecimento monitoradas pela SES/MG e a Figura 2 ilustra alguns desses pontos.

¹ Embora o monitoramento realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) indique a manutenção da recomendação de suspensão dos usos da água bruta do Rio Paraopeba no percurso que abrange os municípios de Brumadinho até Pompéu, o monitoramento do SUS tem sido feito até o município de Três Marias por motivo de precaução em função da incerteza inicial sobre o alcance do rejeito até a represa de Três Marias.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Figura 1. Localização dos pontos incluídos no plano de monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).



Nota: os dados sobre os pontos estão sujeitos à atualização e inserção de coordenadas a partir da disponibilização pelos municípios.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Figura 2. Exemplos de pontos com formas de abastecimento incluídos no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).



Fonte: SRS Divinópolis e Sete Lagoas / SES-MG

Assim, o monitoramento contempla atualmente 16 municípios ao longo da bacia do rio Paraopeba, pertencentes a três Superintendências Regionais de Saúde diferentes: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Divinópolis. O Quadro 1 apresenta esses municípios, o número de pontos monitorados e o número de amostras coletadas em cada município desde o início do monitoramento até novembro de 2020.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Quadro 1. Municípios incluídos no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba e quantitativo de amostras coletadas de janeiro de 2019 a novembro de 2020.

SRS	MUNICÍPIO	NÚMERO DE PONTOS MONITORADOS	NÚMERO DE AMOSTRAS COLETADAS
Belo Horizonte	Betim	7	253
	Brumadinho	22	293
	Esmeraldas	13	383
	Florestal	7	206
	Juatuba	5	239
	Mário Campos	7	142
	São Joaquim de Bicas	11	260
Sete Lagoas	Curvelo	5	171
	Felixlândia	6	174
	Morada Nova de Minas	5	204
	Papagaios	5	221
	Paraopeba	4	104
	Pompéu	4	101
	Três Marias	6	261
Divinópolis	São José da Varginha	16	403
	Pará de Minas	18	217
TOTAL		141	3632

SRS: Superintendência Regional de Saúde

A partir do dia 21 de fevereiro de 2019, adicionalmente às análises realizadas pela FUNED, as análises passaram a ser feitas também por laboratório privado, mediante contratação realizada pela Vale S.A., definida por Termo de Compromisso entre a Advocacia Geral da União (AGU) e a Vale S.A. Os laboratórios possuem sistema de gestão da qualidade, conforme requisitos especificados na NBR ISSO/IEC 17025:2005.

Ao longo do período de monitoramento, houve a inclusão de pontos de monitoramento que se enquadravam nos critérios técnicos definidos. Também foram realizadas exclusões de pontos por não estarem dentro das determinações, ou ainda, por situações que inviabilizavam as coletas, como recusa de moradores para receber os técnicos da saúde no momento da coleta, poços que secaram devido ao período de estiagem e falhas no funcionamento da bomba dos poços.

A coleta, o armazenamento e o transporte das amostras de água são realizadas por profissionais do SUS, como referências técnicas das Superintendências Regionais de Saúde envolvidas e da Vigilância em Saúde Ambiental dos municípios atingidos.

Até o mês de março de 2019, a frequência de coleta das amostras era semanal. A partir de abril do mesmo ano, a periodicidade das coletas passou a ser quinzenal. Houve orientação para que as coletas fossem realizadas preferencialmente no ponto anterior à reservação e, em caso de impossibilidade, no ponto de consumo.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

A coleta das amostras segue os procedimentos dispostos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (ANA) (2011), conforme preconiza a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano do Ministério da Saúde (2016). As metodologias analíticas empregadas atendem ao disposto no Art. 22 do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, que estabelece que estas devem atender às normais nacionais ou internacionais mais recentes.

Parâmetros monitorados

Os parâmetros de qualidade da água monitorados foram definidos com base nas informações sobre a composição do rejeito e no padrão de potabilidade definido no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017. Esses parâmetros são divididos em três grupos, microbiológicos, organolépticos e substâncias químicas que representam riscos à saúde (Quadro 2).

Quadro 2. Parâmetros analisados no monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Unidade	VMP ¹
Microbiológicos	Coliformes totais	-	Ausência em 100 mL
	Escherichia coli	-	Ausência em 100 mL
Organolépticos	Alumínio	mg/L	0,2
	Cor aparente	uH ²	15
	Ferro	mg/L	0,3
	Manganês	mg/L	0,1
	Turbidez	uT ³	5
	Zinco	mg/L	5
Substâncias químicas que representam risco à saúde	Antimônio	mg/L	0,005
	Arsênio	mg/L	0,01
	Bário	mg/L	0,7
	Cádmio	mg/L	0,005
	Chumbo	mg/L	0,01
	Cobre	mg/L	2
	Cromo	mg/L	0,05
	Mercúrio	mg/L	0,001
	Níquel	mg/L	0,07
Selênio	mg/L	0,01	

¹ VMP: Valor Máximo Permitido, de acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017

² uH: Unidade Hazen (mgPt-Co/L)

³ uT: Unidade de Turbidez



Adicionalmente às análises indicadas no Quadro 1, para pontos localizados em áreas diretamente impactadas no município de Brumadinho, foram analisados parâmetros além daqueles citados no Quadro 2, de acordo com a capacidade analítica do laboratório responsável pela execução das análises na FUNED. Esses parâmetros adicionais incluíram, no grupo dos parâmetros organolépticos: cloreto, dureza total, sólidos dissolvidos totais, sulfato, surfactantes, sódio; no grupo de substâncias químicas que representam risco à saúde: cloraminas total, fluoreto, nitrato, nitrito, cianeto e cloro residual livre. Não foram observadas inconformidades nos resultados obtidos para essas análises adicionais realizadas em Brumadinho, exceto para o parâmetro cloro residual livre. Esse parâmetro só foi analisado em seis diferentes amostras e quatro delas apresentaram valores abaixo do mínimo preconizado pela legislação. Embora seja um resultado verificado em um número pequeno de amostras, ele é forte indicativo de que a água não tem recebido tratamento adequado.

Resultados

Os resultados apresentados foram organizados de acordo com os três grupos de parâmetros avaliados: microbiológicos, organolépticos e substâncias químicas que representam riscos à saúde. Além disso, foram feitas análises descritivas estratificadas por trimestres, objetivando avaliar a influência temporal e dos períodos chuvosos e de seca nos parâmetros avaliados.

Parâmetros microbiológicos

Os riscos microbiológicos associados ao consumo de água mais relevantes estão relacionados com a contaminação por matéria fecal de origem humana ou animal. As fezes podem ser uma fonte de organismos patogênicos, tais como bactérias, vírus e protozoários. Assim, os patógenos de origem fecal constituem a principal preocupação para a qualidade microbiológica da água.

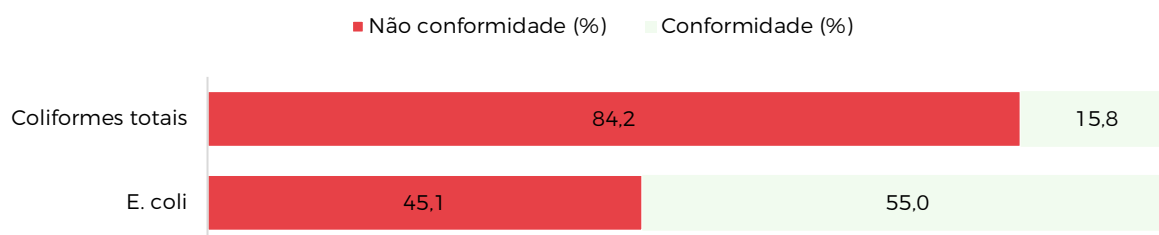
Os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) têm o papel de indicadores da introdução de matéria de origem fecal na água, sinalizando o risco potencial da presença de organismos patogênicos. Os coliformes totais constituem um grupo diverso de bactérias cuja ocorrência não necessariamente está relacionada à contaminação da água por material fecal. Assim, o emprego exclusivo desse indicador para avaliação da qualidade microbiológica da água pode superestimar os riscos à saúde relacionados ao consumo dessa água. A presença de coliformes totais na água, portanto, não indica necessariamente a presença de contaminação com material fecal, embora seja um importante indicador da qualidade da água tratada. O *E. coli*, por outro lado, é um preciso indicador da contaminação da água por material fecal de origem humana ou animal. Assim, sua detecção constitui um indício da presença de organismos patogênicos.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

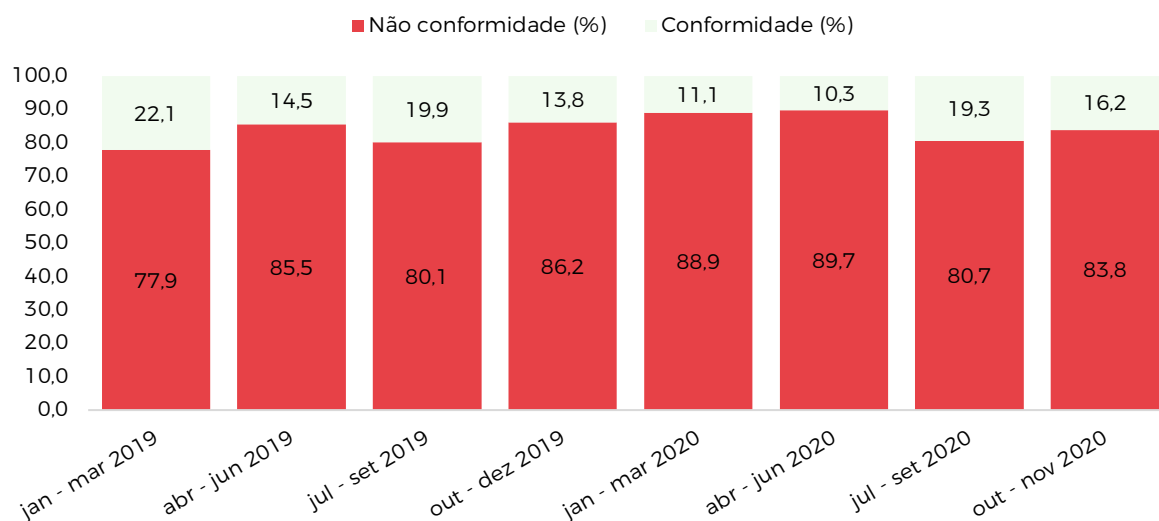
De modo geral, considerando todos os pontos monitorados durante todo o período analisado, 84,2% das amostras apresentaram não conformidade para o parâmetro coliformes totais e 45,1% não atenderam ao padrão de conformidade para o parâmetro E. coli (Gráfico 1).

Gráfico 1. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para os parâmetros microbiológicos - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).



Ainda considerando a totalidade de pontos monitorados, foram analisados os resultados dos parâmetros microbiológicos ao longo do tempo, em recortes trimestrais. Para o parâmetro coliformes totais, o percentual de não conformidade das amostras manteve-se sempre elevado ao longo do tempo, atingindo as maiores marcas no período compreendido entre outubro de 2019 e junho de 2020, quando esteve acima de 86% (Gráfico 2).

Gráfico 2. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro coliformes totais, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

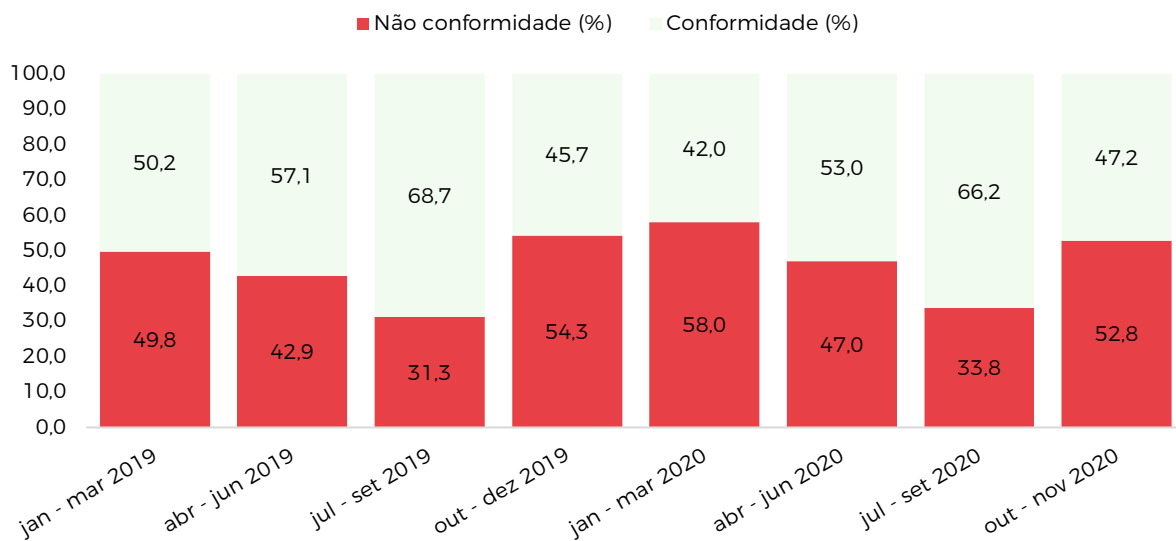




Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

A frequência de não conformidade para o parâmetro *E. coli* foi menor do que o observado para coliformes totais, mas chegou a superar 50% das amostras analisadas nos períodos compreendidos entre outubro de 2019 e março de 2020 e também de outubro a novembro de 2020 (Gráfico 3).

Gráfico 3. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro *E. coli*, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

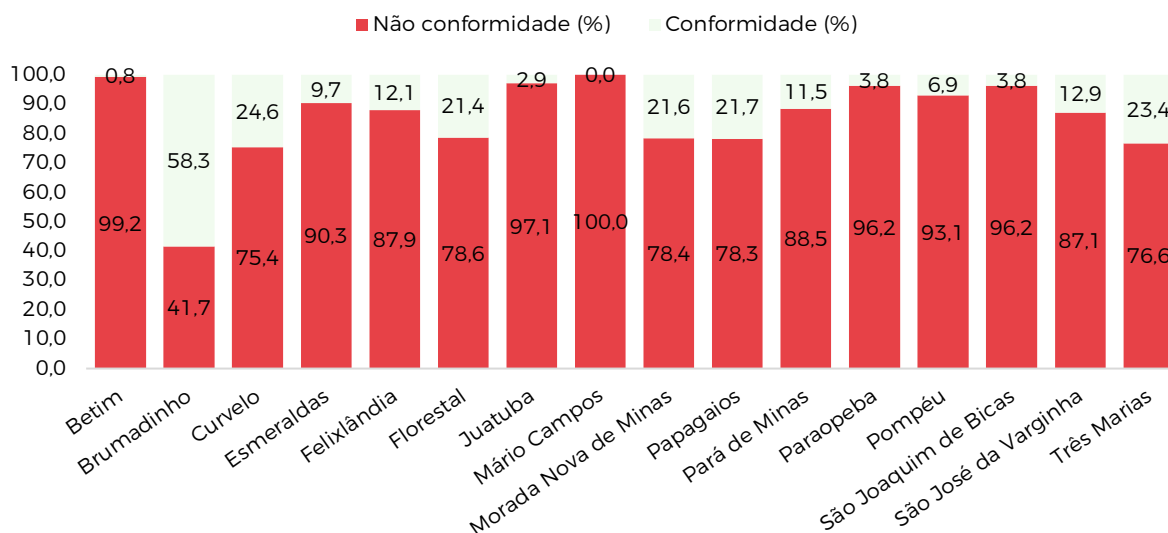


Avaliando os resultados por município, foram verificadas variações regionais que vão de 41,7% em Brumadinho a 100% de amostras não conformes no município de Mário Campos. Para coliformes totais, foi alta a frequência de não conformidade, sendo os municípios que apresentaram maior percentual de amostras não conformes Mário Campos (100,0%), Betim (99,2%), Juatuba (97,1%), Paraopeba (96,2%) e São Joaquim de Bicas (96,2%). Brumadinho apresentou o menor percentual de amostras fora do padrão de potabilidade para esse parâmetro (41,7%) (Gráfico 4).



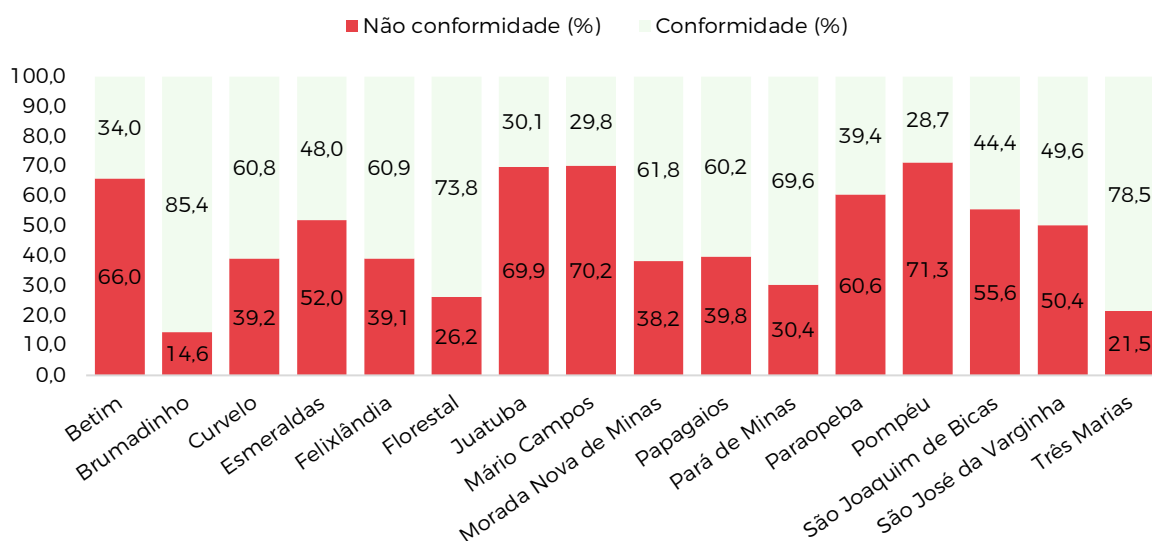
Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Gráfico 4. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **coliformes totais**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



E. coli, ao longo de todo o período analisado, também apresentou variação entre os municípios, com menor frequência de não conformidade em relação ao observado para o parâmetro coliformes totais (Gráfico 5). Dois municípios apresentaram frequência relativa de não conformidade superior a 70%: Mário Campos (70,2%) e Pompéu (71,3%) (Gráfico 5).

Gráfico 5. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **E. coli**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).





Parâmetros organolépticos

Segundo o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, o padrão organoléptico de potabilidade da água constitui um “conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde”.

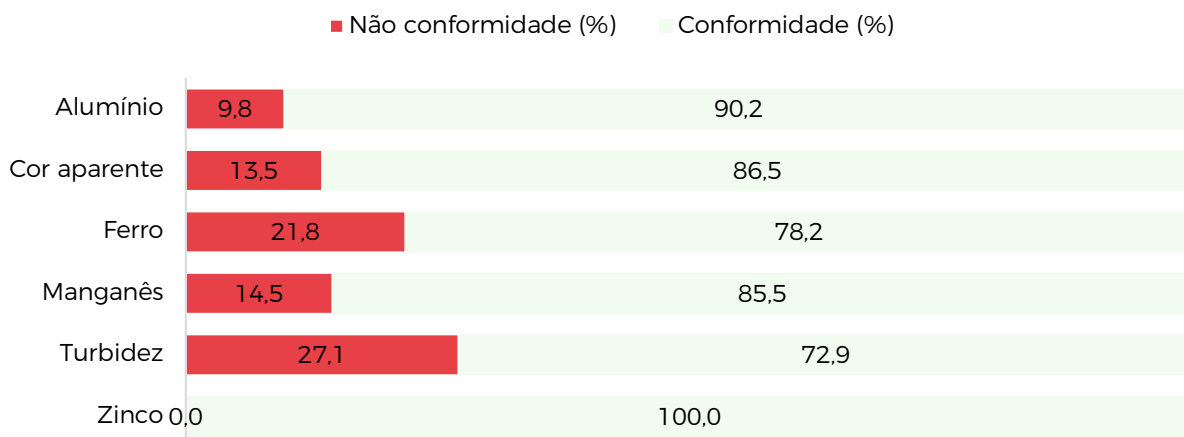
Assim, os parâmetros organolépticos apontam características da água relacionadas à sua aceitação pela população. A aceitabilidade em relação à aparência, gosto e odor é de fundamental importância, visto que uma estética inaceitável da água pode prejudicar a confiança daqueles que a consomem, ocasionando preocupações que podem estimular o uso da água de fontes menos seguras. É natural que haja suspeição, por parte da população, da água que apresente sujidades, coloração atípica, gosto ou odor desagradáveis, ainda que essas características não estejam necessariamente associadas a riscos à saúde.

Apesar de existirem valores máximos de referência no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 para os parâmetros organolépticos, conforme mostrado no Quadro 2, cabe ressaltar que a aceitabilidade é subjetiva e sofre influência de fatores individuais, sociais, ambientais e culturais, sendo afetada também pela qualidade da água que a comunidade está habituada a utilizar.

São apresentados, a seguir, os resultados obtidos para os parâmetros organolépticos alumínio, cor aparente, ferro, manganês, turbidez e zinco.

Considerando todos os pontos monitorados ao longo de período avaliado, o percentual de não conformidade encontrado para os parâmetros organolépticos é mostrado no Gráfico 1. Foi observada maior frequência de não conformidade para turbidez (27,1%) e ferro (21,8%). Todas as amostras avaliadas apresentaram resultados satisfatórios para o parâmetro zinco ao longo de todo o período (Gráfico 6).

Gráfico 6. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para os **parâmetros organolépticos** - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

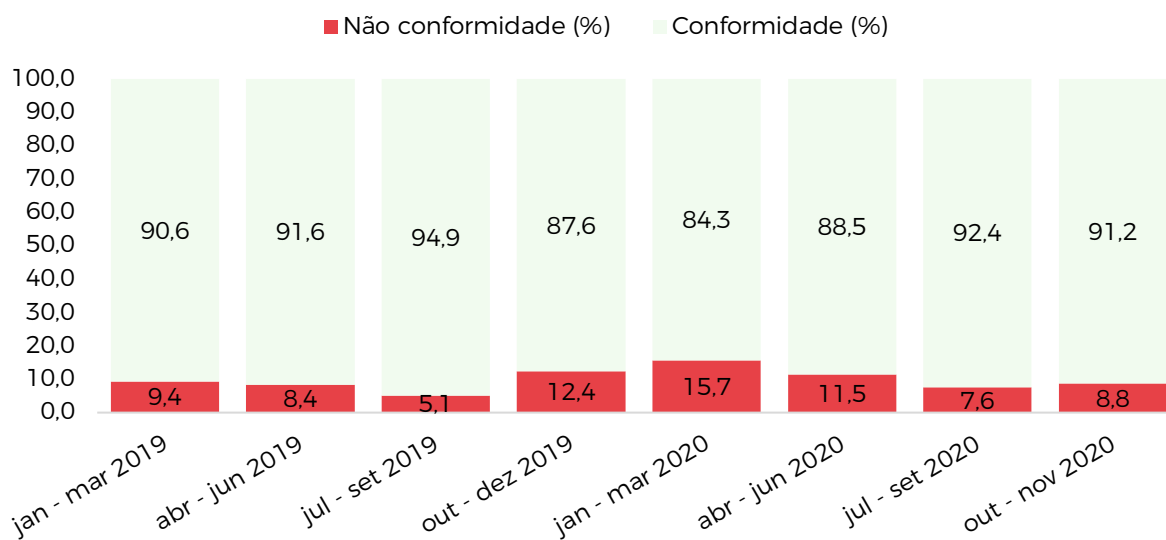




Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Também foi avaliado como o percentual de não conformidade para cada parâmetro organoléptico variou ao longo do tempo, mensurado em trimestres. Para o alumínio, foram observados percentuais de não conformidade variando de 5,1% no período de julho a setembro de 2019 a 15,7% entre janeiro e março de 2020 (Gráfico 7). Os períodos de maior frequência de não conformidade coincidem com o período chuvoso (último semestre de 2019 e primeiro semestre de 2020).

Gráfico 7. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **alumínio**, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

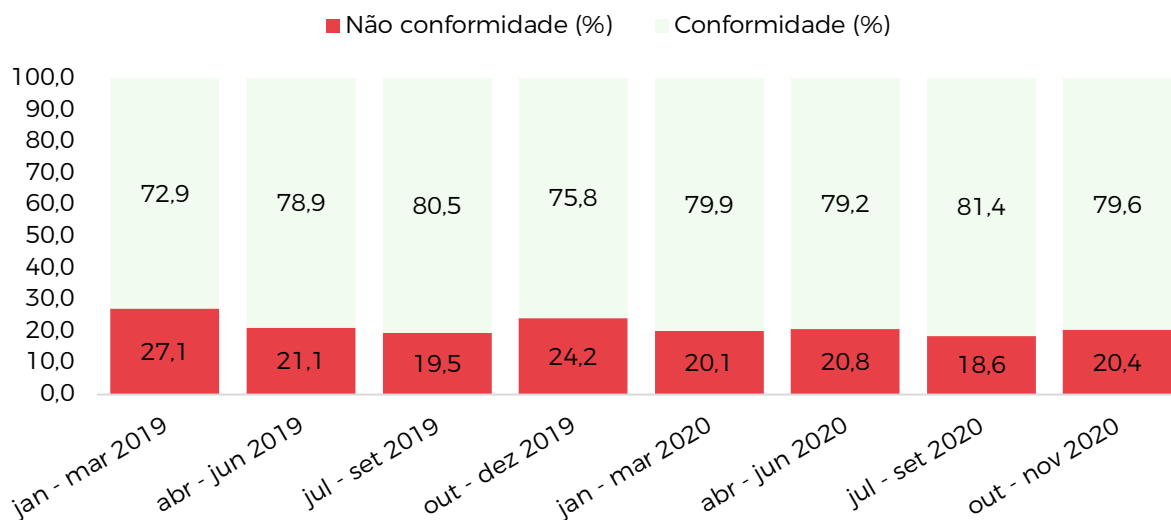


Para o ferro, o primeiro período do monitoramento (jan. - mar. 2019) apresentou o maior percentual de não conformidade (27,1%), seguido do período compreendido entre outubro e dezembro de 2019 (24,2%). O período com menor percentual de não conformidade para o ferro ocorreu entre julho e setembro de 2020 (18,6%) (Gráfico 8). A variação da frequência de não conformidade em relação aos períodos chuvosos não é tão clara para esses resultados.



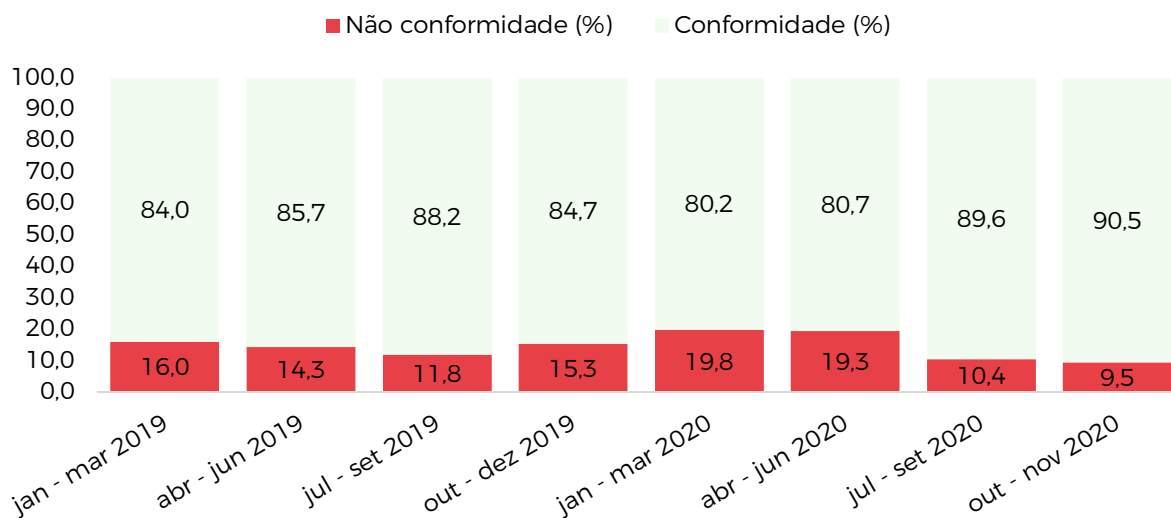
Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Gráfico 8. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **ferro**, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



Os resultados para o parâmetro manganês mostraram maiores percentuais de não conformidade nos dois primeiros trimestres de 2020 (19,8% e 19,3%). Os menores percentuais foram observados nos dois últimos trimestres (Gráfico 9).

Gráfico 9. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **manganês**, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

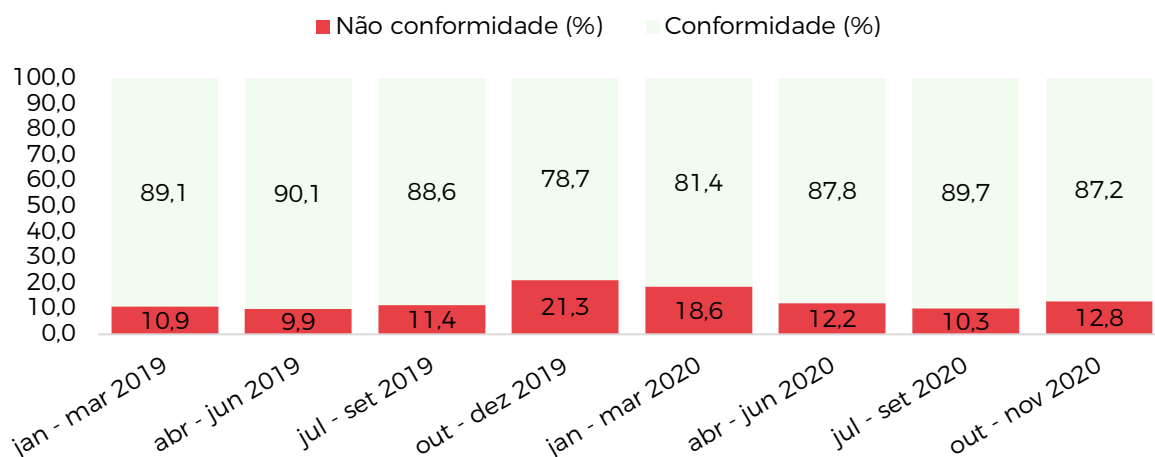




Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

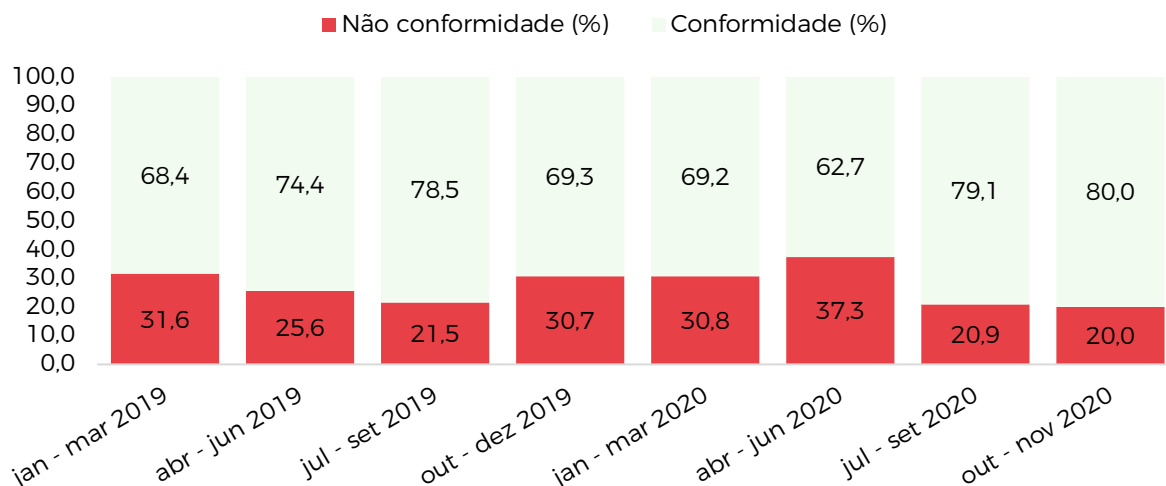
Para o parâmetro cor aparente, o percentual de não conformidade atingiu as maiores marcas no último trimestre de 2019 (21,3%) e no primeiro trimestre de 2020 (18,6%), coincidindo com o período chuvoso (Gráfico 10).

Gráfico 10. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **cor aparente**, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



A turbidez esteve fora do padrão de potabilidade em pelo menos 20% das amostras durante todo o período de monitoramento analisado (Gráfico 11). Os períodos com maiores percentuais de não conformidade para esse parâmetro foram abril a junho de 2020 (37,3%) e janeiro a março de 2019 (31,6%) (Gráfico 11).

Gráfico 11. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **turbidez**, por período - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

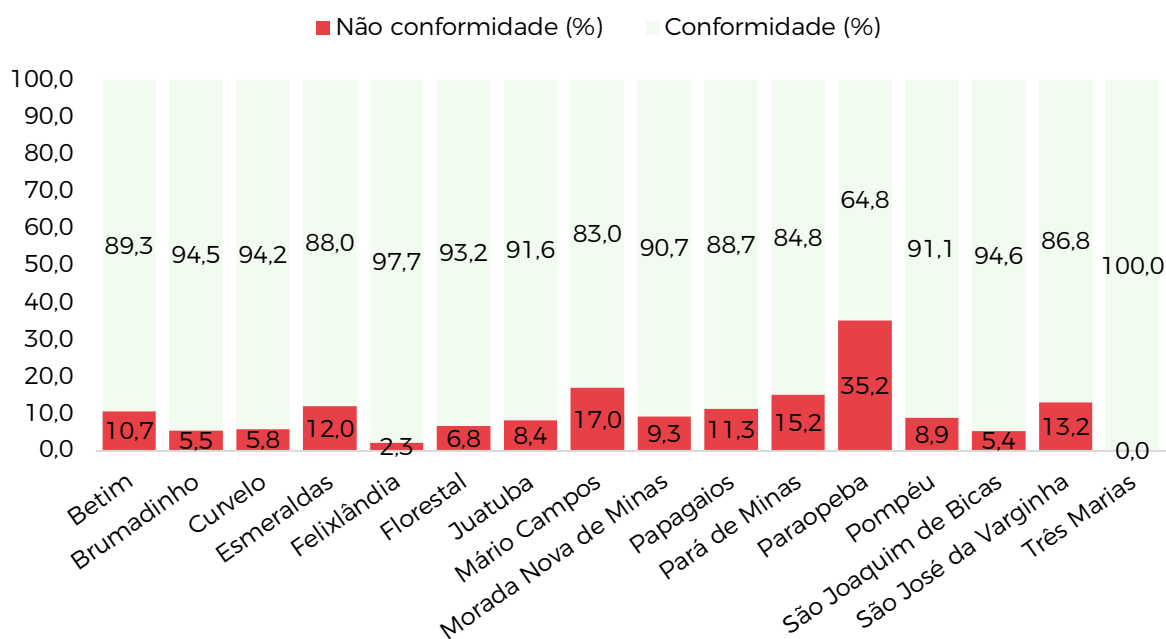




Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Foram analisados também os resultados dos parâmetros organolépticos para cada município. Para o parâmetro alumínio, o percentual de não conformidade apresentou grande variação, sendo o valor máximo encontrado em Paraopeba (35,2%) e o mínimo em Três Marias (0,0%) (Gráfico 12).

Gráfico 12. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **alumínio**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



Considerando-se os parâmetros ferro e manganês, os municípios de Felixlândia e Paraopeba apresentaram os mais elevados percentuais de não conformidade (Gráficos 8 e 9). O percentual de não conformidade para esses dois parâmetros, por município, pode ser observada nos Gráficos 13 e 14.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Gráfico 13. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **ferro**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

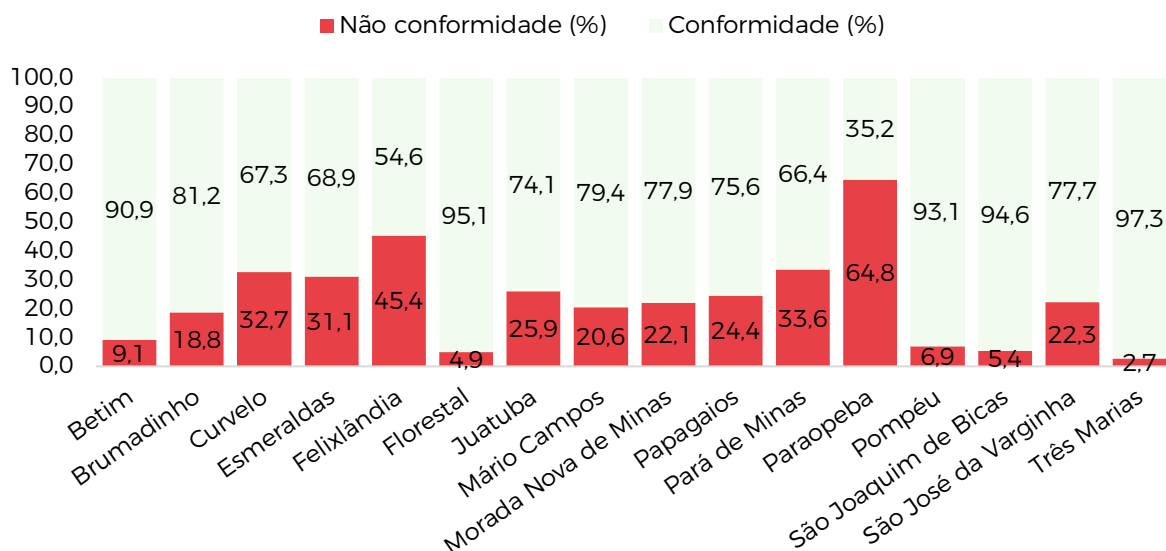
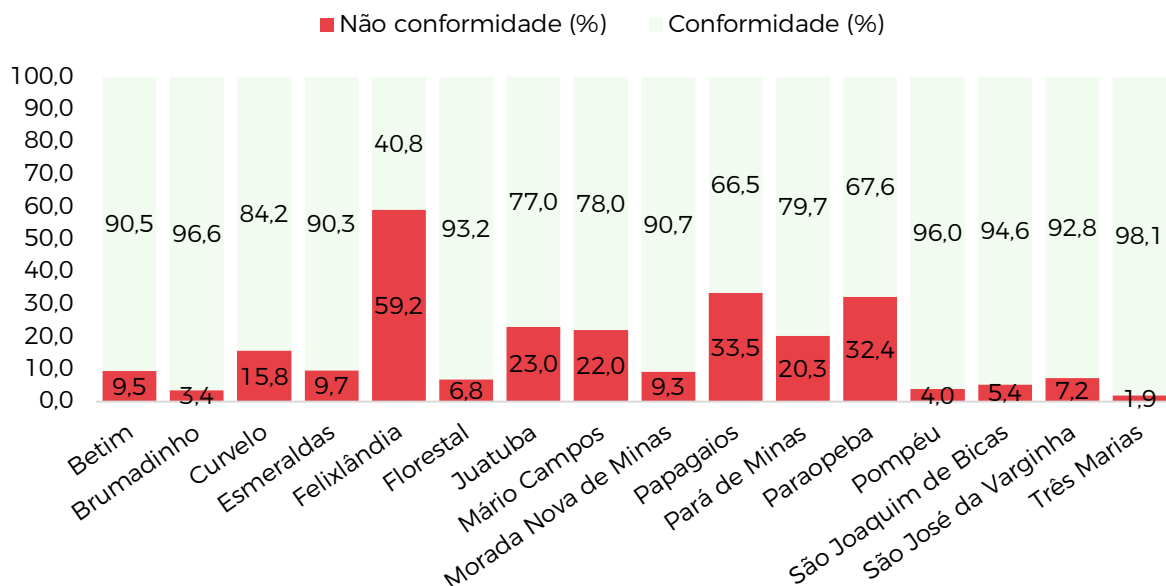


Gráfico 14. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **manganês**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



Os Gráficos 15 e 16 mostram os percentuais de amostras não conformes para os parâmetros cor aparente e turbidez, respectivamente, de acordo com o município. Paraopeba foi o



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

município que mais frequentemente apresentou não cumprimento do padrão de potabilidade para esses dois parâmetros (Gráficos 15 e 16).

Gráfico 15. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **cor aparente**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

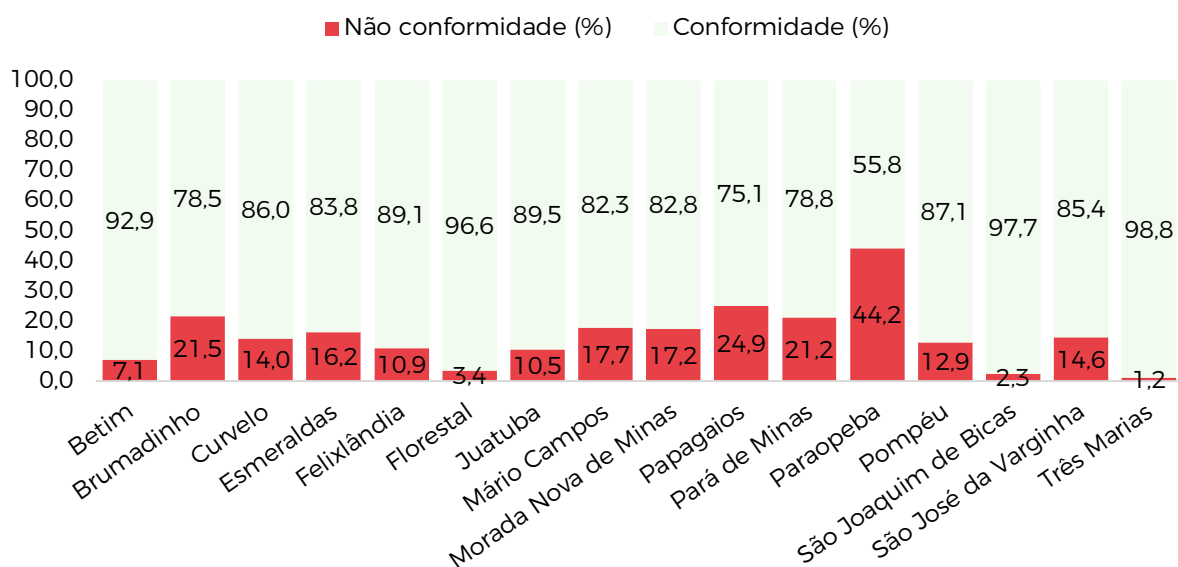
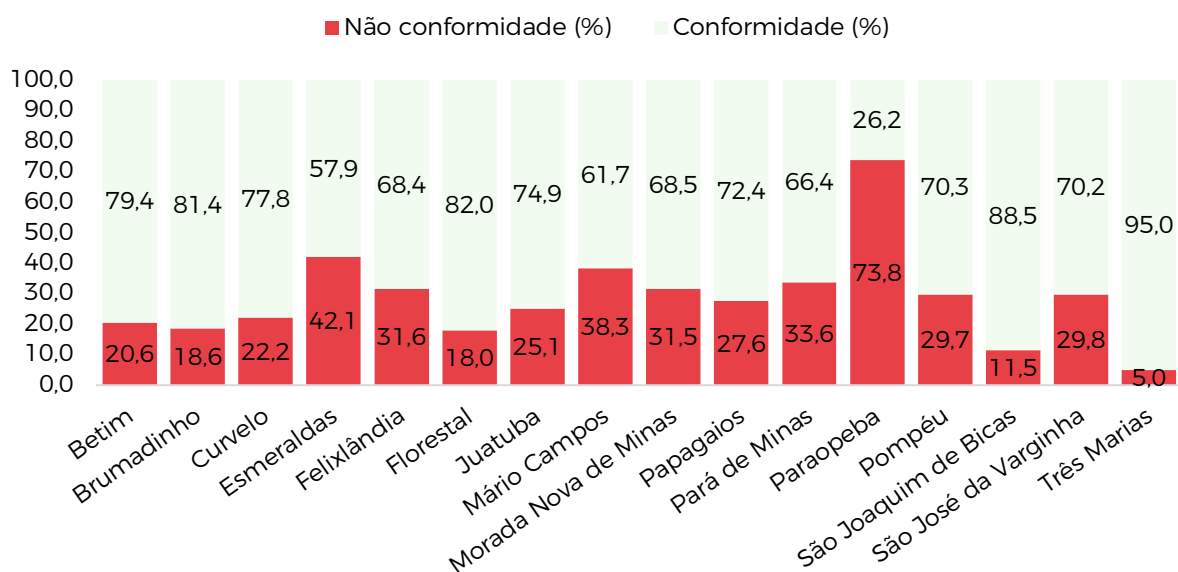


Gráfico 16. Percentual (%) de não conformidade e conformidade para o parâmetro **turbidez**, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

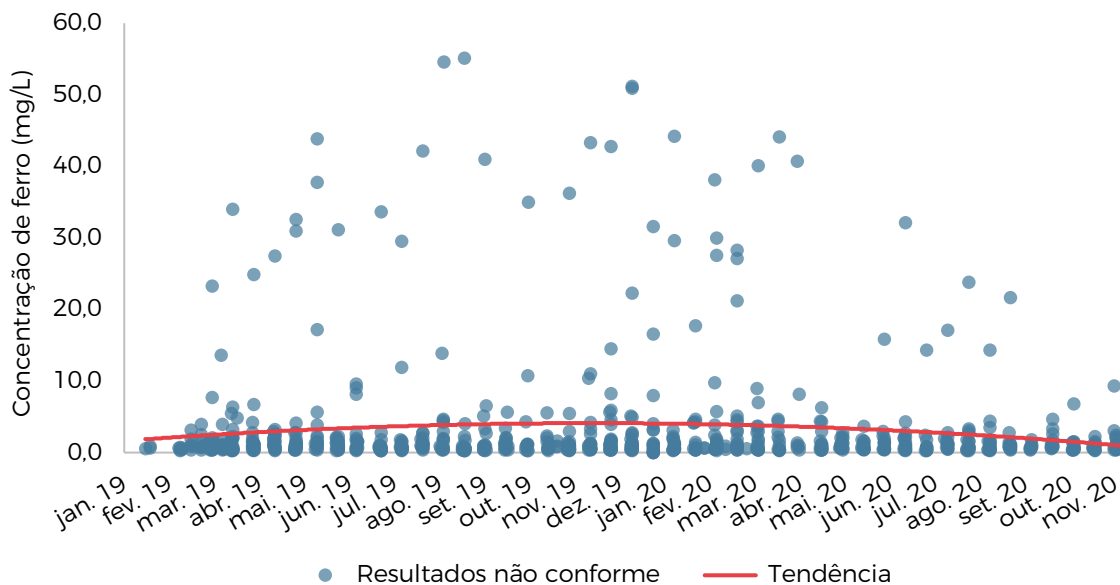




Diante desses resultados, foram selecionados os parâmetros que mais frequentemente violaram os limites preconizado pelo padrão de potabilidade - ferro e turbidez -, e analisada a dispersão de seus resultados não conformes ao longo do tempo.

A dispersão dos resultados não conformes para ferro é mostrada no Gráfico 17. Observaram-se alguns valores excessivamente altos, acima dos 10 mg/L, porém a maior parte dos pontos é localizada abaixo desse valor (Gráfico 12). A linha vermelha mostra que não há fortes tendências de aumento ou declínio dos resultados não conformes para o ferro ao longo do período, sendo possível verificar apenas moderada tendência de aumento ao longo de 2019 e redução ao longo de 2020 (Gráfico 17).

Gráfico 17. Distribuição dos valores não conformes para o parâmetro **ferro** (VMP 0,3 mg/L) - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

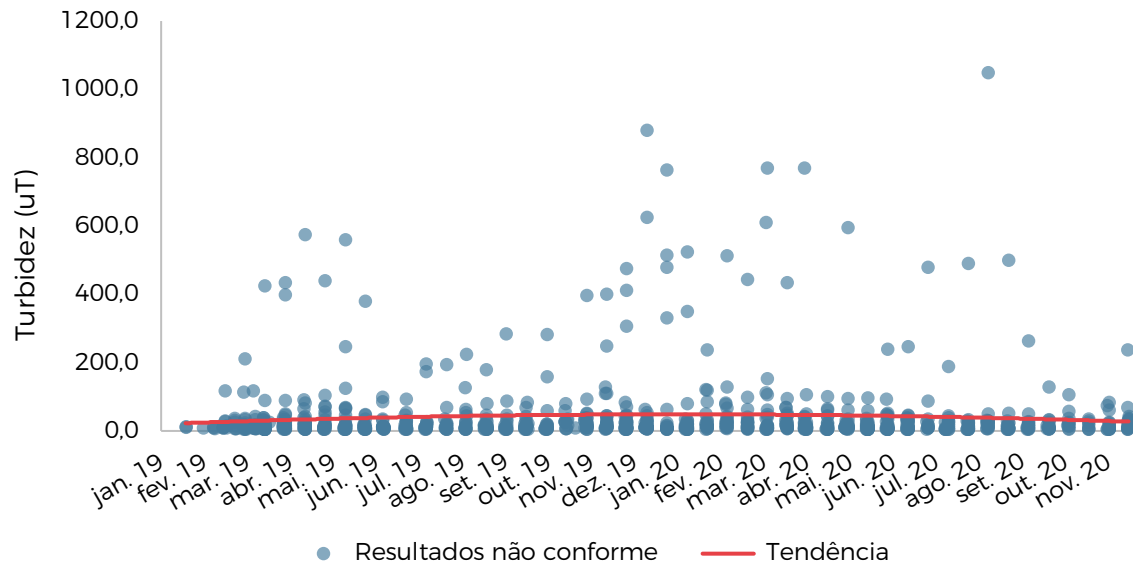


No Gráfico 18, foram verificadas a dispersão dos resultados não conformes para o parâmetro turbidez. Neste gráfico, foram omitidos dois pontos² que apresentaram valores demasiadamente elevados para facilitar a visualização dos resultados. Observou-se que há maior concentração de pontos na parte inferior da área do gráfico, o que indica que os pontos com valores excessivamente altos são menos frequentes. A linha vermelha não evidencia fortes tendências de aumento ou declínio dos valores de turbidez não conformes ao longo do período avaliado (Gráfico 18).

² Os pontos omitidos do Gráfico 13 foram pontos localizados nos municípios de Pará de Minas e Esmeraldas, referentes a coletas feitas nos dias 19/11/2020 e 12/02/2020, respectivamente, apresentando como resultado para turbidez 2100,0 e 1830,0 uT, respectivamente.



Gráfico 18. Distribuição dos valores não conformes para o parâmetro **turbidez** (VMP 5 uT) - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).



Substâncias químicas que representam risco à saúde

A análise química da água é uma parte importante das investigações hidrogeológicas. A contaminação das águas superficiais e subterrâneas por causa de diferentes elementos inorgânicos é uma séria ameaça para a população em todo o mundo. Embora alguns metais pesados sejam essenciais para a nutrição e saúde humana, a ingestão excessiva desses metais e outros elementos tóxicos pode criar efeitos adversos à saúde, como câncer, hipertensão, doença pulmonar, sangramento gastrointestinal, doença renal, distúrbio neurológico e efeitos reprodutivos.

No ecossistema aquático, as substâncias químicas podem ocorrer naturalmente ou serem introduzidas pela atividade humana. A ocorrência natural se dá por meio de deposição atmosférica e precipitação, ou liberação e transporte de metais pesados do sedimento ou solo, no caso da erosão do solo. As fontes antropogênicas de contaminação dos recursos hídricos incluem o lançamento de efluentes industriais e domésticos, bem como atividades minerárias e agrícolas desenvolvidas na bacia.

Para que a água seja considerada potável, ela deve estar livre de substâncias que apresentem valores acima dos máximos permitidos pela legislação. As substâncias químicas que representam risco à saúde fazem parte dos conjuntos de parâmetros estipulados pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 para garantia da potabilidade e distribuição de um produto sem risco de danos à saúde da população.



Govorno do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Os resultados das análises dessas substâncias são apresentados a seguir. Durante os quase dois anos do monitoramento, foram coletadas 3632 amostras, sendo as análises realizadas de acordo com a capacidade analítica disponível (Tabela 1).

Tabela 1. Número de laudos emitidos por parâmetro das substâncias que representam riscos à saúde e município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

Município	Antimônio	Arsênio	Bário	Cádmio	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercurio	Níquel	Selênio
Betim	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
Brumadinho	268	293	293	241	241	293	293	288	293	230
Curvelo	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171
Esmeraldas	383	383	383	383	383	383	383	383	383	383
Felixlândia	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
Florestal	206	206	206	206	206	206	206	206	206	206
Juatuba	239	239	239	239	239	239	239	239	239	239
Mário Campos	141	141	141	140	141	141	141	141	141	141
Morada Nova de Minas	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204
Papagaios	221	221	221	221	221	221	221	221	221	221
Pará de Minas	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217
Paraopeba	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
Pompéu	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
São Joaquim de Bicas	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
São José da Varginha	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
Três Marias	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261
Total	3607	3632	3632	3579	3580	3632	3632	3627	3632	3569

Os resultados foram organizados descritivamente por município, sendo apresentados, na Tabela 2, valores máximos, mínimos, média e desvio-padrão ao longo de todo o período de monitoramento para cada parâmetro.

Tabela 2. Estatísticas descritivas para os parâmetros dos grupos “substâncias químicas que representam risco à saúde”, por município - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

Município	Antimônio VMP: 0,005 mg/L				Arsênio VMP: 0,01 mg/L				Bário VMP: 0,7 mg/L				Cádmio VMP: 0,005 mg/L				Chumbo VMP: 0,01 mg/L			
	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP
Betim	0,002	ND	0,000	0,000	0,002	ND	0,000	0,000	0,51	ND	0,108	0,101	0,001	ND	0,000	0,000	0,02	ND	0,000	0,001
Brumadinho	0,01	ND	0,000	0,001	0,011	ND	0,000	0,001	0,77	ND	0,047	0,130	0	ND	0,000	0,000	0,096	ND	0,001	0,007
Curvelo	0,003	ND	0,000	0,000	0,004	ND	0,000	0,001	0,04	ND	0,008	0,010	0	ND	0,000	0,000	0,02	ND	0,000	0,002
Esmeraldas	0,003	ND	0,000	0,000	0,002	ND	0,000	0,000	0,67	ND	0,067	0,070	0,002	ND	0,000	0,000	0,05	ND	0,000	0,003
Felixlândia	0,002	ND	0,000	0,000	0,007	ND	0,001	0,001	0,17	ND	0,043	0,045	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
Florestal	0,001	ND	0,000	0,000	0,001	ND	0,000	0,000	2,06	ND	0,272	0,404	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
Juatuba	0,003	ND	0,000	0,000	0,004	ND	0,000	0,000	0,18	ND	0,046	0,035	0,002	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
Mário Campos	0,031	ND	0,000	0,004	0,004	ND	0,000	0,000	0,16	ND	0,040	0,038	0	ND	0,000	0,000	0,01	ND	0,000	0,001
Morada nova de Minas	0,001	ND	0,000	0,000	0,007	ND	0,001	0,002	0,11	ND	0,016	0,021	0	ND	0,000	0,000	0,05	ND	0,001	0,005
Papagaios	0,002	ND	0,000	0,000	0,004	ND	0,001	0,001	0,3	ND	0,078	0,097	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
Pará de Minas	0,002	ND	0,000	0,000	0,014	ND	0,001	0,003	1,05	ND	0,086	0,095	0,002	ND	0,000	0,000	0,1	ND	0,004	0,016
Paraopeba	0,006	ND	0,000	0,001	0,006	ND	0,000	0,001	0,16	ND	0,046	0,023	0	ND	0,000	0,000	0,02	ND	0,000	0,002
Pompéu	0,003	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,11	0,01	0,028	0,022	0	ND	0,000	0,000	0,26	ND	0,005	0,029
São Joaquim de Bicas	0,004	ND	0,000	0,000	0,003	ND	0,000	0,000	0,08	ND	0,028	0,018	0	ND	0,000	0,000	0,04	ND	0,000	0,003
São José da Varginha	0,003	ND	0,000	0,000	0,006	ND	0,000	0,000	0,93	ND	0,118	0,192	0,003	ND	0,000	0,000	0,04	ND	0,000	0,003
Três Marias	0,039	ND	0,000	0,002	0,025	ND	0,001	0,003	0,12	ND	0,028	0,036	0	ND	0,000	0,000	0,01	ND	0,000	0,001

Max: valor máximo; Min: valor mínimo; DP: desvio-padrão; ND: não detectado – valor abaixo do limite de detecção. Valores máximos destacados em **vermelho** estão acima do VMP para o parâmetro correspondente.

Tabela 2. (continuação)

Município	Cobre VMP: 2 mg/L				Cromo VMP: 0,05 mg/L				Mercúrio VMP: 0,001 mg/L				Níquel VMP: 0,07 mg/L				Selênio VMP: 0,01 mg/L			
	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP	Max.	Min.	Média	DP
Betim	0,011	ND	0,000	0,001	0,01	ND	0,000	0,001	0	ND	0,000	0,000	0,046	ND	0,001	0,005	0,002	ND	0,000	0,000
Brumadinho	0,37	ND	0,004	0,027	0,12	ND	0,001	0,011	0,0006	ND	0,000	0,000	0,046	ND	0,001	0,004	0,013	ND	0,000	0,001
Curvelo	0,753	ND	0,010	0,059	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,01	ND	0,000	0,001	0	ND	0,000	0,000
Esmeraldas	0,979	ND	0,005	0,051	0,09	ND	0,000	0,005	0	ND	0,000	0,000	0,05	ND	0,000	0,003	0	ND	0,000	0,000
Felixlândia	0,039	ND	0,001	0,005	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,05	ND	0,001	0,005	0,002	ND	0,000	0,000
Florestal	0,045	ND	0,004	0,008	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,002	ND	0,000	0,000
Juatuba	0,038	ND	0,001	0,004	0,01	ND	0,000	0,001	0,0006	ND	0,000	0,000	0,03	ND	0,002	0,005	0,002	ND	0,000	0,000
Mário Campos	0,132	ND	0,003	0,014	0,01	ND	0,001	0,002	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,003	ND	0,000	0,000
Morada nova de Minas	0,024	ND	0,000	0,002	0	ND	0,000	0,000	0,0004	ND	0,000	0,000	0,01	ND	0,000	0,001	0,001	ND	0,000	0,000
Papagaios	0,047	ND	0,001	0,006	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,001	ND	0,000	0,000
Pará de Minas	0,475	ND	0,015	0,042	0,02	ND	0,000	0,002	0	ND	0,000	0,000	0,05	ND	0,001	0,005	0,002	ND	0,000	0,000
Paraopeba	0,02	ND	0,001	0,003	0,01	ND	0,000	0,001	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
Pompéu	1,67	ND	0,041	0,184	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000
São Joaquim de Bicas	0,914	ND	0,012	0,072	0,01	ND	0,000	0,001	0,0026	ND	0,000	0,000	0,075	ND	0,001	0,007	0	ND	0,000	0,000
São José da Varginha	0,301	ND	0,004	0,020	0,1	ND	0,001	0,006	0,0002	ND	0,000	0,000	0,02	ND	0,000	0,002	0	ND	0,000	0,000
Três Marias	0,039	ND	0,001	0,003	0	ND	0,000	0,000	0	ND	0,000	0,000	0,01	ND	0,000	0,001	0,004	ND	0,000	0,000

Max: valor máximo; Min: valor mínimo; DP: desvio-padrão; ND: não detectado – valor abaixo do limite de detecção.
Valores máximos destacados em vermelho estão acima do VMP para o parâmetro correspondente.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

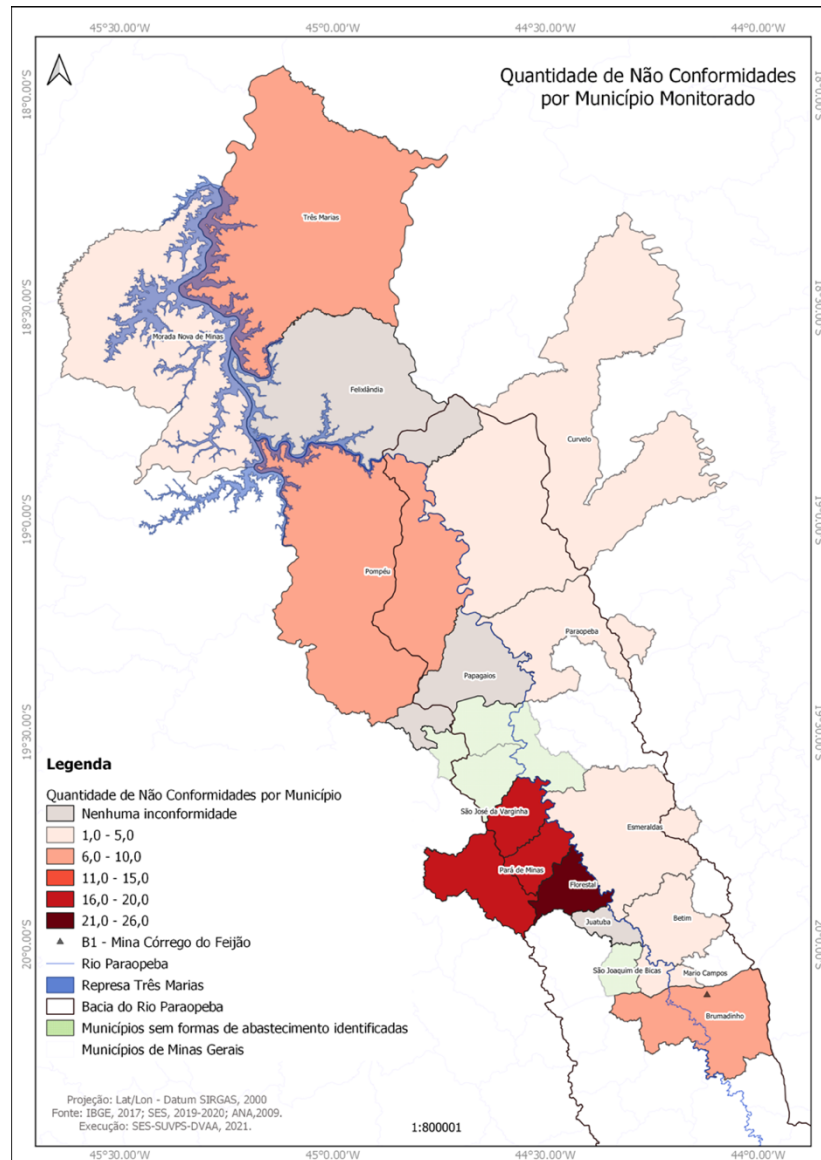
Os valores destacados em vermelho foram aqueles cujos resultados ficaram acima do preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, durante o período analisado (Tabela 2). Não foram verificadas violações para os parâmetros cádmio e cobre em nenhum município ao longo do monitoramento. O município de Brumadinho obteve o maior número de parâmetros violados e os desvios padrões indicaram maior dispersão para os resultados do metal bário, sendo o maior desvio observado em Florestal (Tabela 2).

Durante todo o período analisado, foram encontradas 98 violações para as substâncias químicas que representam risco à saúde, sendo estas distribuídas entre 13 dos 16 municípios incluídos no monitoramento. Conforme ilustra a Figura 3, os seguintes municípios apresentaram não conformidades: Betim, Brumadinho, Curvelo, Esmeraldas, Florestal, Mário Campos, Morada Nova de Minas, Pará de Minas, Paraopeba, Pompéu, São Joaquim de Bicas, São José da Varginha e Três Marias.



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Figura 3. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 - nov. 2020).



Quanto mais escura a coloração do município, mais violações foram encontradas no referido local (Figura 3). Os municípios de Juatuba, Papagaio e Felixlândia não apresentaram resultados não conformes e, em relação ao quantitativo das não conformidades avaliadas, destacaram-se os municípios de Pará de Minas, Florestal e São José da Varginha (Figura 3).

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam a análise estratificada por trimestres com a quantidade de não conformidades para as substâncias químicas que representam risco à saúde. Pelos mapas, observou-se que as violações estiveram sempre presentes ao longo da calha do rio e em todos os trimestres avaliados.

Figura 4. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no primeiro (jan. – mar. 2019) e no segundo trimestre de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba.

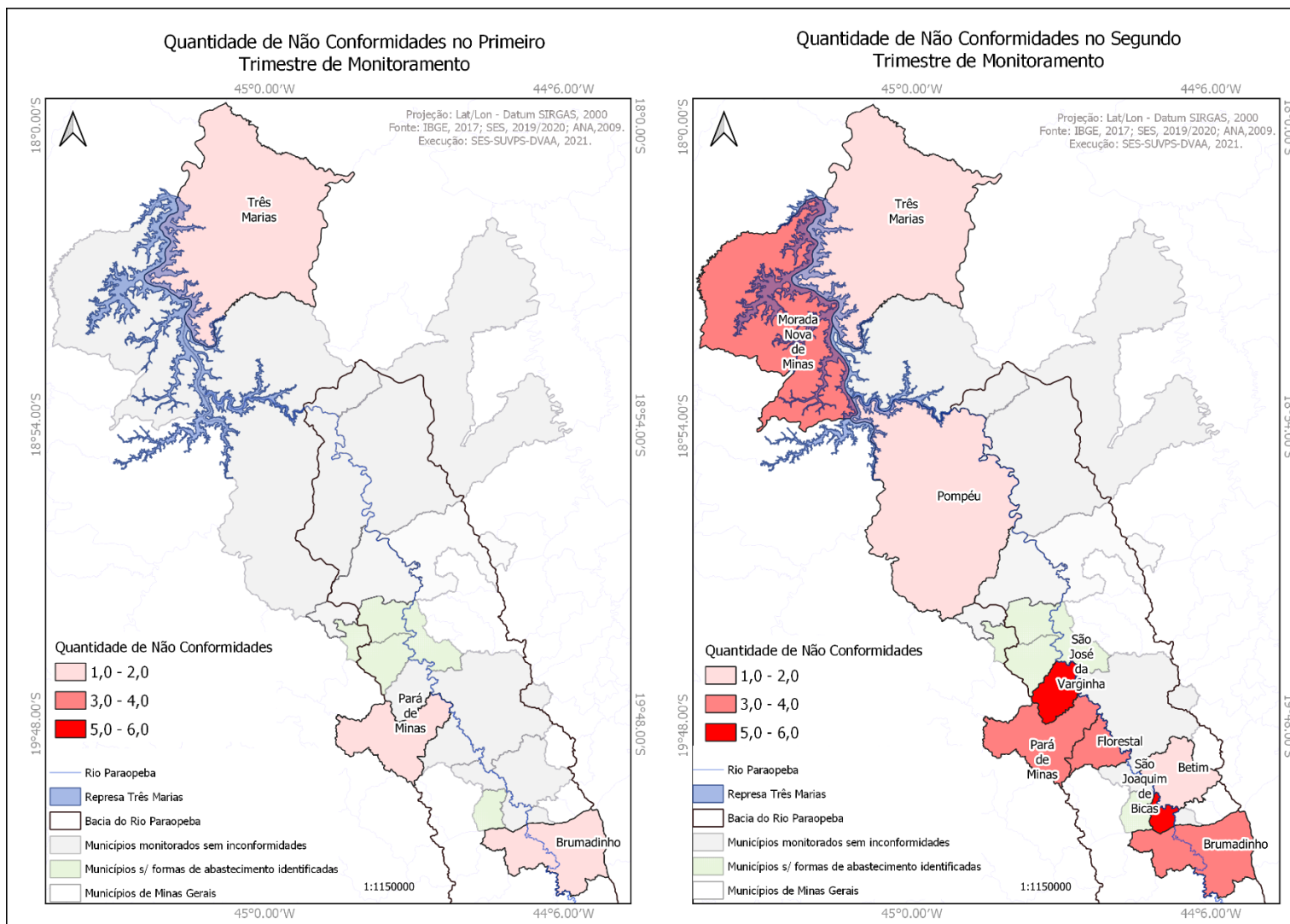


Figura 5. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no terceiro (jul. – set. 2019) e no quarto trimestre (out. – dez. 2019) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba.

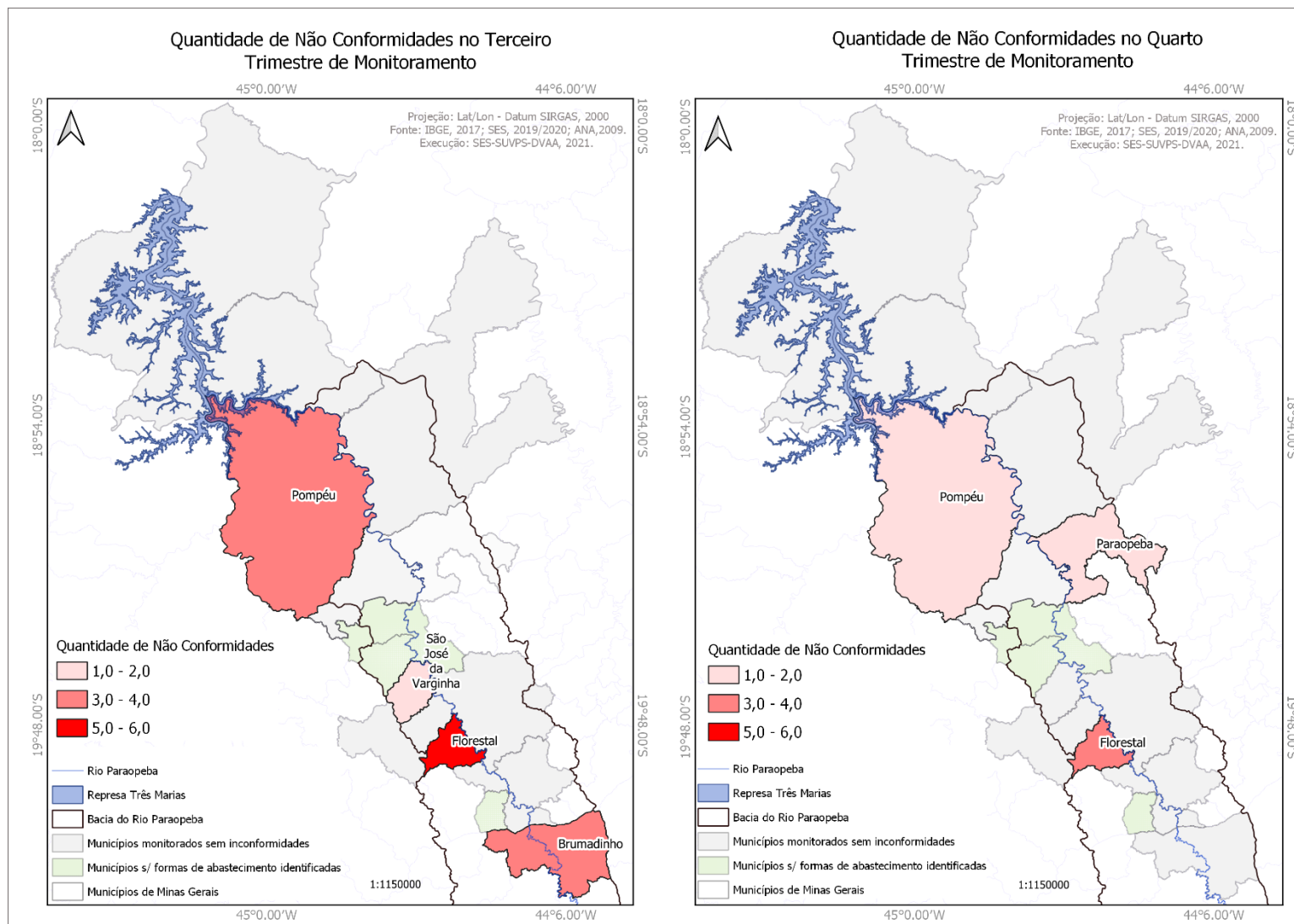


Figura 6. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no quinto (jan. – mar. 2020) e no sexto trimestre (abr. – jun. 2020) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba.

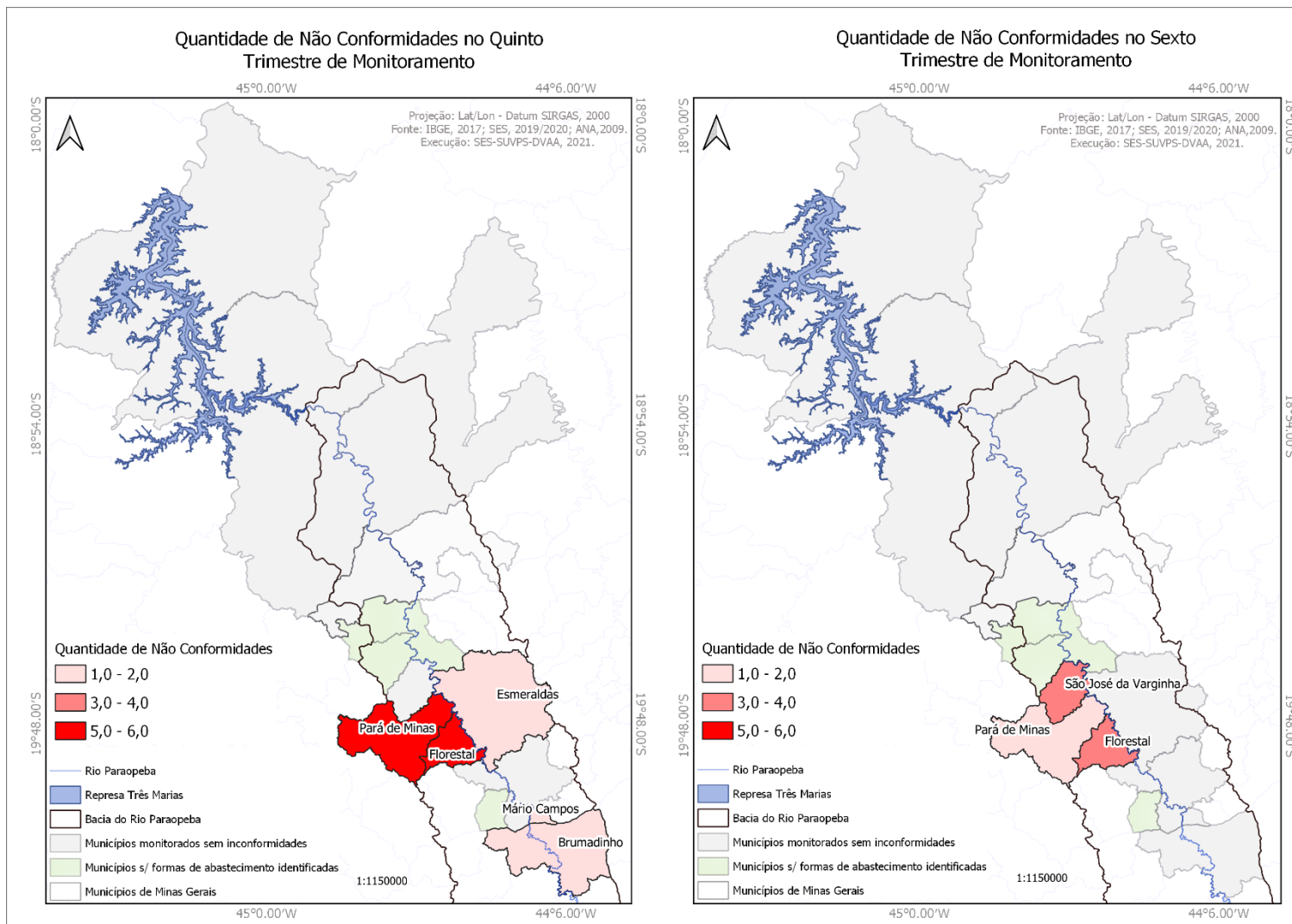
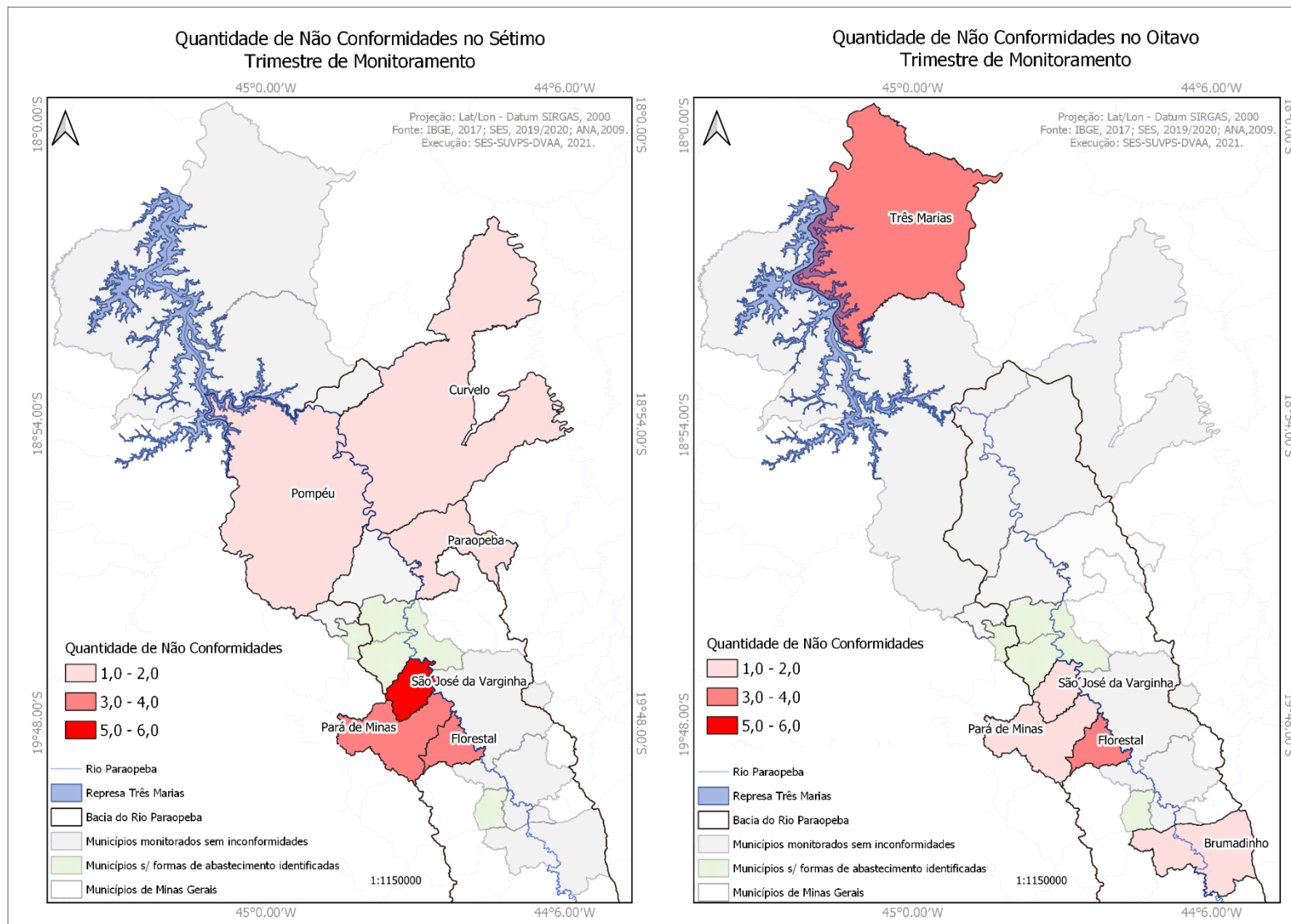


Figura 7. Quantidade de não conformidades de substâncias químicas que representam risco à saúde por município incluído no sétimo (jul. – set. 2020) e no oitavo trimestre (out. – nov. 2020) de monitoramento - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba.

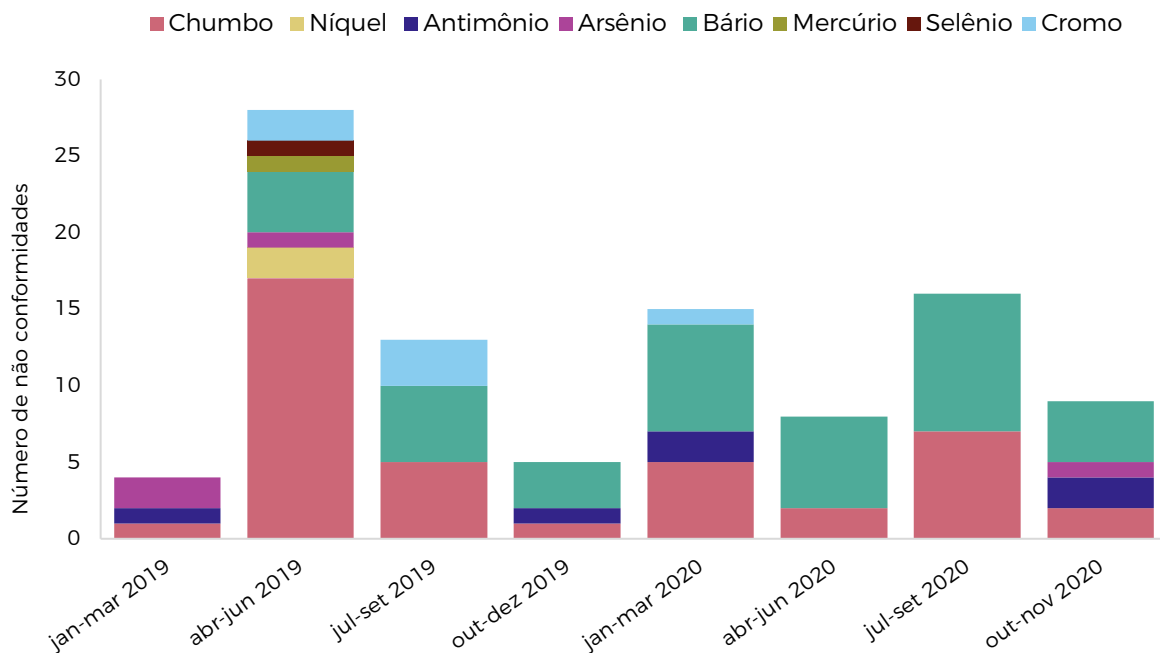




Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

No Gráfico 19, observa-se a distribuição de não conformidades para as substâncias que representam risco à saúde ao longo do período do monitoramento. Não foram identificados perfis sazonais para a distribuição dessas substâncias. Vale salientar que o primeiro trimestre (jan. – mar. 2019) se caracteriza como um período de tempo mais curto de análise, visto que as coletas se iniciaram no dia 29/01/2019 (quatro dias após o desastre), com ênfase para o município de Brumadinho e comunidades impactadas diretamente. Logo, no segundo trimestre, observamos um pico de casos de não conformidade e, ao longo de todo o período, não fica evidenciada tendência de queda, sendo que parâmetros como bário e chumbo estão sempre em destaque em todo o período.

Gráfico 19. Distribuição temporal do número de não conformidades encontradas para as substâncias químicas que representam risco à saúde - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba (jan. 2019 a nov. 2020).

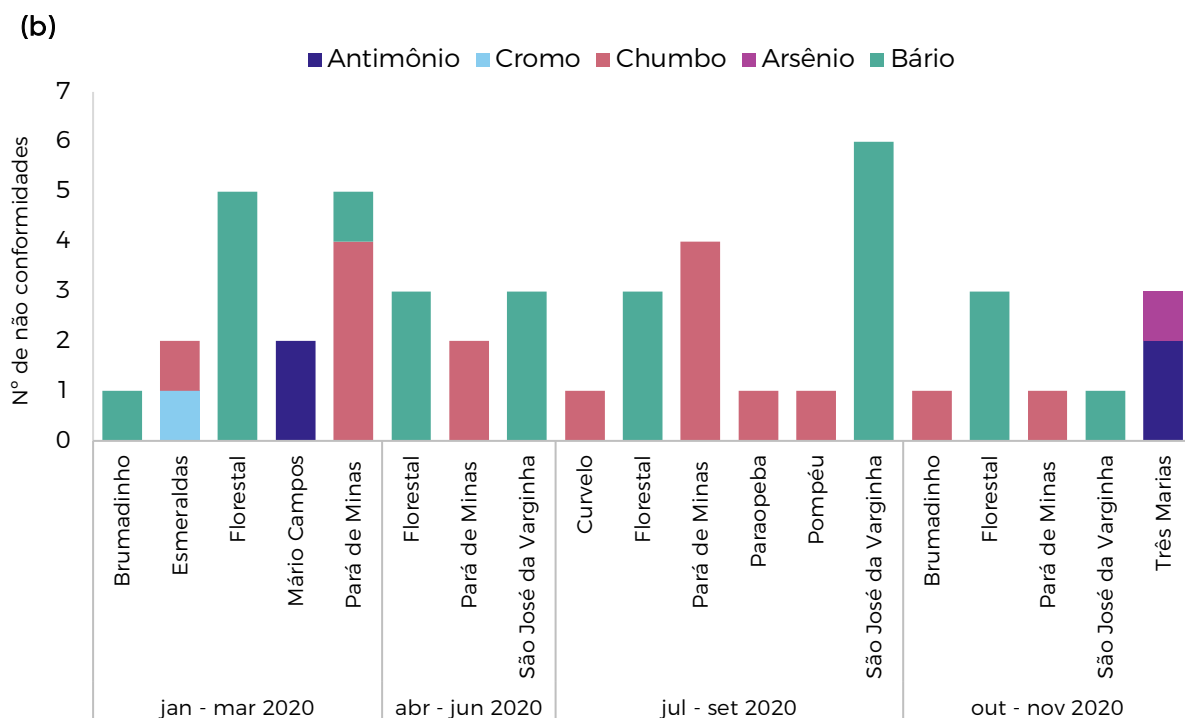
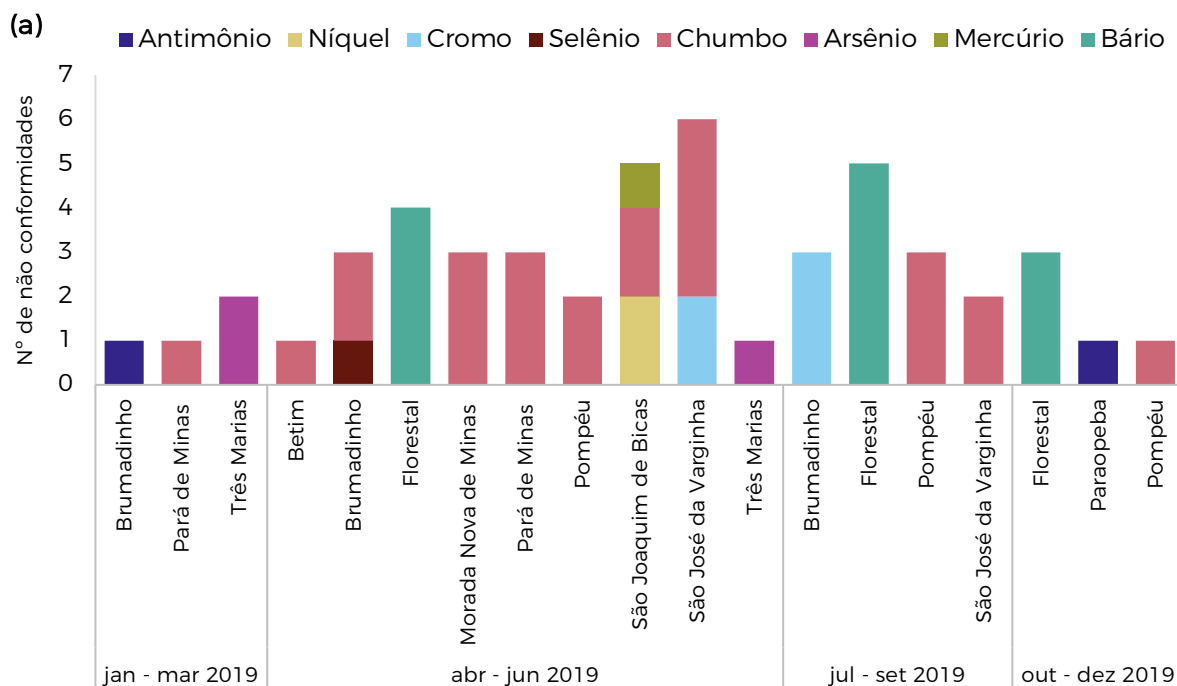


Os Gráficos 20a e 20b mostram as quantidades de não conformidades para as substâncias que representam risco à saúde por período (trimestres), evidenciando-se o município em que foram observadas. Percebe-se novamente que as maiores quantidades de não conformidades referem-se aos parâmetros chumbo e bário. São esses elementos que também apresentam os valores mais altos e discrepantes em relação aos parâmetros legais, conforme mostrado na Tabela 2. O resultado mais alto para o parâmetro chumbo apresentou valor 26 vezes acima do limite legal (0,01 mg/L), tendo sido esse valor (0,26 mg/L) registrado em novembro de 2019 (4º trimestre, em Pompéu). Já para o parâmetro bário, o maior valor encontrado (2,06 mg/L) ocorreu em maio de 2020 (6º trimestre, em Florestal), 2,9 vezes acima do limite legal (0,7 mg/L).



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

Gráfico 20. Número de não conformidades para substâncias que representam risco à saúde por município e período [(a) 2019; (b) 2020] - monitoramento emergencial da qualidade da água para consumo humano em soluções alternativas de abastecimento de água na bacia do Paraopeba.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram apresentados resultados obtidos ao longo de quase dois anos de monitoramento em 16 municípios, incluindo 141 pontos de amostragem e 3632 amostras coletadas. Observou-se elevada frequência de resultados insatisfatórios para os parâmetros microbiológicos ao longo de todo o período analisado e para todos os municípios. Os resultados referentes aos parâmetros organolépticos também apresentaram não conformidades ao longo do tempo, com destaque para os parâmetros ferro e turbidez. Foram identificadas violações para os parâmetros antimônio, arsênio, bário, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e selênio, que constituem o grupo de substâncias que representam risco à saúde. No entanto, tais violações ocorreram de forma mais pontual na maioria dos casos, sendo mais frequentes para os elementos chumbo e bário.

Os parâmetros analisados e seus respectivos valores máximos permitidos integram o padrão de potabilidade definido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, e por definição devem ser atendidos para a água destinada ao consumo humano. Embora as coletas tenham sido realizadas em poços, reconhece-se que essa água é utilizada para consumo humano sem tratamento, por isso foi utilizado referencial do padrão de potabilidade.

Vale destacar que o comportamento dos elementos presentes no rejeito proveniente do rompimento, que podem atingir as águas subterrâneas, é complexo e depende de uma ampla gama de fatores. Cada elemento, cada metal, se comporta de uma forma diferente e o grau de mobilidade entre os compartimentos ambientais depende de suas propriedades intrínsecas e do ambiente envolvido. Essa situação demanda avaliações aprofundadas e contínuas sobre a qualidade das águas subterrâneas para consumo humano.

Poucos dias após o rompimento, as Secretarias de Estado de Saúde (SES), de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) e de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa) de Minas Gerais publicaram nota de esclarecimento³ com a recomendação de suspensão do uso da água bruta do Rio Paraopeba para qualquer finalidade, respeitando-se a distância de até 100 metros das margens. A abrangência da recomendação foi ampliada no dia 22/02/2019 para o trecho desde a confluência do Rio Paraopeba com o Córrego Ferro-Carvão até o município de Pompéu⁴. Assim, o Governo do Estado de Minas Gerais determinou o fornecimento de água potável custeado pela Vale S.A. para as comunidades afetadas.

A partir dos resultados do monitoramento, foi estabelecido em acordo entre Vale S.A. e SES/MG a instalação de sistemas de tratamento nos poços, a fim de propiciar o acesso

³ Nota de esclarecimento 9 – Desastre Barragem B1. 31 de Janeiro de 2019. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2041-nota-de-esclarecimento-9-desastre-barragem-b1>

⁴ Suspensão do uso de água bruta é ampliada no Rio Paraopeba. 22 de Fevereiro de 2019. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/component/gmg/story/10921-suspensao-do-uso-de-agua-bruta-e-ampliada-no-rio-paraopeba>



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

seguro à água para consumo humano. Assim, o poder público estadual acompanha o processo realizado pela Vale S.A. de instalação de filtros em soluções alternativas de abastecimento monitoradas pelo setor saúde. Conforme o acordado, o processo de instalação desses filtros segue 06 etapas: i) visita de primeiro contato; ii) análise hidroquímica da água; iii) seleção do sistema de tratamento; iv) instalação do sistema de tratamento; v) validação do sistema de tratamento; e vi) operação do sistema. Assim, após concluída a instalação do filtro, são realizadas coletas de validação para garantia do atendimento aos padrões de potabilidade. A partir dos resultados que serão obtidos ao término de todas essas etapas, será possível avaliar a liberação do uso da água tratada por esses filtros nos pontos de abastecimento contemplados, com segurança na garantia do acesso à água segura para a população atingida. Diante dos resultados apresentados neste boletim, recomenda-se que a população continue não utilizando a água das fontes que estão sendo monitoradas até que ocorra a liberação dos sistemas de tratamento instalados.

Nesse sentido, considerando os resultados apresentados no boletim e as incertezas associadas à mobilidade de substâncias que representam risco à saúde, entendem-se que ainda não é possível avaliar conclusivamente os impactos que o rompimento da barragem e a consequente liberação dos rejeitos provocaram na potabilidade da água dos mananciais subterrâneos ao longo do rio Paraopeba. Assim sendo, reforça-se a importância da manutenção do monitoramento, bem como do avanço nas atividades de mitigação dos riscos à saúde relacionadas ao consumo da água proveniente dessas formas de abastecimento.

Ademais, salienta-se que o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)⁵ mantém a recomendação de suspensão do uso da água do Rio Paraopeba no trecho que abrange os municípios de Brumadinho até o limite da Usina Hidrelétrica Retiro Baixo em Pompéu.

⁵ O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais e de sedimentos no rio Paraopeba com o objetivo de avaliar as alterações na qualidade e o avanço do material que estava depositado na Barragem 1 ao longo do curso de água e os níveis de poluição. O IGAM publica, periodicamente, boletins com os resultados obtidos. Esses boletins podem ser consultados no seguinte link: <http://www.feam.br/component/content/article/15/1992-boletim-informativo-do-cidadao-sobre-a-qualidade-da-agua-no-rio-paraopeba>



Governo do Estado de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. MS, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Parecer Técnico nº 5/2019-DSASTE/SVS/MS**. MS, 2019.

FREITAS et al. "Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e saúde coletiva". **Cad. Saúde Pública**. 2019;35(5):e00052519.

FURLAN, J.P.R et al. Occurrence and abundance of clinically relevant antimicrobial resistance genes in environmental samples after the Brumadinho dam disaster, Brazil. **Science of the Total Environment** 726 (2020) 138100.

FREITAS, C. M., SILVA, M. A. Acidentes que se tornam desastres em barragens de mineração. **Rev Bras Med Trab**. 2019;17(1):21-9.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS; INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Caderno 1 ano: Rompimento Das Barragens Da Vale Em Brumadinho** – Bacia do Rio Paraopeba. Disponível em:

IBAMA, 2019. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. <http://www.ibama.gov.br/noticias/730-2019/1881-rompimento-de-barragem-da-vale-em-brumadinho-mg-destruiu-269-84-hectares>

Nota de esclarecimento 9 – Desastre Barragem B1. 31 de Janeiro de 2019. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/2041-nota-de-esclarecimento-9-desastre-barragem-b1>

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Ministério da Saúde. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Brasília: OPAS, Ministério da Saúde, 2015. 56p.

SILVA, L. S. et al. Heavy metals in waters used for human consumption and crop irrigation. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 13, n. 4, e1999, 2018.

Suspensão do uso de água bruta é ampliada no Rio Paraopeba. 22 de Fevereiro de 2019. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/component/gmg/story/10921-suspensao-do-uso-de-agua-bruta-e-ampliada-no-rio-paraopeba>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. WHO, 2017.

ZAKIR, H. M.; SHARMIN, S.; AKTER, A. et al. Assessment of health risk of heavy metals and water quality indices for irrigation and drinking suitability of waters: a case study of Jamalpur Sadar area, Bangladesh. **Environmental Advances** 2, 2020.



SAÚDE



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

