

ENCARTE ESPECIAL

Qualidade das águas do rio Doce
após 7 anos do rompimento da
barragem de Fundão

2015/2022

Belo Horizonte, 2023



Governo do Estado de Minas Gerais
Sistema Estadual de Meio Ambiente
Instituto Mineiro de Gestão das Águas
Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas

**ENCARTE ESPECIAL SOBRE A QUALIDADE DAS
ÁGUAS DO RIO DOCE APÓS 7 ANOS DO
ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO
2015 - 2022**

Belo Horizonte
2023

Governo do Estado de Minas Gerais

Governador

Romeu Zema Neto

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Secretária

Marília Carvalho de Melo

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Diretor Geral

Marcelo da Fonseca

Diretora de Operações e Eventos Críticos

Wanderlene Ferreira Nacif

Gerente de Monitoramento de Qualidade das Águas

Sylvia Thereese Meyer Ribeiro

© 2023 Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM

Equipe Técnica

Átalo Pinto Coelho Durso, Engenheiro Ambiental

Iury Chrystian de Oliveira Assunção, graduando em Química Tecnológica

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

Mariana Elissa Vieira de Souza, Geógrafa

Matheus Duarte Santos, Geógrafo

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Vanessa Kelly Saraiva, Química

Normalização bibliográfica

Márcia Beatriz Silva de Azevedo

Foto Capa: Igam

I59e Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
Encarte especial sobre a qualidade das águas do Rio Doce após 7 anos de rompimento da barragem de Fundão 2016-2022 / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. --- Belo Horizonte: Igam, 2023.
107 p.

1. Qualidade da água - monitoramento. 2. Análise da qualidade da água.
3. Bacia Hidrográfica do Rio Doce. I. Título.

CDU: 556:550.4

Ficha catalográfica elaborada por Márcia Beatriz Silva de Azevedo - CRB 1934/6

IGAM

Rodovia João Paulo II, 4143 - Bairro Serra Verde - Belo Horizonte/MG

Cidade Administrativa - CEP: 31630-900 – Telefone

www.igam.mg.gov.br

APRESENTAÇÃO

O desastre ambiental ocorrido pelo rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da Samarco Mineração S.A, em Mariana (MG), completou sete anos. O caminho percorrido pela pluma de rejeitos afetou a bacia do rio Doce no estado de Minas Gerais, até atingir estuários e zona costeira do Espírito Santo, e os efeitos dessa tragédia continuam sendo sentidos até os dias de hoje.

Medidas emergenciais foram tomadas por órgãos ambientais, dentre eles o Igam, desde os dias subsequentes ao desastre, no sentido de avaliar e monitorar o avanço do material extravasado das barragens e as consequências nas alterações na qualidade das águas, sedimentos, ecossistemas ribeirinhos e na biota associada.

Decorridos sete anos, os resultados da qualidade das águas e dos sedimentos, aqui apresentados, indicam que as condições ambientais pretéritas ao desastre, ainda não foram atingidas, sendo necessárias ações mais eficientes, por parte dos responsáveis pelo desastre, que busquem efetivamente a melhoria da qualidade das águas dos corpos de água impactados. É preciso aprimorar o processo de recuperação, com ações de saneamento e recuperação das áreas degradadas para que os rios voltem a ser veículos de desenvolvimento e qualidade de vida para a população.

Reitera-se o compromisso do Igam em continuar a realizar o monitoramento da região atingida em Minas Gerais e a disponibilizar informações da evolução da qualidade das águas e sedimentos na bacia do rio Doce, apontando eventuais descumprimentos das normas legais e orientando as ações a serem tomadas em âmbito municipal, estadual e federal.

Diretor Geral do Igam, Marcelo da Fonseca

Sumário

1	HISTÓRICO DO MONITORAMENTO ESPECIAL DO RIO DOCE	8
2	PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	11
3	AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA BACIA DO RIO DOCE.....	11
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO: ÁGUAS SUPERFICIAIS	13
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÃO: Águas Superficiais	16
4.1.1	Turbidez.....	16
4.1.2	Sólidos em suspensão totais	24
4.1.3	Condutividade elétrica <i>in loco</i>	32
4.1.4	Ferro dissolvido	39
4.1.5	Manganês total	48
4.1.6	Arsênio total e demais metais.....	57
4.1.6.1	Alumínio dissolvido	58
4.1.6.2	Arsênio total.....	60
4.1.6.3	Cobre dissolvido	62
4.1.6.4	Níquel total.....	64
4.1.6.5	Cromo total	66
4.1.6.6	Cádmio total.....	68
4.1.6.7	Chumbo total.....	70
4.1.6.8	Zinco total.....	72
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO: metais e arsênio em sedimentos.....	74
4.2.1	Ferro	74
4.2.2	Alumínio	76
4.2.3	Manganês	77
4.2.4	Arsênio	78
4.2.5	Chumbo	79
4.2.6	Cobre	80
4.2.7	Cromo	81
4.2.8	Níquel	82
4.2.9	Mercúrio.....	83
4.2.10	Zinco	84
4.2.11	Cádmio	85
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
6	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	88

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

7	REFERÊNCIAS.....	89
	APÊNDICE A.....	90

1 HISTÓRICO DO MONITORAMENTO ESPECIAL DO RIO DOCE

O monitoramento da qualidade das águas na bacia hidrográfica do Rio Doce é realizado pelo Igam, por meio do Programa Águas de Minas, desde o ano de 1997. Este monitoramento contempla atualmente 65 estações de amostragem de água, nas quais são realizadas coletas e análises laboratoriais com periodicidade trimestral e avaliação de aproximadamente 50 parâmetros físico-químicos e hidrobiológicos.

O rompimento da Barragem de Fundão, da Samarco Mineração S.A, no dia 5/11/2015, em Mariana, causou diversos impactos socioeconômicos e ambientais na bacia do rio Doce, com várias implicações na qualidade das águas na bacia hidrográfica, inclusive em toda a extensão do rio Doce. Na ocasião do desastre foram lançados aproximadamente 44 milhões de metros cúbicos de lama, mistura de rejeito do processamento de minério de ferro e água, atingindo o córrego Santarém, o rio Gualaxo do Norte, o rio do Carmo e o rio Doce, desde a sua formação até a sua foz. Neste trajeto, a lama percorreu aproximadamente 663 km.

Em decorrência do rompimento da barragem o Igam intensificou o monitoramento executado na bacia hidrográfica, por meio da execução de um plano de monitoramento especial da qualidade das águas dos principais corpos hídricos afetados pelo desastre. Atualmente, o monitoramento para acompanhar o cenário pós-rompimento tem coletas mensais de águas superficiais e semestrais de sedimentos, em 14 estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce. Ressalta-se que o monitoramento das águas superficiais nestes pontos chegou a ser diário nos primeiros dias após o desastre.

No monitoramento especial são avaliados mensalmente 18 parâmetros de qualidade das águas superficiais: arsênio total, condutividade elétrica in loco, oxigênio dissolvido, pH in loco, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, sólidos totais, temperatura e turbidez, bem como os metais: alumínio dissolvido, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total e níquel total; além de medições semestrais de metais e arsênio em sedimentos.

Os resultados deste monitoramento são consolidados periodicamente em relatórios técnicos, com o intuito de orientar as ações dos órgãos competentes (Municipais, Estaduais e Federais) e fornecer à sociedade o conhecimento da situação da qualidade das águas impactadas pelo desastre. Estes conteúdos podem ser acessados por meio do site:

<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>

As estações de amostragem contempladas no monitoramento especial dos corpos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão se encontram descritas no Quadro 1.

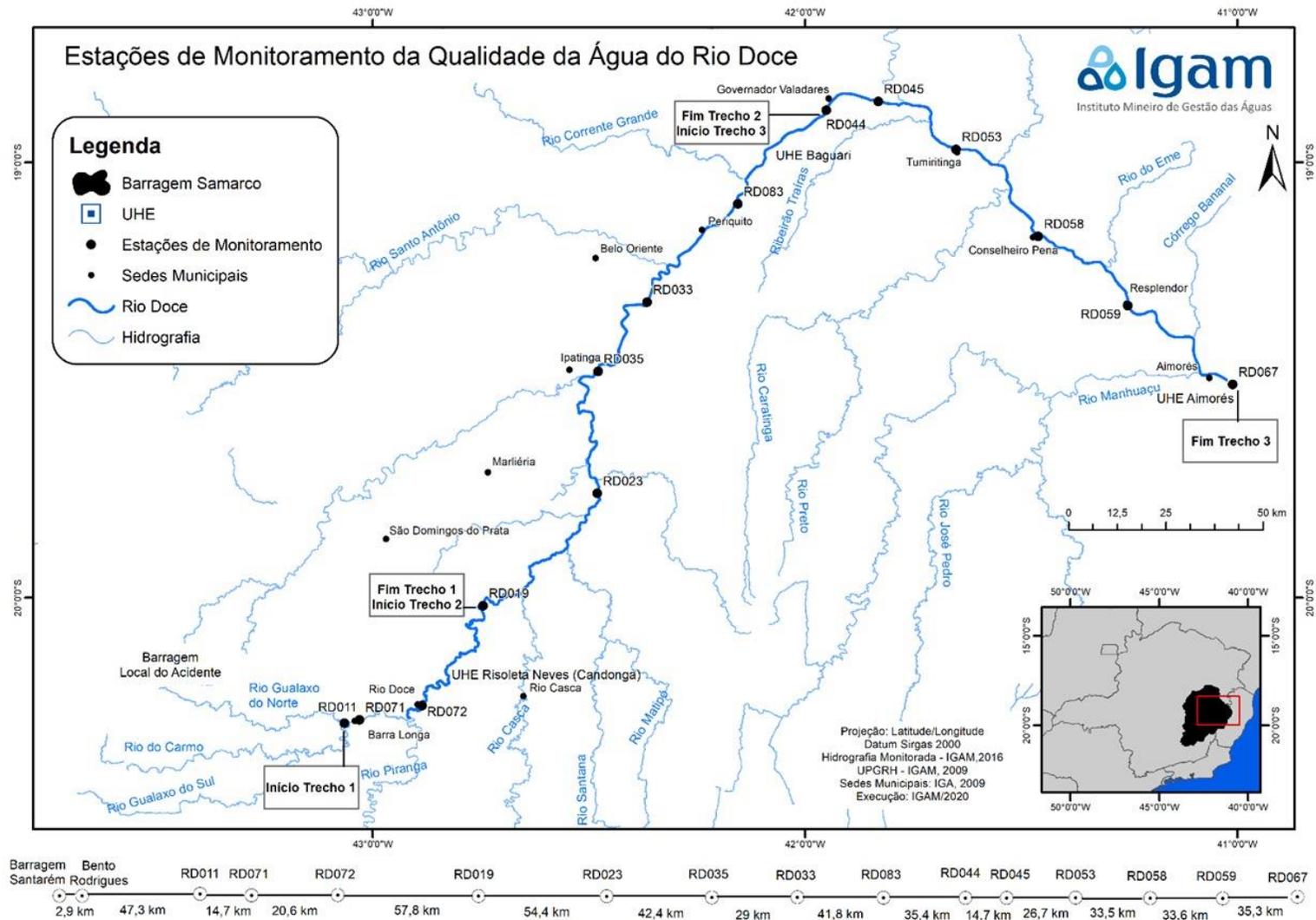
Quadro 1 – Descrição das estações de amostragem do monitoramento especial na bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estação	Município	Descrição	Latitude (S)	Longitude (W)
RD011	Barra Longa	Rio Gualaxo do Norte, próximo de sua foz no rio do Carmo, em Barra Longa	20° 17' 9,81"	43° 3' 57,02"
RD071	Barra Longa	Rio do Carmo em Barra Longa	20° 16' 58,0"	43° 01' 56,00"
RD072	Rio Doce	Rio Doce no município de Rio Doce	19° 14' 51,00"	42° 53' 07,00"
RD019	Rio Casca e São Domingos do Prata	Rio Doce entre os municípios de Rio Casca e São Domingos do Prata	20° 0,1' 18,0"	42° 45' 0,80"
RD023	Marliéria e Pingo d'Água	Rio Doce entre os municípios de Marliéria e Pingo d'Água	19° 45' 35"	42° 29' 0,600"
RD033	Belo Oriente	Rio Doce no município de Belo Oriente	19° 19' 38,93"	42° 22' 32,97"
RD035	Ipatinga	Rio Doce no município de Ipatinga	19° 29' 18,99"	42° 29' 38,99"
RD083	Periquito	Rio Doce no município de Periquito	19° 5' 42,19"	42° 9' 17,1"
RD044	Governador Valadares	Rio Doce no município de Governador Valadares	18° 53' 0"	41° 57' 10,00"
RD045	Governador Valadares	Rio Doce no município de Governador Valadares	18° 51' 36,19"	41° 50' 1,35"
RD053	Tumiritinga	Rio Doce no município de Tumiritinga	18° 58' 10,19"	41° 38' 49,39"
RD058	Conselheiro Pena	Rio Doce no município de Conselheiro Pena	19° 9' 58,84"	41° 27' 35,69"
RD059	Resplendor	Rio Doce no município de Resplendor	19° 20' 45,71"	41° 14' 19,49"
RD067	Aimorés	Rio Doce no município de Aimorés	19° 30' 20,00"	41° 0' 47,00"

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A Figura 1 indica a localização geográfica das estações de amostragem do monitoramento especial, bem como a distância em quilômetros entre elas e a divisão em trechos dos cursos d'água avaliados.

Figura 1 – Localização das estações de amostragem do monitoramento especial, bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

2 PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água, estabelece limites de tolerância para uma série de parâmetros de qualidade, conforme o uso preponderante deste recurso. Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8 de 2022 dispõe sobre a classificação e enquadramento dos corpos de água e estabelece os requisitos de qualidade para cada classe.

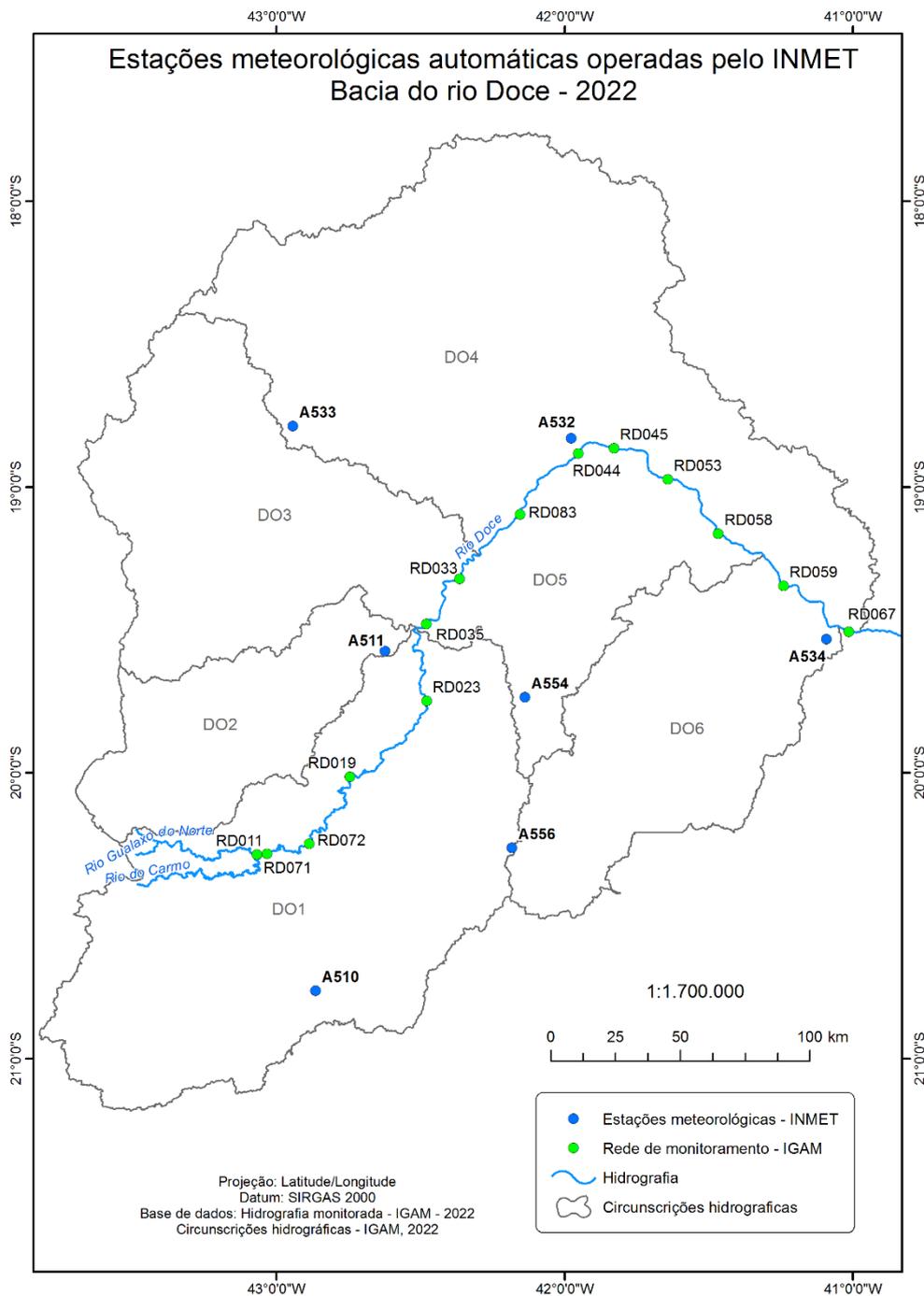
Segundo a referida deliberação, corpos de água doce que ainda não tiveram enquadramento aprovado serão considerados Classe 2, tais como os pertencentes à bacia do rio Doce, excetuando-se a sub-bacia do rio Piracicaba, a qual recebeu enquadramento (Classe 2) por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994.

Deste modo, todos os cursos de água atingidos pelo desastre e acompanhados pelo monitoramento especial são enquadrados como classe 2.

3 AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA BACIA DO RIO DOCE

A análise dos dados de qualidade das águas dos corpos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão mostra que a precipitação teve grande influência na magnitude dos impactos sobre os recursos hídricos. Deste modo, este encarte apresenta uma avaliação dos totais de chuva precipitados em cada um dos períodos em estudo, considerando toda a extensão da bacia do rio Doce. Para tanto, foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, dados referentes à precipitação total anual nas oito estações meteorológicas automáticas localizadas na bacia do rio Doce. As estações meteorológicas utilizadas neste estudo estão localizadas nos municípios: Aimorés (A534), Caratinga (A554), Governador Valadares (A532), Guanhães (A533), Manhuaçu (A556), Timóteo (A511) e Viçosa (A510). Optou-se por utilizar estas estações devido à adequada espacialização na bacia do rio Doce (tal como apresentado na Figura 2 a seguir), e por apresentarem série de dados robusta.

Figura 2 – Localização das estações meteorológicas automáticas do INMET na bacia do rio Doce, Minas Gerais

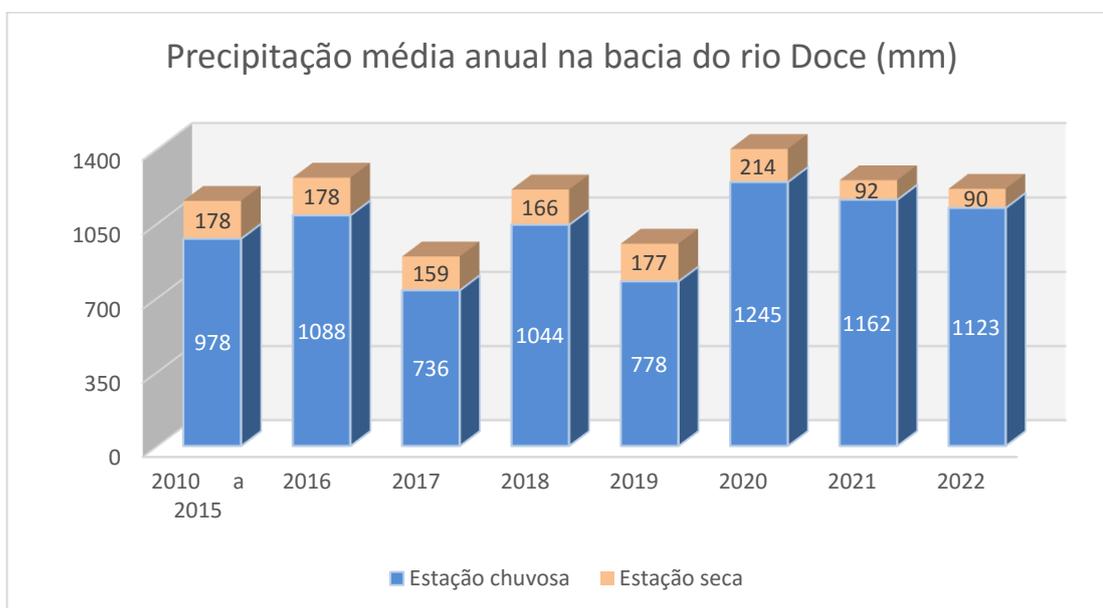


Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Visando a simplificação da análise optou-se por calcular uma única precipitação média de toda a bacia do rio Doce, nas estações secas e chuvosas de cada um dos períodos em análise, à exceção do 2º período (relativo aos 45 dias pós-rompimento), que foi incorporado à precipitação média da série histórica. Para os demais períodos foram determinadas as precipitações médias

mensais da bacia do rio doce através da média aritmética dos totais precipitados em cada mês nas oito estações meteorológicas. Em seguida, realizou-se a soma das precipitações médias mensais obtendo-se a precipitação média anual de cada estação climática dos anos entre 2010 e 2022. Por fim, calculou-se a média aritmética das precipitações médias anuais dos anos 2010 a 2015, obtendo a precipitação média da série histórica. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 3. Observa-se que os anos de 2016, 2018, 2020, 2021 e 2022 apresentaram média superior à da série histórica, enquanto os anos de 2017 e 2019 registraram média inferior. Ressalta-se ainda, que os anos de 2020 e 2021 foram os mais chuvosos de todo o período analisado.

Figura 3 – Precipitação média anual na bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO: ÁGUAS SUPERFICIAIS

O objetivo deste capítulo é apresentar a evolução da qualidade das águas e sedimentos no rio Doce, sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, ocorrido no dia 05/11/2015, no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, Minas Gerais.

Para avaliação correspondente ao monitoramento da qualidade das águas, nos seis anos anteriores (série histórica) e nos sete anos posteriores ao desastre, dividiram-se os dados em nove períodos, a saber:

- 1º período: pré-rompimento da Barragem de Fundão (série histórica): 01/01/2010 a 31/10/2015;
- 2º período: 45 dias após o rompimento da Barragem de Fundão (série emergencial): 07/11/2015 a 21/12/2015;
- 3º período: 1º ano após o rompimento da Barragem de Fundão: 01/01/2016 a 31/12/2016;
- 4º período: 2º ano após o rompimento da Barragem de Fundão: 01/01/2017 a 31/12/2017;
- 5º período: 3º ano após o rompimento da Barragem de Fundão: 01/01/2018 a 30/12/2018;
- 6º período: 4º ano após o rompimento da Barragem de Fundão 01/01/2019 a 31/12/2019.
- 7º período: 5º ano após o rompimento da Barragem de Fundão 01/01/2020 a 31/12/2020.
- 8º período: 6º ano após o rompimento da Barragem de Fundão 01/01/2021 a 31/12/2021.
- 9º período: 7º ano após o rompimento da Barragem de Fundão 01/01/2022 a 31/12/2022.

Visando ilustrar o comportamento da qualidade das águas em cada um dos períodos analisados foram calculados os percentis 10, 25, 50, 75 e 90, além dos valores mínimos e máximos observados, para os parâmetros: condutividade elétrica in loco, ferro dissolvido, sólidos em suspensão totais, manganês total e turbidez. Os resultados foram apresentados através de gráficos box-plot e tabelas. É consenso que os impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão são agravados no período chuvoso. Assim, optou-se por tratar os resultados de cada período segregados por estação climática (seca ou chuvosa), exceto o 2º (série emergencial), integralmente chuvoso.

Além da separação por estação climática os resultados também foram agrupados conforme os trechos 1 a 3 (delimitados pelas Usinas Hidrelétricas – UHEs: Risoleta Neves e Baguari) apresentados na Figura 1, e descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição dos trechos definidos para o agrupamento das estações de monitoramento

Trecho	Descrição	Estações
1	Rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce	RD011, RD071 e RD072
2	Rio Doce entre os municípios de São Domingos do Prata e Periquito	RD019, RD023, RD035, RD033 e RD083
3	Rio Doce entre os municípios de Governador Valadares e o limite entre MG e ES	RD044, RD045, RD053, RD058, RD059 e RD067

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para arsênio total e elementos metálicos foram elaboradas tabelas contendo medianas e valores máximos, além de gráficos de dispersão ilustrando os máximos obtidos em cada um dos nove períodos em estudo, sem considerar a segregação de estações climáticas.

Para metais e arsênio em sedimentos foram apresentados gráficos de dispersão ilustrando todos os resultados obtidos, também sem separá-los por estação climática.

Além disso, foram elaboradas tabelas descritivas do comportamento dos dezoito parâmetros avaliados nos diversos pontos de amostragem, de acordo com seus valores máximos, médios e mínimos, na respectiva série histórica anterior ao rompimento da barragem, bem como nos demais períodos em estudo (APÊNDICE A). Esses valores foram confrontados com os limites definidos na Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 8 de 2022 e sinalizados de acordo com a conformidade ou com o grau de desconformidade com a resolução. Na cor verde foram representados os resultados em conformidade com a deliberação; na cor amarela, aqueles que estão em desacordo com a deliberação, atingindo até duas vezes o correspondente limite de classe; na cor vermelha, aqueles que estiverem entre duas e quatro vezes o correspondente limite; e, na cor vermelha realçada, aqueles que estiverem acima de quatro vezes o limite. É necessário destacar que o parâmetro oxigênio dissolvido, ao contrário dos demais, apresenta limite mínimo, e não máximo.

Por isso, a sinalização desse parâmetro tem um significado diferenciado. Assim, ao invés do método descrito acima, para o oxigênio dissolvido, o sinal amarelo indica valores até a metade do limite estabelecido na referida Deliberação Normativa; o vermelho, valores até um quarto do limite; e o vermelho realçado, valores abaixo de um quarto do limite normativo. Além do Oxigênio dissolvido, o parâmetro pH in loco apresenta uma faixa de pH adequada (entre 6,0 e

9,0 para classe 2). Assim, a sinalização desse parâmetro indica apenas se os resultados obtidos estão situados entre os limites ou não. Por fim, condutividade elétrica in loco, sendo um parâmetro sem limite na deliberação, não é sinalizado (Quadro 3).

Quadro 3 – Sinalização e significado dos valores expressos nas tabelas do Apêndice A

Sinal	Significado
	Valor em conformidade com a deliberação
	Valor em desconformidade com a deliberação, atingindo até 2 vezes o limite
	Valor em desconformidade com a deliberação, entre 2 e 4 vezes o limite
	Valor em desconformidade com a deliberação, acima de 4 vezes o limite

*Exceto Oxigênio dissolvido

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO: Águas Superficiais

Os gráficos apresentados a seguir contemplam a análise estatística dos resultados do monitoramento especial e da série histórica do Igam, no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão e nos sete anos seguintes ao desastre, relativos às águas superficiais diretamente impactadas. Após o rompimento da barragem da Samarco, a qualidade das águas atingidas sofreu abrupta alteração na concentração de diversos parâmetros monitorados, principalmente aqueles associados à presença de sólidos. Os parâmetros utilizados na avaliação da qualidade das águas superficiais no presente encarte são: turbidez, sólidos em suspensão totais, condutividade elétrica in loco, ferro dissolvido, manganês total, alumínio dissolvido, arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total e níquel total.

4.1.1 Turbidez

Na Figura 4 é apresentada a análise estatística dos resultados de turbidez, considerando todos os trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Ao se avaliar o comportamento geral dos trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão observa-se um aumento expressivo da turbidez nos primeiros 45 dias após o rompimento, representado pela mediana da série emergencial igual a 3709 NTU. Este valor indica que a metade dos resultados observados nos primeiros 45 dias após o desastre apresentaram turbidez 37 vezes superior ao preconizado pela deliberação normativa. Nesta série o máximo valor de turbidez observado foi de 606200 NTU, mais de 6000 vezes o limite recomendado pela deliberação.

No primeiro ano após o desastre se observou elevada turbidez nos corpos hídricos impactados, especialmente na estação chuvosa (mais da metade dos resultados superaram 100 NTU, conforme expresso pela mediana de 252 NTU). Na série histórica a mediana foi de 25 NTU. Essa forte elevação da turbidez também ocorreu na estação seca, quando foram observadas medianas iguais a 8 NTU na série histórica, e 63 NTU em 2016.

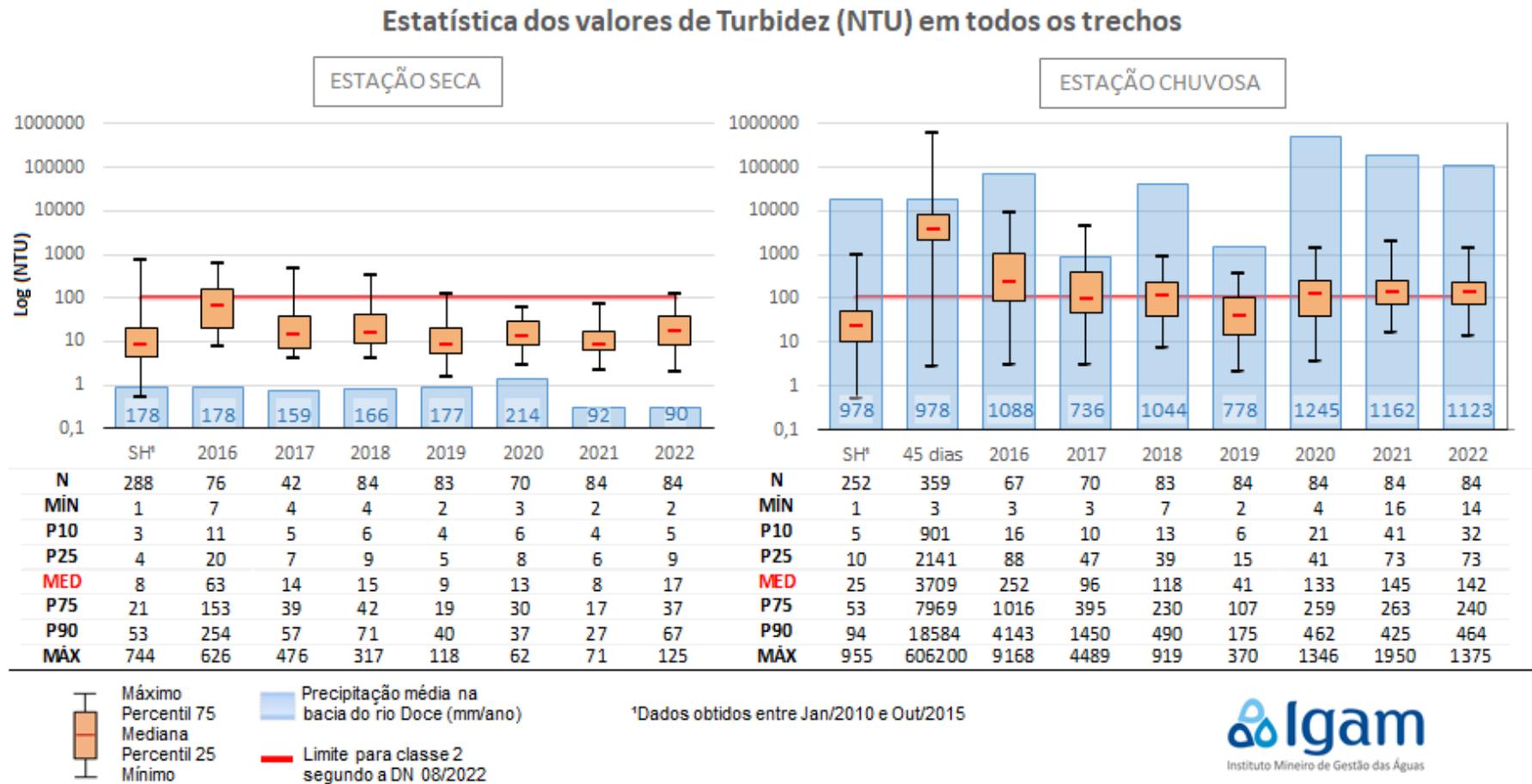
Nos anos seguintes observou-se gradativa redução da turbidez nas estações secas, se apresentando os períodos secos de 2019 e 2021 com resultados próximos aos observados antes do rompimento. Observa-se que à exceção do ano de 2016 (1º após o rompimento) todos os demais períodos secos analisados indicaram menos de 10% de resultados em desconformidade com o padrão. Entre 2017 e 2022 os percentis 90 variaram entre 27 NTU e 71 NTU, portanto abaixo do limite normativo (100 NTU). Ainda em relação ao período seco, em 2020 e 2021 não houve qualquer amostra com concentrações de turbidez acima do limite normativo.

Durante o período chuvoso esta tendência de redução foi interrompida em 2020 (ano de maior intensidade pluviométrica), quando os resultados indicaram novamente elevação da turbidez dos corpos hídricos atingidos pelo desastre. Em 2020, 2021 e 2022, mais da metade dos resultados apontaram desconformidade com o padrão, conforme as medianas iguais a 133 NTU, 145 NTU e 142 NTU, respectivamente.

Todos os períodos chuvosos dos anos seguintes ao rompimento apresentaram no mínimo 25% dos resultados em desconformidade com o padrão normativo. Em 2016, 2018, 2020, 2021 e 2022 mais da metade dos resultados superaram o limite preconizado, tal como indicado pelas medianas desses anos variando entre 118 NTU e 252 NTU. Nos períodos chuvosos de 2017 e 2019, anos de menor pluviosidade média na bacia do rio Doce, os percentis 75 foram 395 NTU e 107 NTU, respectivamente, indicando no mínimo 25% dos resultados desconformes nesses anos. Ainda em relação a esta estação climática, nenhum dos indicadores estatísticos apontou resultados semelhantes aos observados antes do rompimento da barragem de Fundão.

Estima-se que durante a época de chuvas, o aumento do escoamento superficial e das vazões dos cursos de água acarretam na remobilização do material depositado no leito e nas margens dos rios para a coluna d'água, ocasionando a elevação de turbidez.

Figura 4 – Análise estatística dos resultados de turbidez no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando todos os trechos diretamente impactados na bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

As Figuras 5 a 7 apresentadas a seguir retratam a análise estatística dos resultados de turbidez, considerando cada um dos três trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Ao avaliar cada trecho separadamente nota-se propensão semelhante ao observado na análise geral: abrupta elevação dos resultados de turbidez nos primeiros 45 dias, progressiva redução dos valores de turbidez entre 2016 e 2021, considerando dados da estação seca, e entre 2016 e 2019 segundo dados da estação chuvosa. Durante as chuvas de 2020, 2021 e 2022 observou-se elevação da turbidez nos três trechos em estudo. Nos primeiros 45 dias foram observadas medianas iguais a 8540 NTU, 5624 NTU e 2354 NTU, nos trechos 1, 2 e 3, respectivamente.

Os resultados do trecho 1 apontam a maior parte dos resultados dos períodos secos em conformidade com a deliberação normativa, ao contrário do ocorrido durante os períodos chuvosos. Durante as épocas de estiagem somente nos anos de 2016 e 2018 o percentil 90 foi superior a 100 UNT. Ou seja, pelo menos 90% dos resultados atenderam ao padrão normativo nas estações secas de 2017, 2019, 2020, 2021 e 2022. Nos períodos secos de 2017, 2020 e 2021 não houve qualquer amostra em desconformidade com os padrões de turbidez. Considerando a estação chuvosa de todo o período pós rompimento, somente a mediana do ano de 2019 (29 NTU) foi inferior a 10 NTU. Isso quer dizer que em todos os demais anos observou-se mais da metade dos resultados em desconformidade com a deliberação. Comparativamente constatou-se resultados próximos a série histórica apenas durante as estações secas de 2019, 2020 e 2021. Durante o período chuvoso, todos os indicadores estatísticos avaliados para o trecho 1 apontaram resultados superiores ao observado antes do desastre.

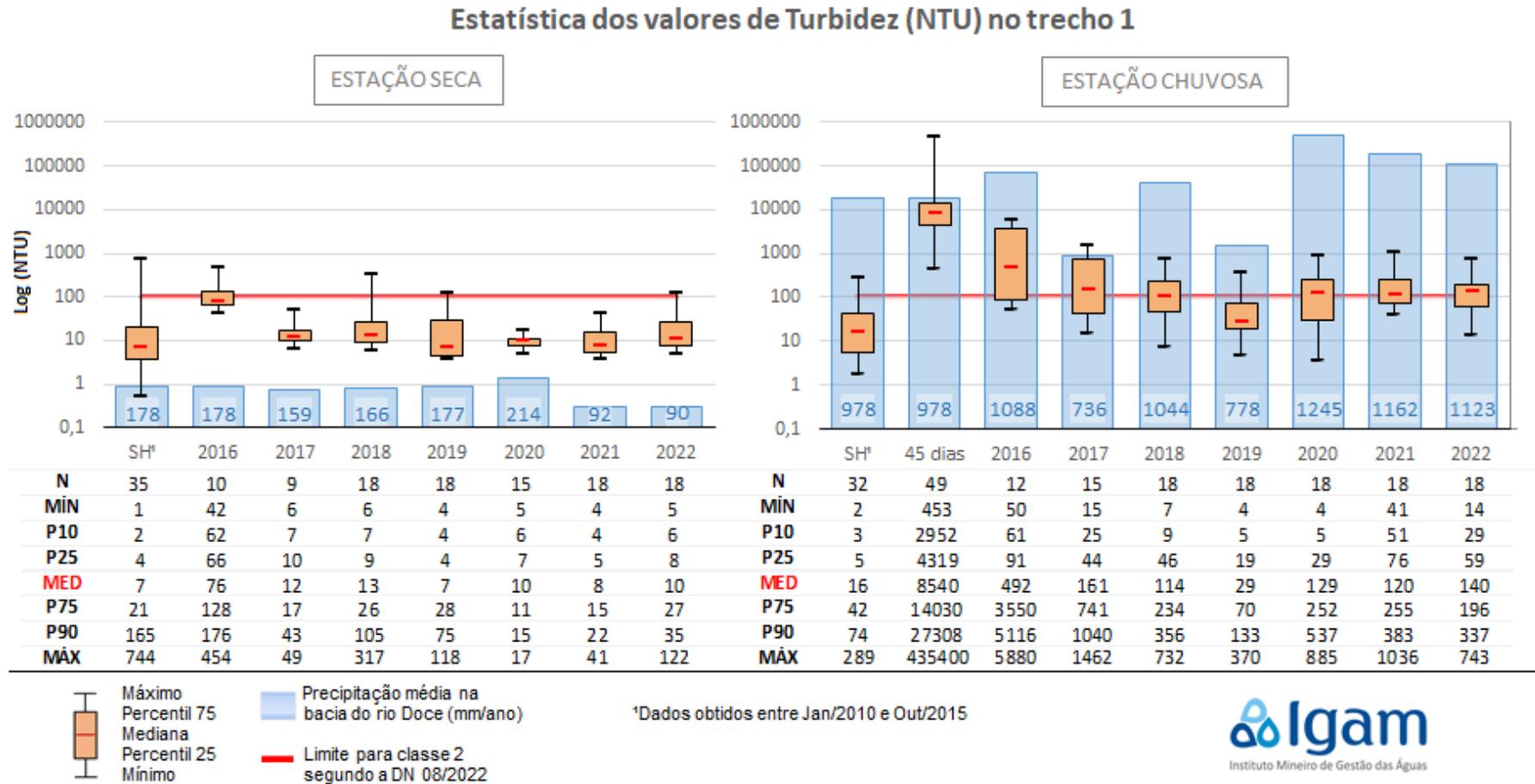
Os resultados do trecho 2 indicam estações secas com a maior parte dos resultados em conformidade com o padrão. Somente nos anos de 2016 e 2017 os percentis 90 estiveram acima de 100 UNT, indicando aos menos 10% de resultados desconformes. Em 2018 e 2022 menos de 10% dos resultados de turbidez superaram o padrão. Entre 2019 e 2021 nenhuma amostra indicou turbidez acima de 100 NTU. Em contraponto, somente as medianas dos períodos chuvosos de 2017 e 2019, anos de baixa precipitação média, estiveram abaixo do padrão. Assim, pelo menos a metade dos resultados dessa estação climática, obtidos nos anos 2016, 2018, 2020, 2021 e 2022, esteve em desconformidade com o padrão. Em 2017 e 2019 ao menos 25% das amostras não atenderam ao padrão, conforme percentis 75 iguais a 315 NTU e 116 NTU, respectivamente. Comparativamente à série histórica, somente as estações secas dos anos de 2019 e 2021 apresentaram resultados próximos (ligeiramente superiores) aos observados

antes do rompimento da barragem, no trecho 2. Já em relação às estações chuvosas todos os percentis e medianas foram superiores aos observados na série histórica.

Os resultados do trecho 3, relativos à estação seca, mostram que em todos os períodos aqui analisados não houve qualquer resultado acima do padrão normativo. Pode-se afirmar que à exceção de 2016 e 2020, os resultados obtidos das estações secas após o desastre se assemelham aos da série histórica, sendo ligeiramente superiores nos anos de maior média pluviométrica. Em contraste aos bons números observados na época de estiagem, a maior parte dos resultados obtidos para os períodos chuvosos indicou desconformidade com o padrão normativo. Somente as medianas dos anos 2017, 2018 e 2019 registraram turbidez abaixo de 100 UNT (94 UNT, 82 UNT e 42 UNT, respectivamente). Nestes três anos os percentis 75 foram 161 NTU, 191 NTU e 107 NTU, respectivamente, indicando ao menos 25% das amostras com turbidez acima do limite normativo. Pelo menos metade dos resultados dos anos 2016, 2020, 2021 e 2022, esteve em desconformidade com o padrão. Não foram observados resultados de turbidez próximos aos obtidos antes do desastre em nenhum dos períodos chuvosos pós-rompimento, no trecho 3.

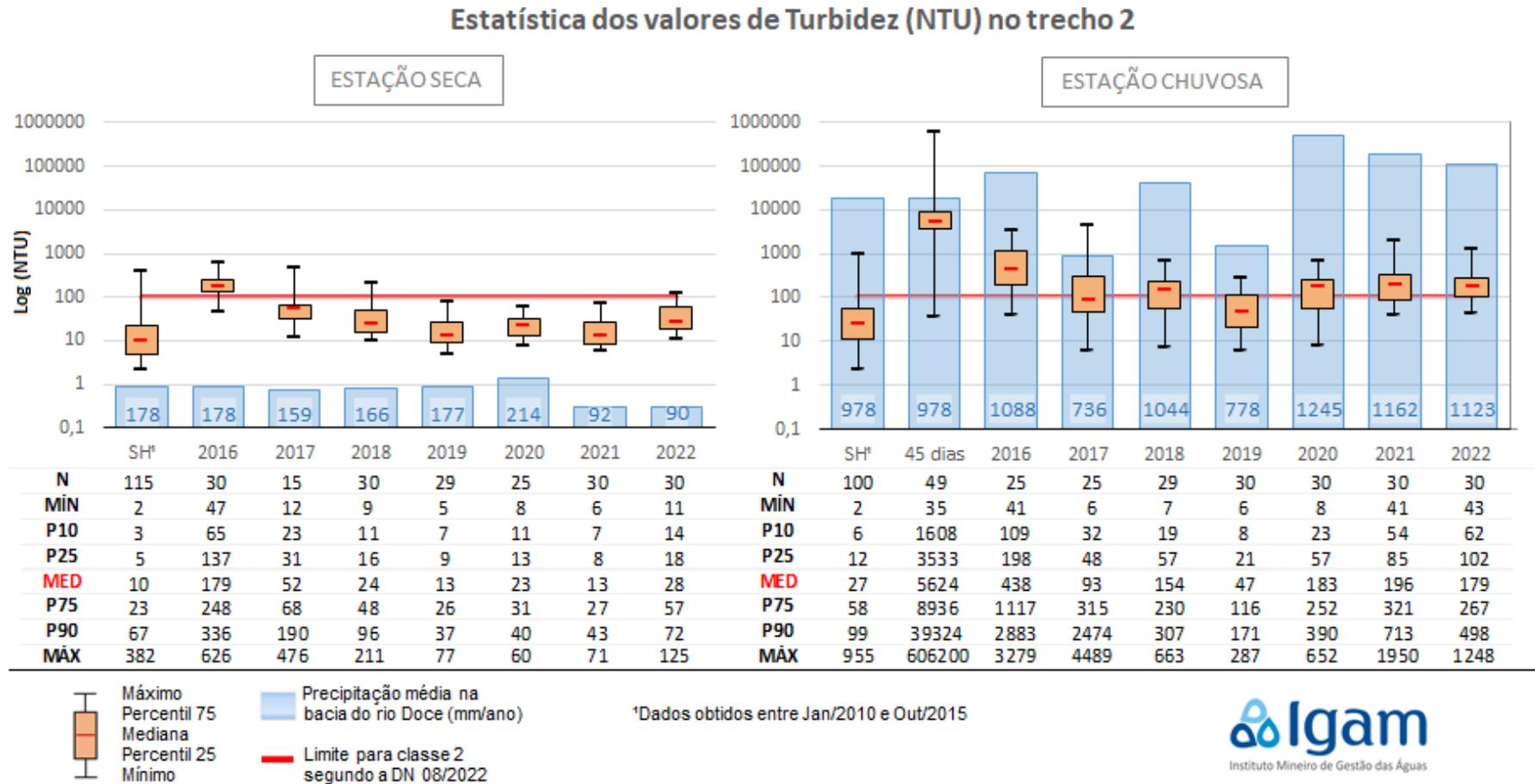
Os resultados da análise dos trechos separadamente reforçam a tendência observada pela análise geral: durante os períodos chuvosos os corpos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão continuam sendo impactados. Além disso, pode-se observar magnitudes de impacto ligeiramente superiores nos trechos mais próximos ao local do desastre (trechos 1 e 2) que no trecho mais à jusante (trecho 3).

Figura 5 – Análise estatística dos resultados de turbidez no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 1



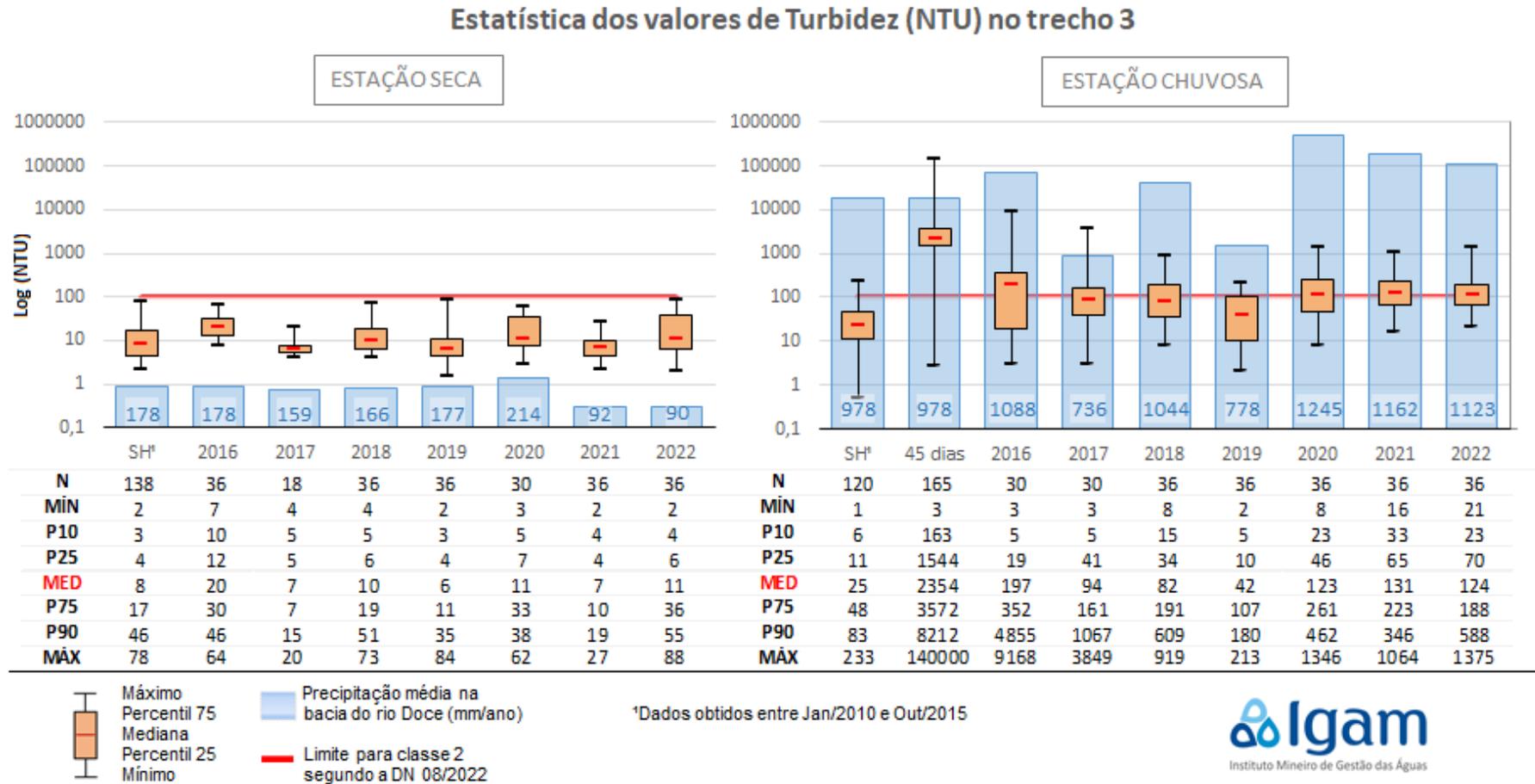
Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 6 – Análise estatística dos resultados de turbidez no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 7 – Análise estatística dos resultados de turbidez no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 3



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

4.1.2 Sólidos em suspensão totais

Na Figura 8 é apresentada a análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais, considerando todos os trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Uma vez que o parâmetro turbidez é um indicativo da presença de sólidos em suspensão no meio líquido, é esperado comportamento semelhante destes dois parâmetros. Tal como ocorrido com a turbidez verificou-se abrupta elevação das concentrações de sólidos em suspensão totais nos primeiros dias após o desastre, conforme aponta a mediana da série emergencial igual a 1020 mg/L. Neste período a maior concentração observada foi de 344550 mg/L, o que representa mais de 3445 vezes o limite preconizado pela deliberação normativa (100 mg/L).

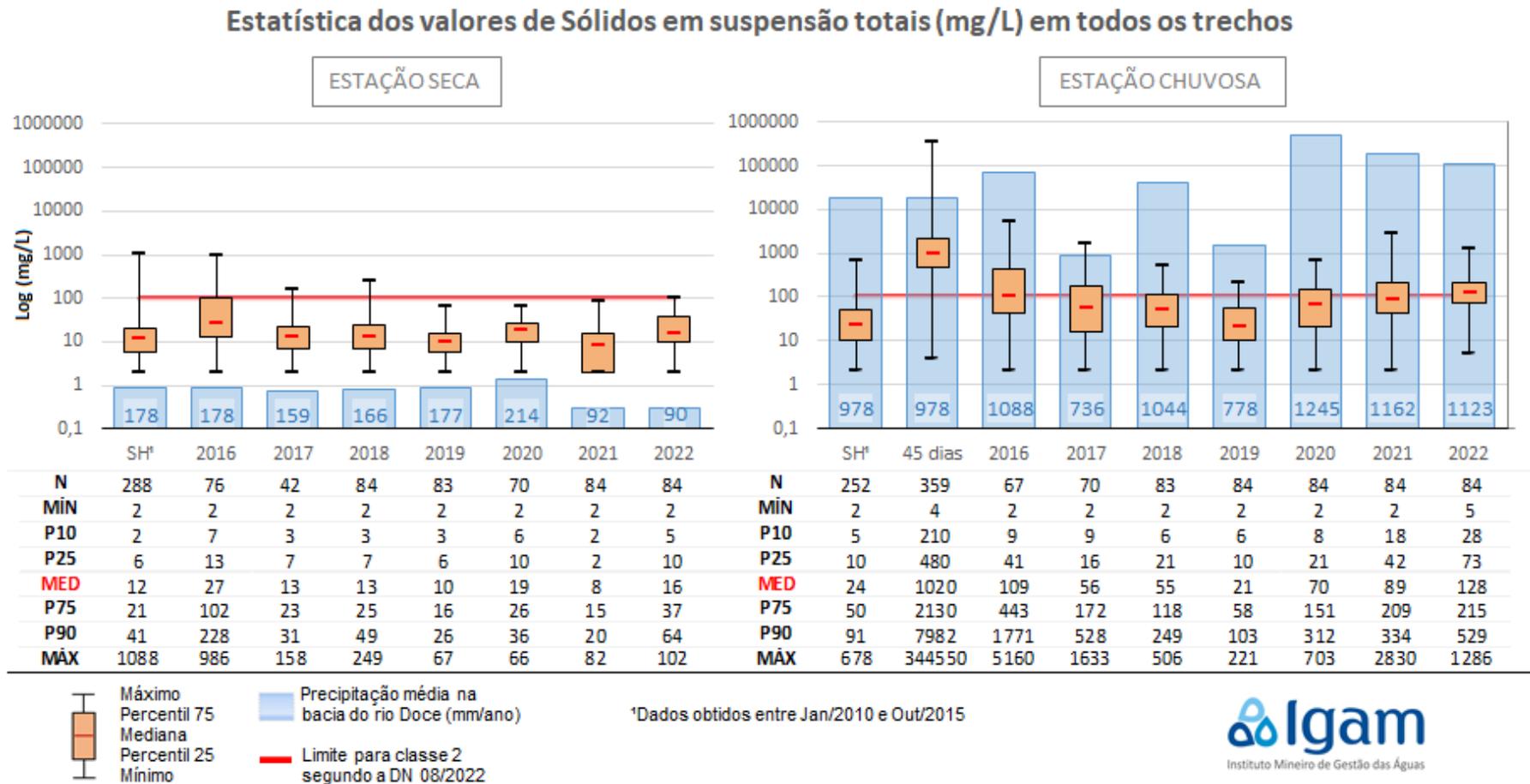
Ao analisarmos as estações climáticas separadamente observamos que a maior parte dos resultados da época de estiagem indicaram concentrações abaixo do padrão normativo. No primeiro ano após o desastre foi observado percentil 75 igual a 102 mg/L, indicando que pelo menos 25% das amostras apontaram concentrações acima do padrão normativo. Em 2017, 2018 e 2022, somente os valores máximos obtidos durante a época de seca superaram o padrão. Assim, pode-se afirmar que nestes anos ao menos 90% dos resultados estiveram conformes com a deliberação. Nos períodos secos de 2019 a 2021 não houve qualquer resultado acima dos padrões desejados.

Em relação à série histórica seca nota-se semelhança dos resultados nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2021. Nos anos de 2016, 2020 e 2022 foram observadas concentrações superiores aos da série histórica.

Por outro lado, durante a estação chuvosa houve considerável elevação das concentrações de sólidos em suspensão totais. Exceto para 2019, os percentis 75 dos períodos chuvosos avaliados indicaram concentrações superiores a 100mg/L. Isso significa que pelo menos 25% das amostras dos anos 2016 a 2018 e 2020 a 2022, estavam em desconformidade com o limite normativo (em 2016 e 2022 mais da metade das amostras superaram o limite normativo). Comparativamente à série histórica somente na estação chuvosa do ano de 2019 foram registradas concentrações de sólidos em suspensão totais próximas ao observado antes do desastre. Para os demais períodos em estudo todos os indicadores estatísticos apresentaram resultados superiores aos observados na série histórica.

Estes resultados sugerem, tal como observado para a turbidez, continuidade dos impactos decorrentes do rompimento da barragem, especialmente nos períodos chuvosos.

Figura 8 – Análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando todos os trechos diretamente impactados na bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

As Figuras 9 a 11 apresentadas a seguir retratam a análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais, considerando cada um dos três trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente.

Assim como observado na análise considerando todos os trechos, os resultados dos primeiros 45 dias indicam forte elevação das concentrações de sólidos em suspensão totais nos três trechos em estudo. Neste período as medianas dos trechos 1, 2 e 3 foram iguais a 2910 mg/L, 1310 mg/L e 530 mg/L, respectivamente.

Os resultados do trecho 1, considerando a estação seca, indicam conformidade com o padrão normativo na maior parte das amostras. Somente nos anos de 2016 e 2018 foram observadas amostras fora do padrão. Em 2016 pelo menos 25% das amostras estiveram desconformes, tal como indica o percentil 75 igual a 245 mg/L. Em 2018 ao menos 90% das amostras estiveram em conformidade com a deliberação, visto que o percentil 90 deste ano foi de 78 mg/L. Todos os resultados obtidos nos períodos secos de 2017, 2019, 2020, 2021 e 2022 tiveram concentrações abaixo de 100 mg/L, portanto abaixo do limite normativo. Em relação à série histórica os períodos secos de 2017, 2019, 2021 e 2022 apresentaram resultados semelhantes.

Já na estação chuvosa, grande parte dos resultados indicou desconformidade com o padrão. No primeiro ano após o rompimento pelo menos a metade dos resultados superaram o limite normativo, tal como indicado pela mediana igual a 313 mg/L. Nos anos de 2017, 2018, 2020, 2021 e 2022 o percentil 75 variou entre 137 mg/L e 350 mg/L, indicando no mínimo 25% das amostras coletadas no período chuvoso destes anos em desconformidade. Em contraponto, no ano de 2019 ao menos 90% dos resultados indicaram conformidade com a deliberação, tal como sugere o percentil 90 deste ano igual a 71 mg/L. Comparados aos resultados da série histórica somente no ano de 2019 foram observadas concentrações próximas (ligeiramente inferiores) aquelas anteriores ao rompimento. Todos os indicadores estatísticos avaliados para os demais períodos chuvosos em estudo superaram aqueles relativos à série histórica.

No trecho 2 observam-se poucas violações do padrão de sólidos em suspensão totais, durante a estação seca dos anos de 2017 a 2022. Em 2016 a mediana foi de 102 mg/L, indicando pelo menos 50 % de amostras em desconformidade. Em 2017, 2018 e 2022 os percentis 90 foram 60 mg/L, 76 mg/L e 69 mg/L, indicando que nos períodos secos destes anos houve no mínimo 90% de amostras em conformidade. Entre 2019 e 2021 não foram observados resultados desconformes. Comparados aos indicadores estatísticos da série histórica foram observadas

concentrações próximas (ligeiramente inferiores) ao observado antes do rompimento somente nos períodos secos de 2019 e 2021.

Durante os períodos chuvosos, as estações de monitoramento do trecho 2 apontaram grande parte dos resultados em desconformidade com a deliberação normativa. Em 2016, 2020, 2021 e 2022 a mediana variou entre 101 mg/L e 169 mg/L, indicando que nestes anos pelo menos a metade das amostras apresentaram concentração superior ao padrão normativo. Em 2017 e 2018 houve no mínimo 25% de amostras em desconformidade, conforme representam os percentis 75 destes anos iguais a 146 mg/L e 115 mg/L, respectivamente. Os melhores resultados pós-rompimento foram observados na estação chuvosa de 2019, quando o percentil 90 foi de 102 mg/L, o que representa ao menos 10 % de desconformidade com o padrão normativo. Além disso, somente nesse ano foram obtidos resultados próximos aos observados antes do desastre, quando consideramos a estação chuvosa. Todos os percentis referentes aos outros anos indicaram concentrações superiores ao observado antes do rompimento.

No trecho 3 constatou-se que durante a época de seca, assim como observado na série histórica, não houve registro de concentrações de sólidos em suspensão totais em desconformidade com o padrão normativo. Exceto para os anos de 2020 e 2022, os indicadores estatísticos indicaram concentrações próximas ao observado antes do desastre.

Já no período chuvoso, somente os Percentis 75 de 2018 e 2019 foram inferiores a 100 mg/L, indicando menos de 25% das amostras em desconformidade com a deliberação. Nos demais períodos esse percentil variou entre 100 mg/L e 203 mg/L, retratando no mínimo 25% de desconformidade. Em 2022 a mediana do período chuvoso foi de 110 mg/L, o que indica que pelo menos a metade das amostras coletadas apresentaram concentrações acima do recomendado. Comparativamente à série histórica, todos os indicadores estatísticos (exceto máximo de 2019) obtidos para período chuvoso apontaram concentrações mais elevadas após o rompimento da barragem de Fundão.

A análise das concentrações de sólidos em suspensão totais separada por trechos repete o observado para Turbidez: maior magnitude de impacto nos períodos chuvosos mais intensos e nos trechos mais próximos ao local do rompimento.

Figura 9 – Análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 1

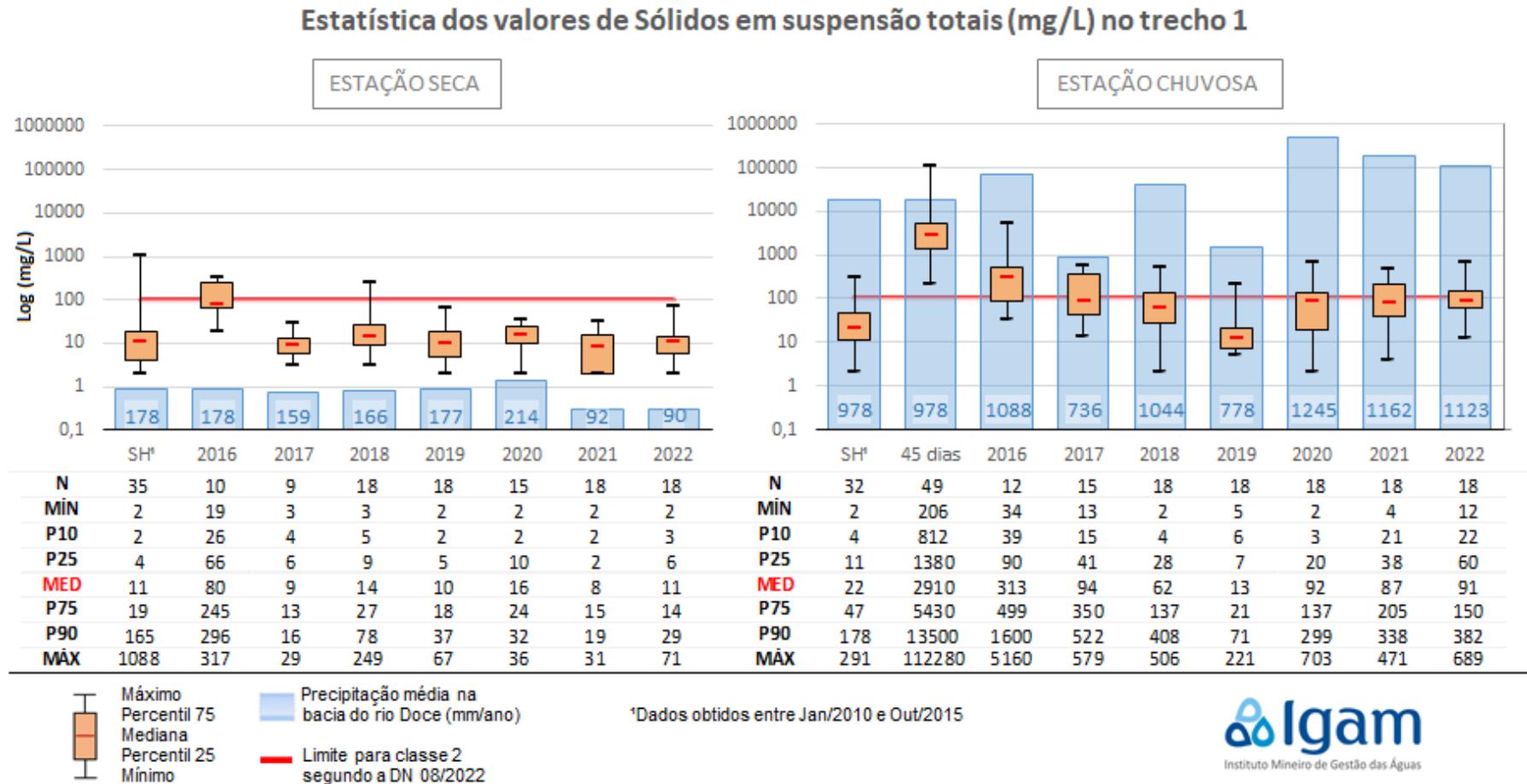
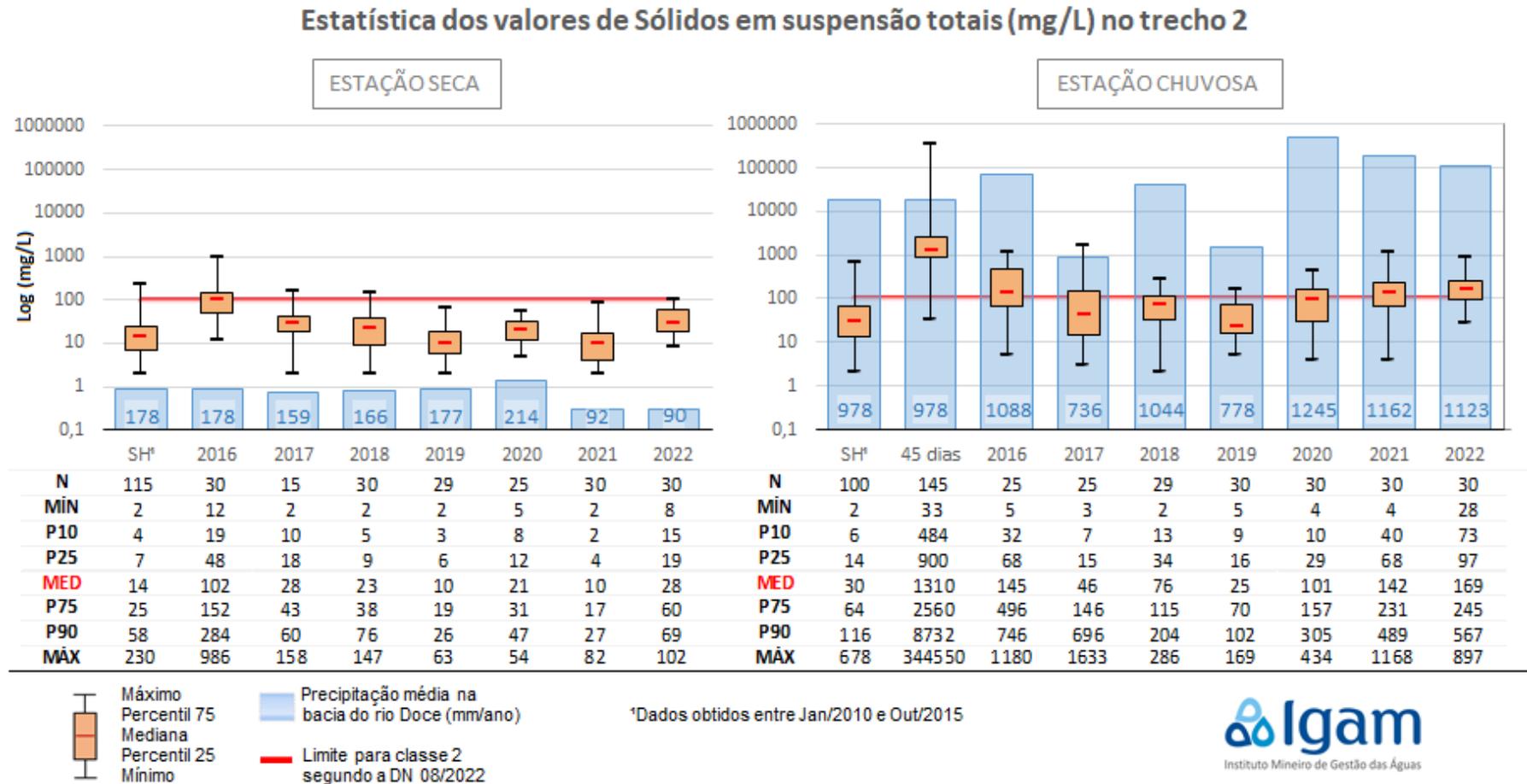
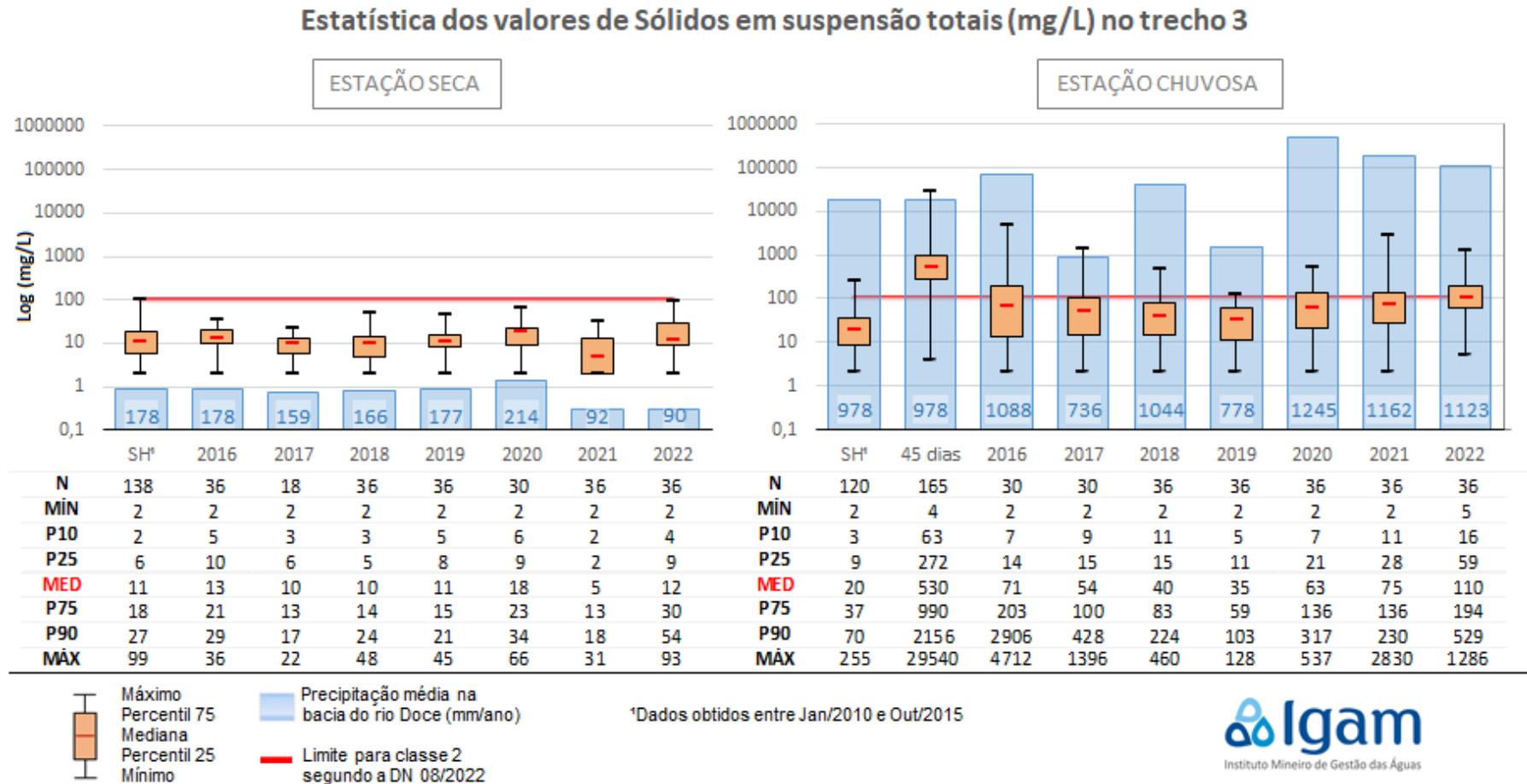


Figura 10 – Análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 2



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 11 – Análise estatística dos resultados de sólidos em suspensão totais no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 3



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.1.3 Condutividade elétrica *in loco*

Na Figura 12 é apresentada a análise estatística dos resultados de condutividade elétrica *in loco*, considerando todos os trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Uma vez que esse parâmetro não apresenta limite definido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 8 de 2022, os resultados obtidos foram confrontados apenas com a série histórica.

A análise estatística dos períodos de estiagem indicou elevação das condutividades elétricas *in loco* a partir do rompimento da barragem, com resultados mantendo-se acima dos observados na série histórica até o ano de 2019. Enquanto na série histórica a mediana indicou 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entre 2016 e 2019 este indicador variou entre 73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 99 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em 2020 foram observadas condutividades elétricas próximas às da série histórica, em 2021 valores mais elevados, e em 2022, novamente próximos, tal como expresso pelas medianas 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 74 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

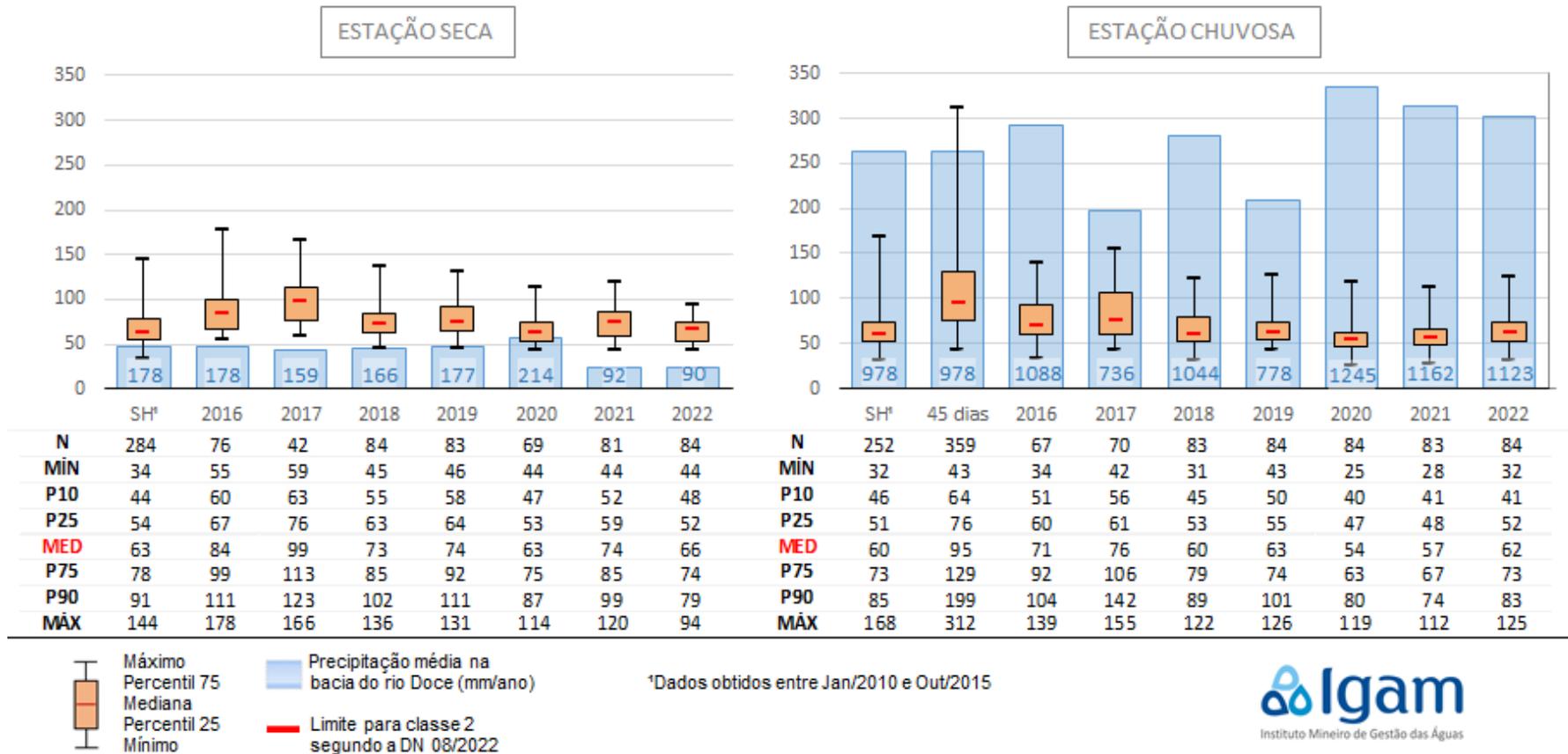
Em relação ao período chuvoso a análise estatística indicou elevação das condutividades elétricas nos 45 primeiros dias após o rompimento, mantendo-se acima das observadas antes do desastre nos anos de 2016 e 2017. Enquanto na série histórica chuvosa a mediana das condutividades elétricas *in loco* foi 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nesses três períodos foi de 95 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 71 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 76 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Entre 2018 e 2022 foram observadas medianas das condutividades elétricas variando entre 54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 63 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando resultados próximos aos registrados na série histórica.

Observa-se que ao contrário dos parâmetros turbidez e sólidos em suspensão totais, maiores intensidades pluviométricas acarretam na redução da condutividade elétrica *in loco*. Isso se confirma quando observamos maiores resultados dos indicadores estatísticos na estação seca que na estação chuvosa. Além disso, em 2017 foi registrada a menor precipitação média na bacia do rio doce, ano em que foram observadas as maiores condutividades elétricas. Além disso, ao comparar os percentis do ano de 2019 (ano de baixos índices pluviométricos também) das duas estações sazonais, observa-se que no ano de 2019 todos os percentis foram ligeiramente superiores no período seco. Estima-se que esse comportamento possa ser explicado pela diminuição do aporte de sólidos para dentro do corpo de água nos períodos de estiagem, podendo acarretar o deslocamento do equilíbrio para o aumento da solubilização dos

íons na coluna d'água, uma vez que há uma menor concentração de partículas em suspensão e isso pode favorecer o aumento da concentração dos íons. No entanto, é imprescindível o acompanhamento dos resultados ao longo dos anos para se confirmar ou não esse comportamento.

Figura 12 – Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica in loco no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando todos os trechos diretamente impactados na bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estatística dos valores de Condutividade elétrica in loco ($\mu\text{S}/\text{cm}$) em todos os trechos



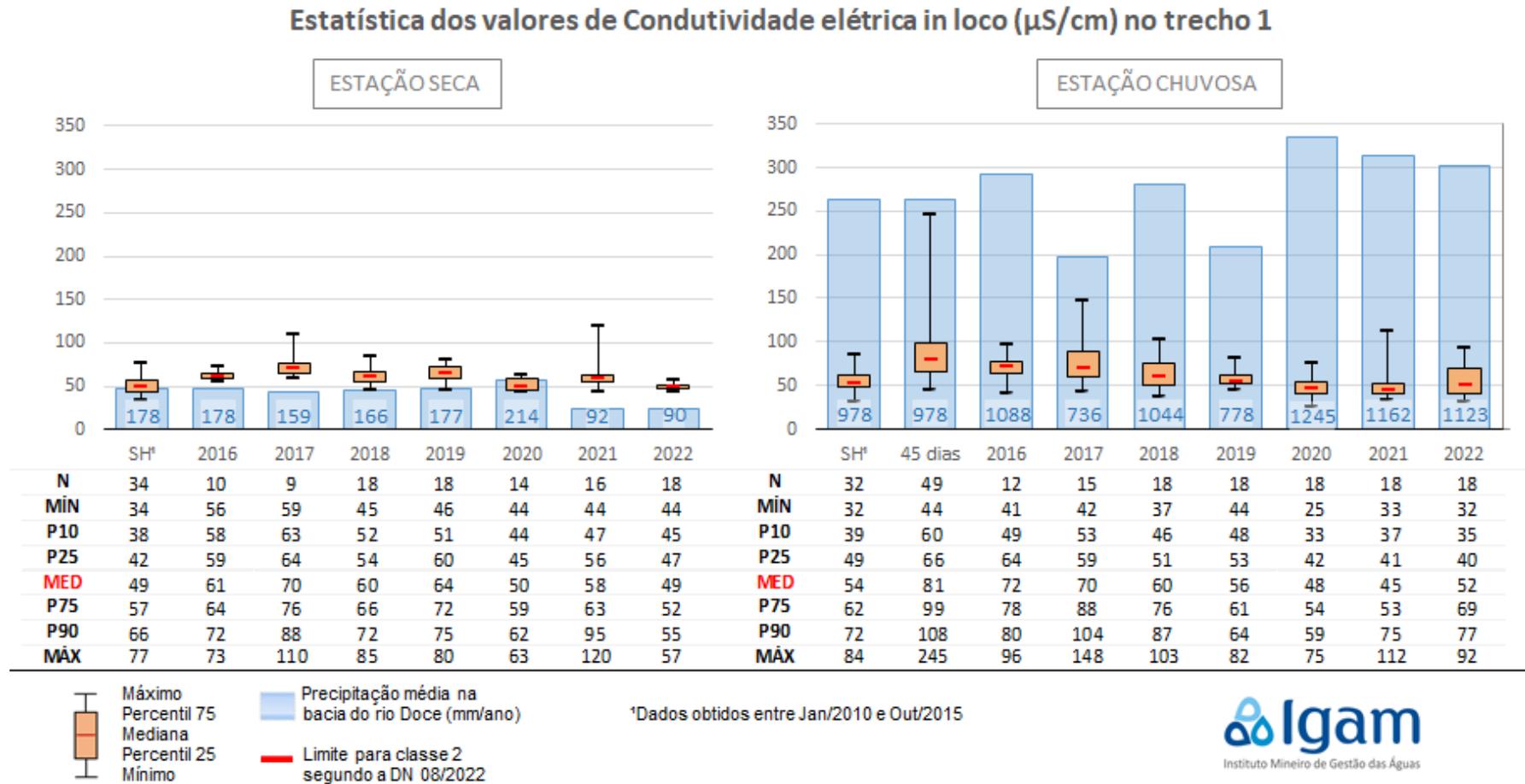
As Figuras 13 a 15 apresentadas a seguir retratam a análise estatística dos resultados de condutividade elétrica in loco, considerando cada um dos três trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente.

No trecho 1 observou-se condutividades elétricas in loco acima da série histórica nos períodos secos de 2016 a 2019 e em 2021. Neste período as medianas variaram entre 58 $\mu\text{S/cm}$ e 70 $\mu\text{S/cm}$, enquanto no período pré-rompimento a mediana foi de 49 $\mu\text{S/cm}$. Em 2020 e 2022 foram observadas medianas de 50 $\mu\text{S/cm}$ e 49 $\mu\text{S/cm}$, portanto, próximas ao observado antes do desastre. Na estação chuvosa observou-se elevação das condutividades elétricas in loco logo nos primeiros dias após o rompimento, conforme mediana da série emergencial igual a 81 $\mu\text{S/cm}$. De 2016 a 2018 as condutividades superaram a série histórica (54 $\mu\text{S/cm}$), com medianas variando entre 60 $\mu\text{S/cm}$ e 72 $\mu\text{S/cm}$. Nos períodos chuvosos de 2020 a 2022 foram observadas medianas iguais a 48 $\mu\text{S/cm}$, 45 $\mu\text{S/cm}$ e 52 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente, portanto abaixo da mediana pré-rompimento. Em 2019 foram observados resultados próximos.

No trecho 2 observou-se condutividades elétricas acima da série histórica nas estações secas de 2016 a 2019. Neste período a mediana variou entre 84 $\mu\text{S/cm}$ e 71 $\mu\text{S/cm}$, enquanto na série histórica este indicador foi igual a 58 $\mu\text{S/cm}$. Nos anos seguintes foram observados valores próximos aqueles anotados antes do rompimento. Nos anos de 2020, 2021 e 2022 as medianas das condutividades foram 59 $\mu\text{S/cm}$, 61 $\mu\text{S/cm}$ e 61 $\mu\text{S/cm}$, respectivamente. Já na estação chuvosa, observou-se elevação das condutividades elétricas in loco nos primeiros 45 dias após o rompimento, quando foi observada mediana igual a 92 $\mu\text{S/cm}$. Entre 2016 e 2019 foram observadas condutividades acima das da série histórica, tal como representam as medianas entre 60 $\mu\text{S/cm}$ e 70 $\mu\text{S/cm}$ deste período. A partir de 2020 foram observadas condutividades elétricas semelhantes ao observado antes do desastre.

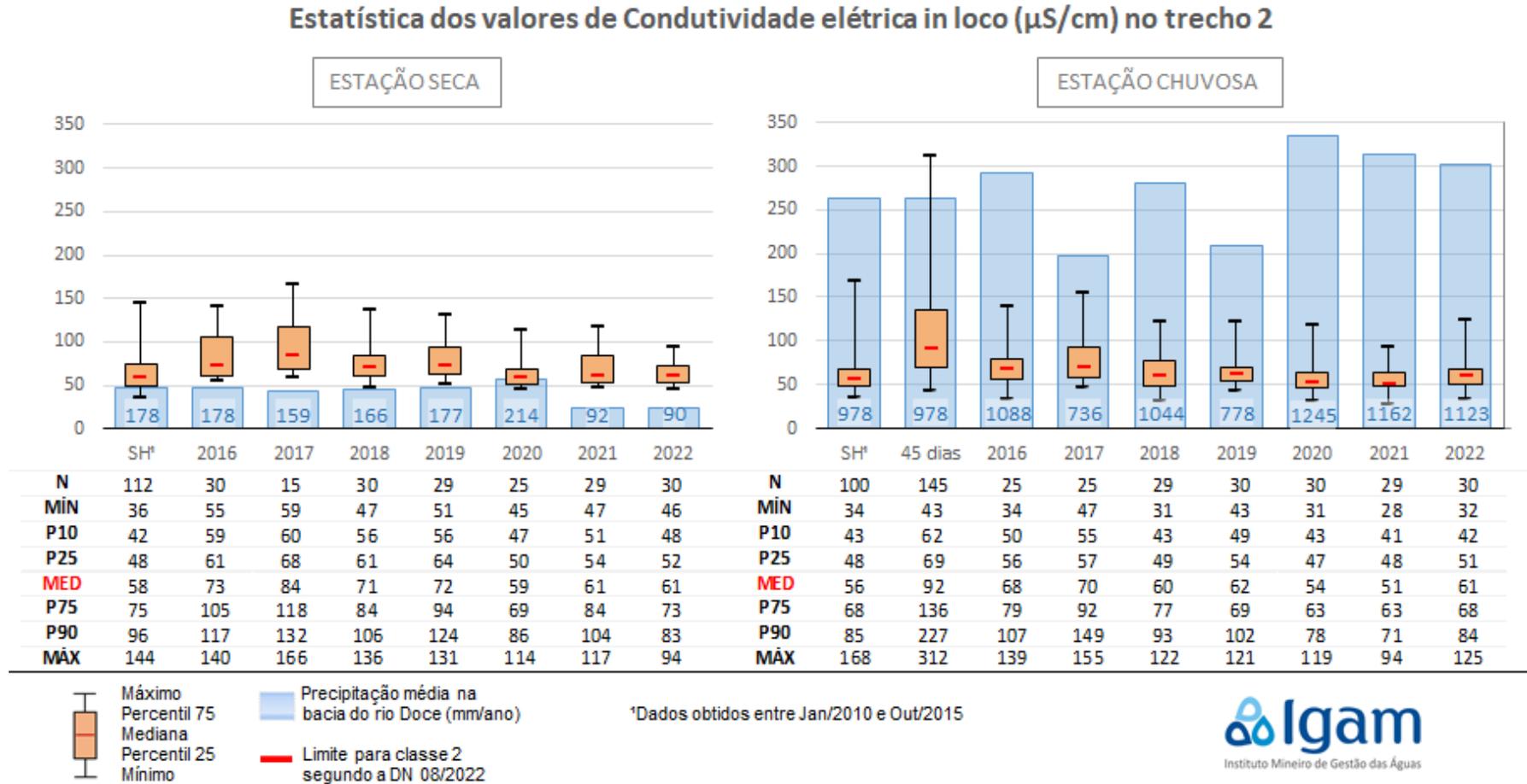
No trecho 3, durante os períodos secos, foram observadas condutividades elétricas in loco maiores que na série histórica entre 2016 e 2019 e no ano de 2021. Nestes anos as medianas variaram entre 78 $\mu\text{S/cm}$ e 107 $\mu\text{S/cm}$, enquanto na série histórica foi de 71 $\mu\text{S/cm}$. Nos anos de 2020 e 2022 foram observadas medianas de 69 $\mu\text{S/cm}$ e 73 $\mu\text{S/cm}$, portanto, próximo ao observado antes do desastre. No período chuvoso observou-se elevação das condutividades nos primeiros 45 dias, quando foi observada mediana igual a 108 $\mu\text{S/cm}$ (na série histórica foi de 67 $\mu\text{S/cm}$). Em 2016 e 2017 foram observadas condutividades acima da série histórica, com medianas iguais a 71 $\mu\text{S/cm}$ e 78 $\mu\text{S/cm}$. Nos anos seguintes as medianas ficaram entre 58 $\mu\text{S/cm}$ e 69 $\mu\text{S/cm}$, portanto próximo ao observado antes do rompimento.

Figura 13 – Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica in loco no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 1



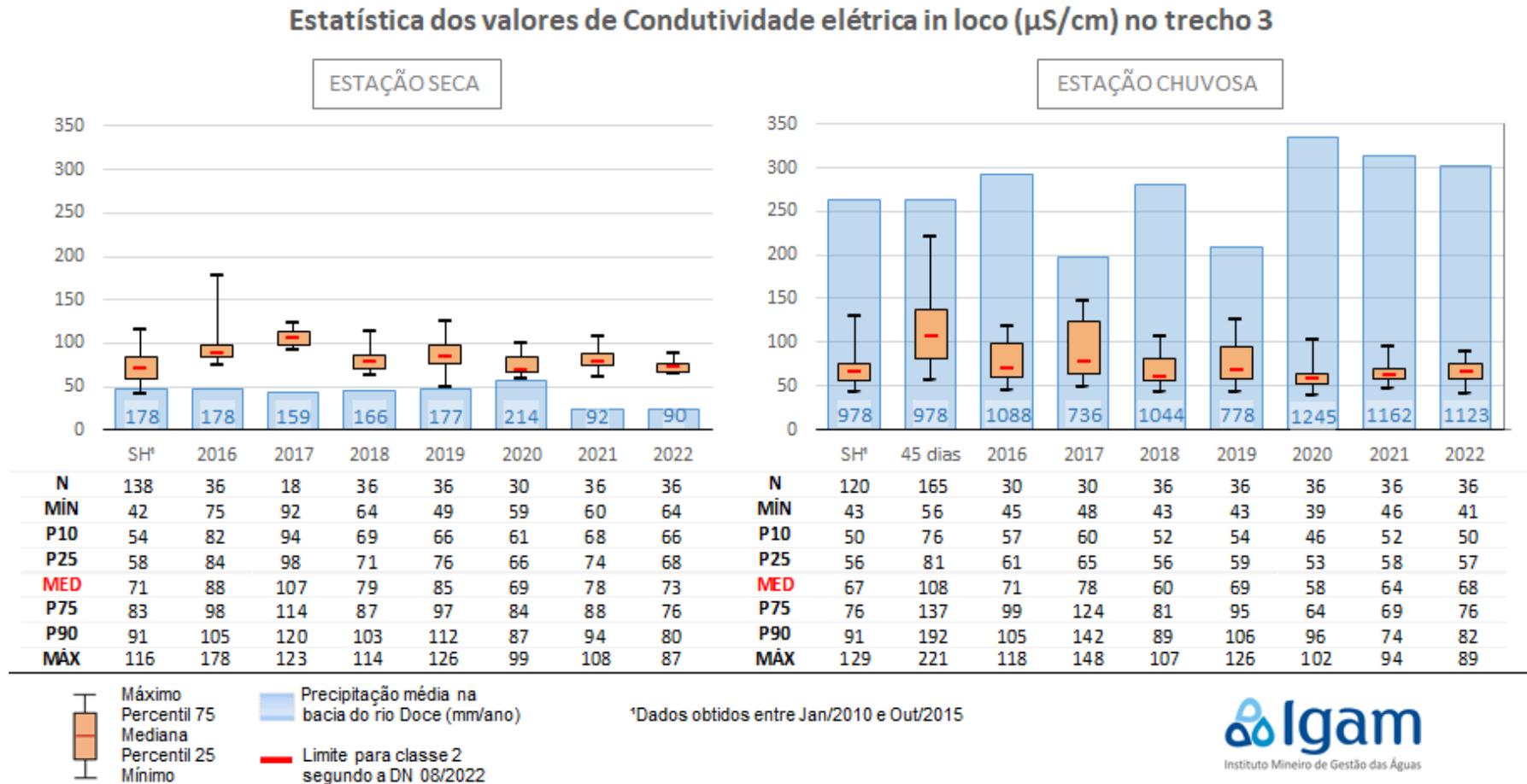
Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 14 – Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica in loco no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 2



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 15 – Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica in loco no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 3



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

4.1.4 Ferro dissolvido

Na Figura 16 é apresentada a análise estatística dos resultados de ferro dissolvido, considerando todos os trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Observa-se uma abrupta elevação dos teores de ferro dissolvido nos primeiros 45 dias após o rompimento, sendo o máximo valor observado igual a 32,23 mg/L, ou seja, mais de 100 vezes a concentração máxima para rios classe 2.

Na estação seca de 2016 observou-se elevação das concentrações em relação à série histórica, no entanto sem que fosse registrado qualquer resultado acima do limite (0,3 mg/L). Nesse ano a mediana foi de 0,170 mg/L, enquanto na série histórica foi 0,117 mg/L. Já em 2017 os resultados apresentaram-se próximos ao observado antes do desastre, estando pelo menos 90% destes em conformidade com a deliberação. Entre 2018 e 2022 a mediana destas concentrações variou entre 0,174 mg/L e 0,287 mg/L. Ressalta-se ainda, que nos anos 2018 em 2020 e 2022 foram registradas no mínimo 25% de amostras em desconformidade com a referência normativa, conforme os percentis 75 desses anos iguais a 0,325 mg/L, 0,357 mg/L e 0,300 mg/L, respectivamente. Em 2019 e 2021 os percentis 90 foram iguais a 0,380 mg/L e 0,318 mg/L, respectivamente, representando pelo menos 10% de amostras com concentrações de ferro dissolvido acima do padrão normativo. Comparativamente à série histórica seca pode-se afirmar que os resultados de 2017 são semelhantes ao observado antes do rompimento. Entretanto, em todos os demais períodos secos em estudo a estatística descritiva apontou maiores concentrações de ferro dissolvido após o desastre.

Na estação chuvosa foi constatada abrupta elevação dos teores de ferro dissolvido a partir do rompimento. Enquanto na série histórica a mediana dos períodos chuvosos foi 0,140 mg/L neste período a mediana foi 1,120 mg/L. Entre 2016 e 2022 foi observada gradativa elevação das concentrações de ferro dissolvido, com medianas variando entre 0,177 mg/L e 0,381 mg/L. Essa elevação se reflete no aumento dos percentuais de desconformidade com o padrão normativo ao longo de cada período chuvoso. Em 2016 e 2017 no mínimo 10% das amostras apresentaram desconformidade com deliberação, conforme apontam os percentis 90 iguais a 0,326 mg/L e 0,319 mg/L, respectivamente. Já em 2018 e 2019 ao menos 25% dos resultados mostraram-se desconformes com o limite de classe, tal como expresso pelos percentis 75 iguais a 0,377 mg/L e 0,492 mg/L. Por fim, nos anos de 2020, 2021 e 2022 mais da metade dos resultados estiveram

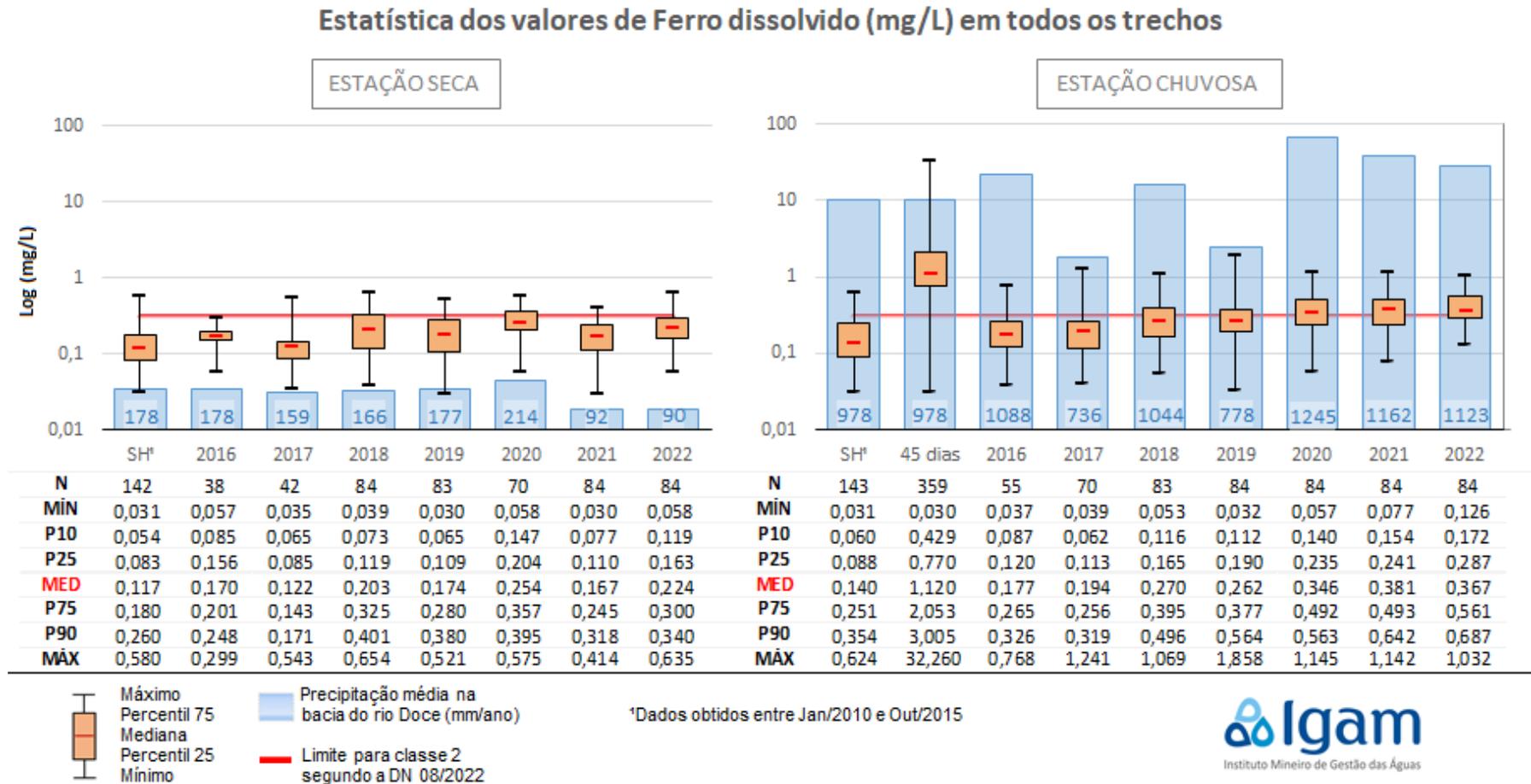
acima do limite, visto que as medianas desses três anos foram 0,346 mg/L, 0,381 mg/L e 0,367mg/L, respectivamente.

Em comparação com os resultados da série histórica chuvosa pode-se afirmar que todos os períodos em estudo apontaram maiores concentrações de ferro dissolvido após o rompimento da barragem de Fundão.

Apesar de o ferro ser um dos principais constituintes do material proveniente do rejeito extravasado, os óxidos e hidróxidos de ferro possuem produtos de solubilidade (Kps) extremamente baixos. O produto de solubilidade é uma constante de equilíbrio que relaciona um soluto pouco solúvel e seus íons em solução, e na prática é a capacidade de um sólido se dissolver na água. Assim espera-se que a maior parte do ferro esteja associado ao particulado na forma de ferro total, e não na forma dissolvida como prevê a deliberação normativa. Desta forma, estima-se que as menores magnitudes de impacto observadas nos primeiros anos seguintes ao desastre estejam relacionadas com esta baixa solubilidade do ferro.

Entretanto, o incremento de ferro dissolvido registrado nos últimos anos (especialmente nos períodos chuvosos), pode ser um indício que a presença do rejeito na calha e nas margens dos corpos de água afetados está se comportando como uma fonte contínua de ferro e outros elementos para a coluna d'água, provocando elevação dos teores ao longo dos anos. Portanto, é imprescindível o acompanhamento contínuo para avaliar a alteração nos resultados.

Figura 16 – Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando todos os trechos diretamente impactados na bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

As Figuras 17 a 19 apresentadas a seguir retratam a análise estatística dos resultados de ferro dissolvido, considerando cada um dos três trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente.

No trecho 1 observou-se que nas estações secas de 2016 e 2017, assim como na série histórica, não ocorreram amostras com concentrações acima da referência normativa. Em 2018 houve desconformidade com o padrão em menos de 10% dos resultados, conforme indica o percentil 90 da estação seca deste ano igual a 0,292 mg/L. Em 2019, 2020 e 2022 houve no mínimo 25% de desconformidade, tal como indicam os percentis 75 destes anos iguais a 0,301 mg/L, 0,345 mg/L e 0,323 mg/L, respectivamente. Em 2021 esse percentual de desconformidade foi superior a 10% (Percentil 90 igual a 0,315 mg/L). Comparativamente, somente no ano de 2017 foram observadas concentrações inferiores àquelas registradas antes do rompimento. Todos os demais períodos secos em estudo apresentaram concentrações de ferro dissolvido acima daquelas observadas antes do rompimento.

Em relação à estação chuvosa observa-se expressivo aumento nas concentrações de ferro dissolvido nos primeiros 45 dias após o desastre, quando a mediana foi igual a 0,951 mg/L. Durante a série histórica esse indicador foi igual a 0,144 mg/L para as estações do trecho 1. Em 2016 as concentrações seguiram acima do observado na série histórica chuvosa, no entanto sem que fosse observada qualquer violação do padrão normativo. De 2017 em diante observou-se, assim como nos períodos secos, gradativa elevação dos teores, representada pela elevação dos percentuais de desconformidade com o limite normativo. Em 2017 e 2018 ao menos 10% das amostras estiveram desconformes, tal como expressam os percentis 90 destes anos iguais a 0,311 mg/L e 0,460 mg/L, respectivamente. Em 2019, 2020 e 2021 ao menos 25% das amostras indicaram concentrações de ferro dissolvido acima do padrão, conforme sugerem os percentis 75 destes anos iguais a 0,359 mg/L, 0,326 mg/L e 0,438 mg/L, respectivamente. Já no ano de 2022, mais da metade dos resultados apontaram desconformidade, visto que a mediana do período chuvoso desse ano foi de 0,343 mg/L. Comparativamente, nenhum dos períodos chuvosos aqui avaliados apresentou concentrações próximas aquelas observadas antes do rompimento da barragem de Fundão.

No trecho 2, durante as estações secas, não houve resultados menores ou próximos às concentrações observadas na série histórica. Enquanto a mediana da série histórica foi de 0,108 mg/L, esta variou entre 0,142 mg/L e 0,302 mg/L nos períodos de estiagem dos anos pós-rompimento. Comparativamente ao limite de classe preconizado pela deliberação normativa

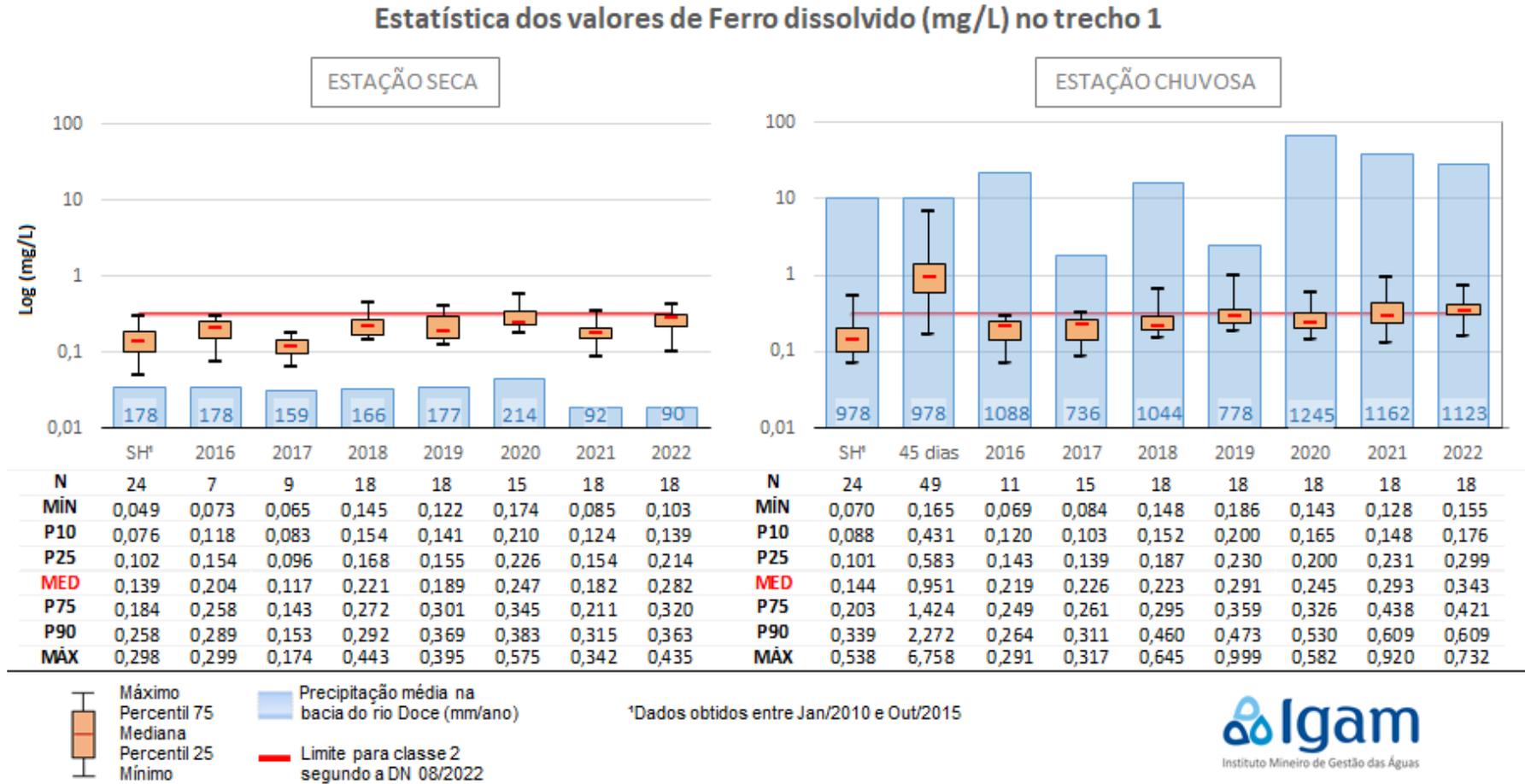
pode-se afirmar que em 2016 não foram registradas desconformidades. Em 2017 pelo menos 90% dos resultados estavam em conformidade, visto que o percentil 90 da estação seca deste ano foi 0,200 mg/L. Em 2018, 2019 e 2021 pelo menos 75% dos resultados atenderam ao padrão normativo, tal como indicam os percentis 75 desses anos iguais a 0,284 mg/L, 0,277 mg/L e 0,283 mg/L, respectivamente. Em 2020 e 2022 os percentis 75 foram 0,365 mg/L e 0,301 mg/L, sugerindo um percentual de desconformidade com o padrão superior a 25%.

Considerando os períodos chuvosos observa-se abrupta elevação das concentrações de ferro dissolvido nos primeiros 45 dias. Enquanto na série histórica a mediana foi de 0,137 mg/L no trecho 2, na série emergencial esse indicador mediu 1,276 mg/L. Em 2016 e 2017 observou-se no mínimo 10% de resultados desconformes, visto que o percentil 90 desses anos foi de 0,325 mg/L e 0,382 mg/L. Em 2018, 2019 e 2021 ao menos 25% das amostras estiveram desconformes com o padrão normativo, tal como retratam os percentis 75 iguais a 0,338 mg/L, 0,426 mg/L e 0,430 mg/L, respectivamente. Já nos anos de 2020 e 2022 as medianas apontaram concentrações iguais a 0,332 mg/L e 0,371 mg/L, respectivamente, representando no mínimo 50% de amostras fora do padrão. Comparativamente aos dados pré-rompimento somente o período chuvoso de 2016 apresenta semelhança. Todos os demais períodos indicaram concentrações superiores àquelas observadas antes do rompimento da barragem de Fundão.

No trecho 3 observa-se que entre 2016 e 2022 (exceto 2017) a mediana dos resultados relativos à estação seca variou entre 0,125 mg/L e 0,229 mg/L, enquanto na série histórica este indicador apontou 0,109 mg/L. Já no ano de 2017 as concentrações registradas foram menores que aquelas observadas durante a série histórica, ao contrário dos demais anos após o desastre. Comparados ao limite normativo pode-se afirmar que nenhuma amostra de 2016 teve concentração superior ao padrão e ao menos 90% dos resultados de 2017 (percentil 90 igual a 0,149 mg/L) esteve em conformidade. Em 2018 e 2020 ao menos 25% dos resultados indicaram concentrações de ferro dissolvido acima do padrão, conforme apontam os percentis 75 desses anos iguais a 0,367 mg/L e 0,352 mg/L, respectivamente. Ainda em relação ao período seco os percentis 90 de 2019, 2021 e 2022 foram iguais a 0,353 mg/L, 0,358 mg/L e 0,311 mg/L, indicando que nesses três anos ao menos 10% estiveram desconformes. Por outro lado, durante a estação chuvosa não foram observados resultados próximos ou inferiores aos obtidos antes do rompimento da barragem de Fundão, no trecho 3. Nos primeiros 45 dias após a tragédia a mediana dos resultados indicaram concentração de ferro dissolvido igual a 1,12 mg/L, portanto superior ao observado na série histórica (0,141 mg/L). Entre 2016 e 2022 vem sendo observada gradativa elevação dos teores de ferro dissolvido, tal como nos demais trechos em estudo. Neste período

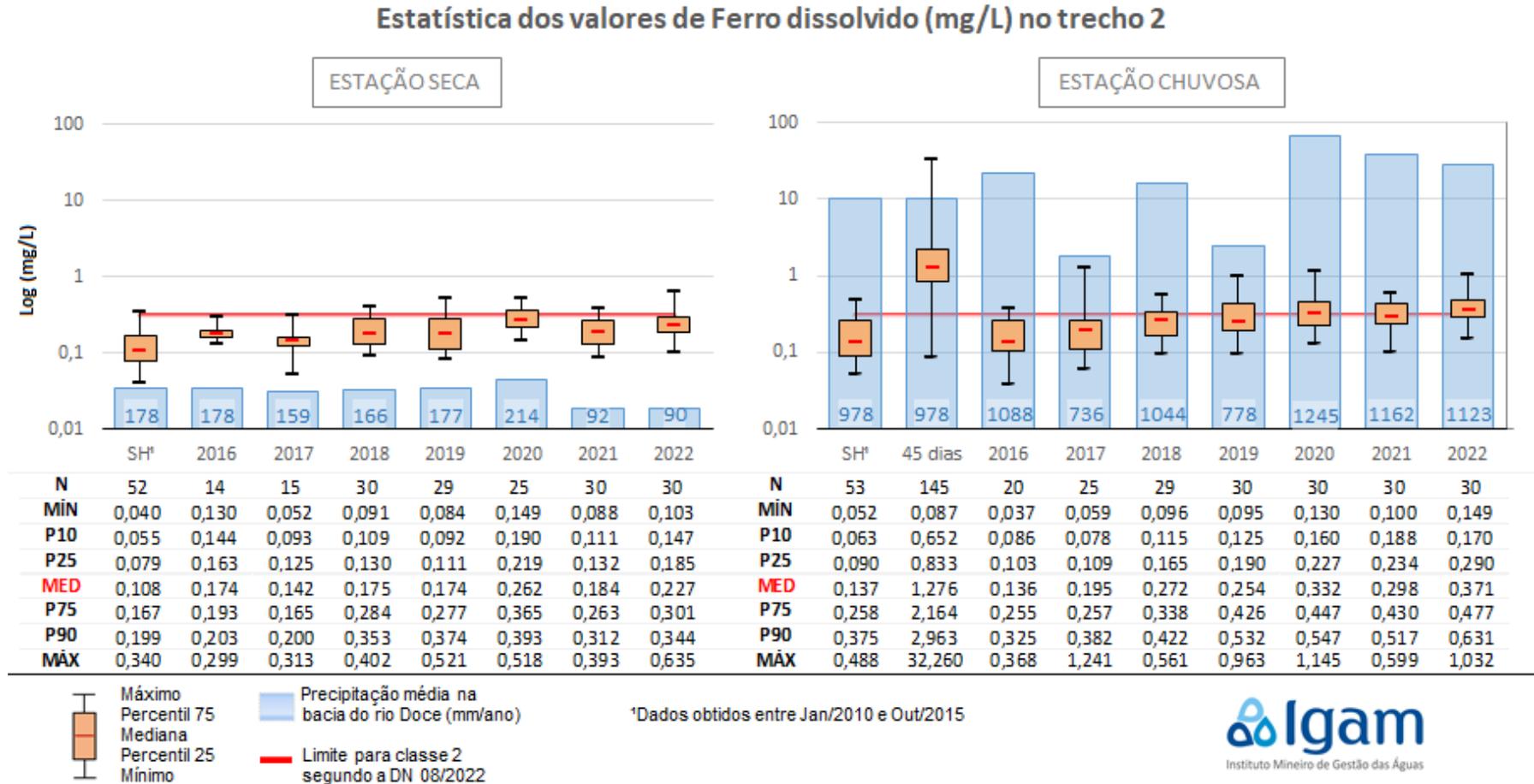
a mediana das concentrações deste parâmetro variaram entre 0,182 mg/L e 0,464 mg/L. Em 2016 e 2017 os percentis 90 foram 0,401 mg/L e 0,306 mg/L, respectivamente, indicando no mínimo 10% de desconformidade com o padrão. Em 2018 e 2019 os percentis 75 foram 0,436 mg/L e 0,353 mg/L, respectivamente, sugerindo que mais de 25% dos resultados desses anos apresentaram concentrações acima do recomendado. Em 2020 e em 2022 mais da metade dos resultados apontaram desconformidade, tal como representado pelas medianas iguais a 0,433 mg/L e 0,369 mg/L. Por fim, no ano de 2021 pelo menos 75% dos resultados continham teores de ferro dissolvido acima do limite normativo, conforme expresso pelo percentil 25 igual a 0,344 mg/L.

Figura 17 – Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 1



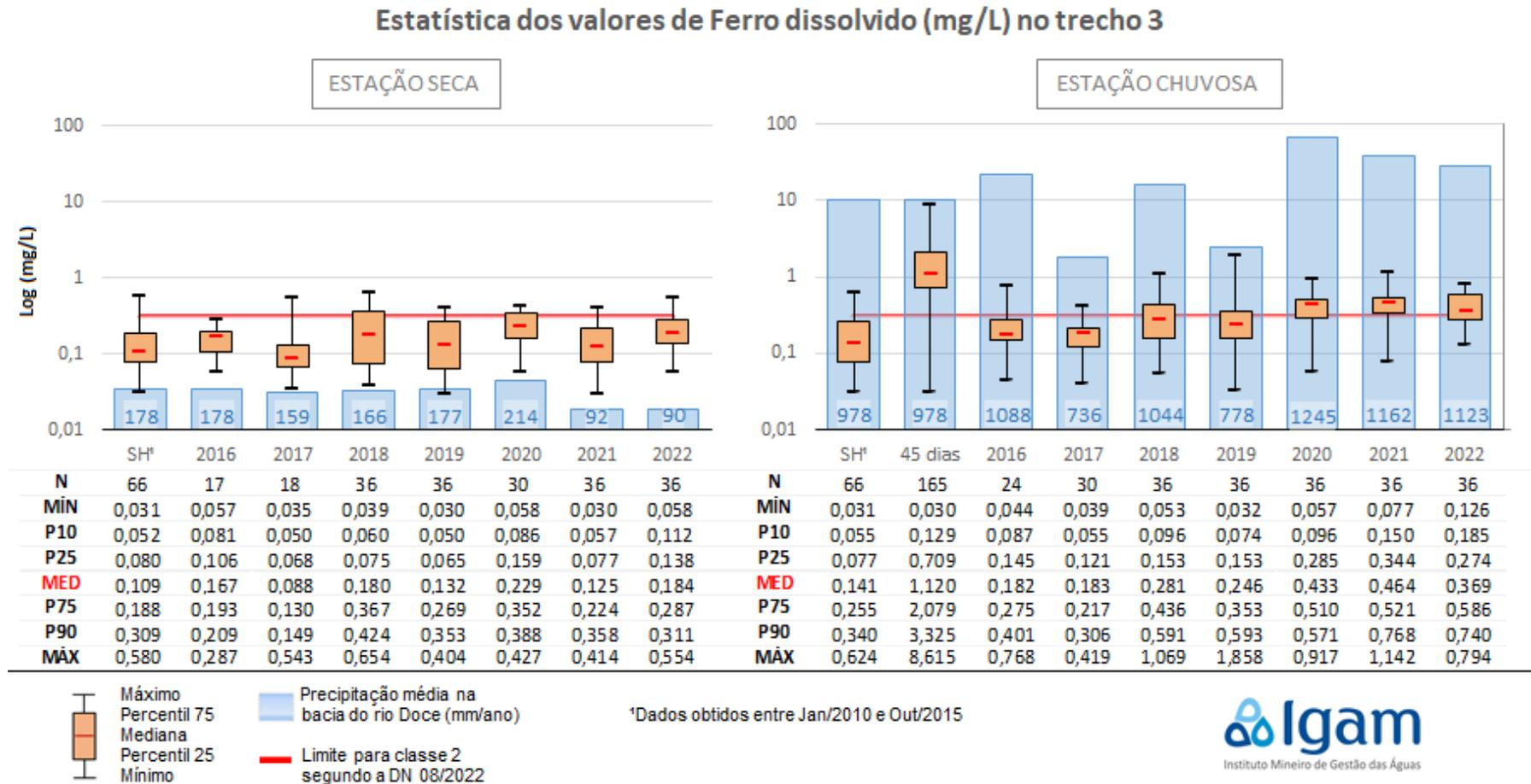
Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 18 – Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 2



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 19 – Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 3



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

4.1.5 Manganês total

Na Figura 20 é apresentada a análise estatística dos resultados de manganês total, considerando todos os trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente. Observa-se abrupta elevação dos teores de manganês logo após o rompimento da barragem de Fundão, quando a máxima concentração observada foi de 936 mg/L, ou seja, 9360 vezes o limite normativo. O manganês está diretamente relacionado às atividades de mineração, sendo essencial para o entendimento do impacto do rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da Samarco.

Nos anos seguintes nota-se comportamento semelhante ao dos parâmetros turbidez e sólidos em suspensão totais: gradativa redução dos teores de manganês total entre 2016 e 2019. Entre 2020 e 2022 observam-se resultados com pouca variação entre as estações secas, além de valores ainda expressivamente superiores à série histórica.

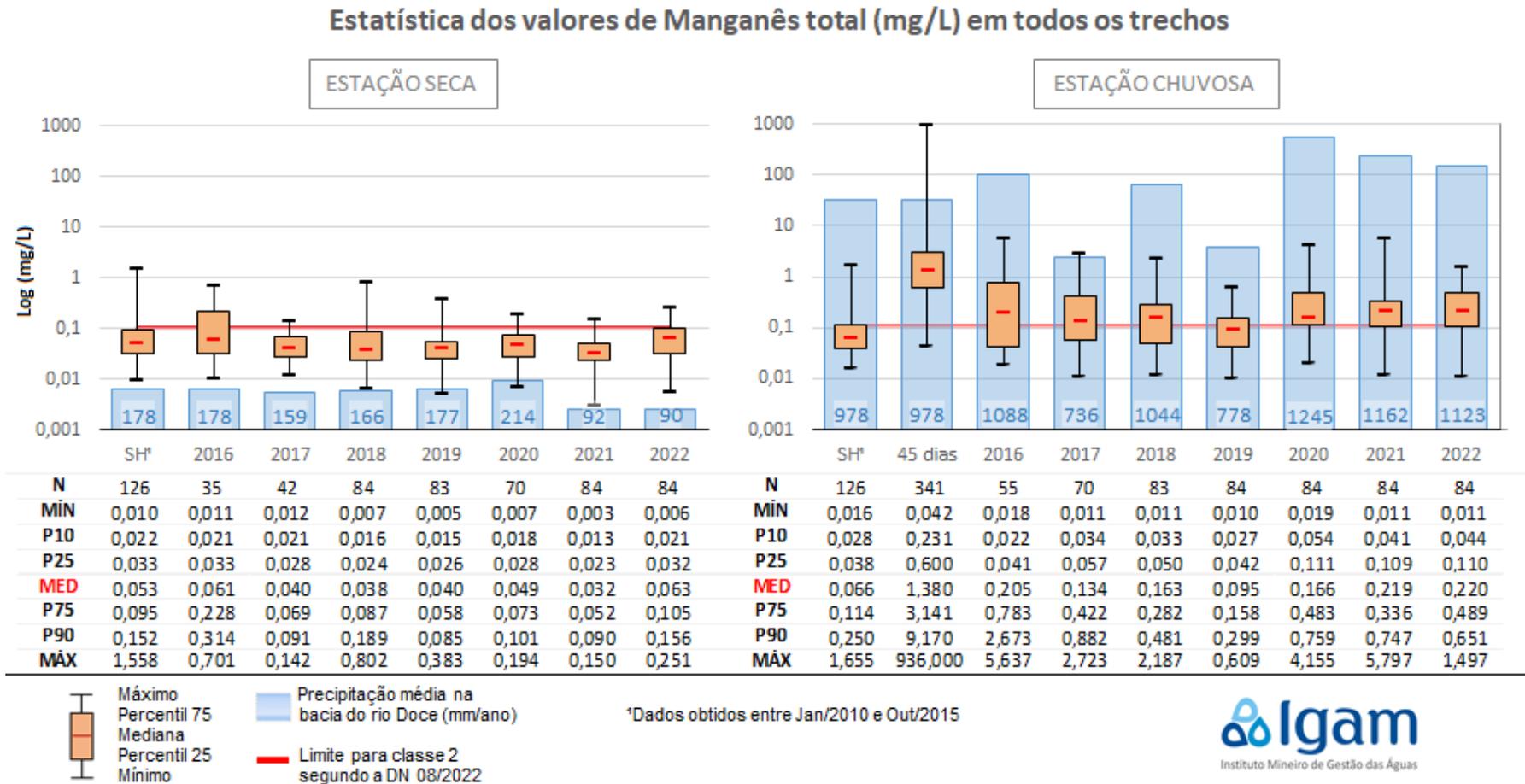
Durante a estação seca observa-se que a maior parte dos resultados apontaram concentrações inferiores ao limite normativo, tal como representado pelos percentis 75. A exceção dos anos 2016 e 2022, todos os percentis 75 foram inferiores a 0,1 mg/L, ou seja, entre 2017 e 2021 todos os períodos de estiagem contaram com no mínimo 75% de conformidade com o preconizado na referência normativa. Em 2016 e 2022 esses percentis foram 0,228 mg/L e 0,105 mg/L. Essa condição se repete quando comparamos os resultados pós-rompimento da barragem de fundão com os dados da série histórica. Entre 2017 e 2021 a maior parte dos indicadores estatísticos apontou resultados abaixo daqueles observado na série histórica, tal como representado pelas medianas das estações secas. Enquanto na série histórica a mediana foi de 0,053 mg/L, entre 2017 e 2021 variou entre 0,034 mg/L e 0,048 mg/L.

Por outro lado, durante as estações chuvosas a maior parte dos resultados obtidos após o rompimento indicou desconformidade com o limite. Entre 2016 e 2022, somente a mediana das concentrações de manganês total relativa ao ano de 2019, foi inferior à referência normativa. Isso quer dizer que em todos os demais períodos mais da metade dos resultados estavam em desconformidade. Exceto para o ano de 2019, as medianas observadas entre 2016 e 2022 variaram entre 0,134 mg/L e 0,220 mg/L. Observa-se ainda que de 2020 a 2022 os percentis 25 dos períodos chuvosos foram 0,111mg/L, 0,109 mg/L e 0,110 mg/L, respectivamente, superando o limite normativo. Isso indica que nestes três anos mais de 75% das amostras continham concentrações de manganês total acima do desejado. Comparados aos resultados

obtidos antes do rompimento da barragem de Fundão pode-se afirmar que houve incremento nas concentrações de manganês total em todos os anos posteriores ao desastre. Enquanto na série histórica a mediana do período chuvoso foi 0,066 mg/L, em 2019, ano com menor mediana do período pós rompimento, essa concentração foi de 0,095 mg/L.

Conclui-se que as variações de concentração do parâmetro manganês total, após sete anos do desastre, permanece fortemente influenciada pelos rejeitos da barragem de Fundão, especialmente durante os eventos de maior pluviometria, visto que há grande diferença dos percentis obtidos para cada estação climática. Além disto, durante os períodos chuvosos todos os percentis avaliados foram superiores ao registrado na série histórica do monitoramento do Igam, no período pré-rompimento.

Figura 20 – Análise estatística dos resultados de manganês total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando todos os trechos diretamente impactados na bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

As Figuras 21 a 23 apresentadas a seguir retratam a análise estatística dos resultados de manganês total, considerando cada um dos três trechos em estudo, para os nove períodos descritos anteriormente.

Considerando as estações localizadas no trecho 1, observa-se este foi o mais fortemente impactado pelo rompimento da barragem de Fundão. Nos primeiros 45 dias após o desastre a mediana observada foi de 3,565 mg/L, enquanto na série histórica este indicador resultou em 0,105 mg/L. Durante os períodos de estiagem foram observados diferentes percentuais de desconformidade com a norma. Em 2016 (percentil 25 igual a 0,132 mg/L) mais de 75% das amostras estavam desconformes. Em 2018, 2019 e 2022 os percentis 75 foram 0,140 mg/L, 0,109 mg/L e 0,106 mg/L, indicando ao menos 25% de desconformidade. Em 2017 e 2020 menos de 10% dos resultados apresentaram concentração de manganês acima do limite (percentis 90 iguais a 0,078 mg/L e 0,087 mg/L, respectivamente). Em 2021 ao menos 10% das amostras indicaram desconformidade, visto que nesse ano o percentil 90 foi igual a 0,109 mg/L. Comparativamente foram observados resultados semelhantes e até menores que os da série histórica, entre 2017 e 2022, mas concentrações mais elevadas em 2016. Entretanto, com base nos resultados da estação chuvosa, observa-se a magnitude dos impactos sobre os recursos hídricos atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão. Exceto no ano de 2019, todos os demais períodos chuvosos apresentaram percentis 25 acima de 0,100 mg/L. Portanto, entre 2016 e 2018, e entre 2020 e 2022, mais de 75% das amostras coletadas indicaram concentrações de manganês total acima do desejado. Em 2019 a mediana foi 0,145 mg/L, apontando ao menos 50% de resultados em desconformidade. Comparativamente à série histórica, todos os períodos chuvosos analisados indicaram concentrações mais elevadas após o rompimento.

No trecho 2, considerando as coletas referentes à estação seca, os melhores resultados foram obtidos em 2017, 2019, 2020 e 2021, quando foram observados percentis 75 entre 0,066 mg/L e 0,099 mg/L. Assim ao menos 75% das amostras coletadas nestes anos atenderam ao padrão normativo. Em 2018 a mediana dos resultados da estação seca foi 0,064 mg/L, representando no mínimo 50% de conformidade com a norma. Já em 2016 foi observado percentil 25 igual a 0,121 mg/L, sugerindo 75% das amostras com concentrações de manganês total acima do limite normativo. Em 2022, 25% das amostras estiveram em desconformidade com o estabelecido na deliberação. Comparativamente à série histórica observou-se resultados semelhantes àqueles obtidos antes do desastre entre 2017 e 2021. Em 2016 e 2022 as concentrações de manganês superaram as obtidas antes do rompimento. Em contraponto, durante a estação chuvosa a maior parte das amostras coletadas esteve em desconformidade. Nos anos de 2016, 2018, 2020, 2021

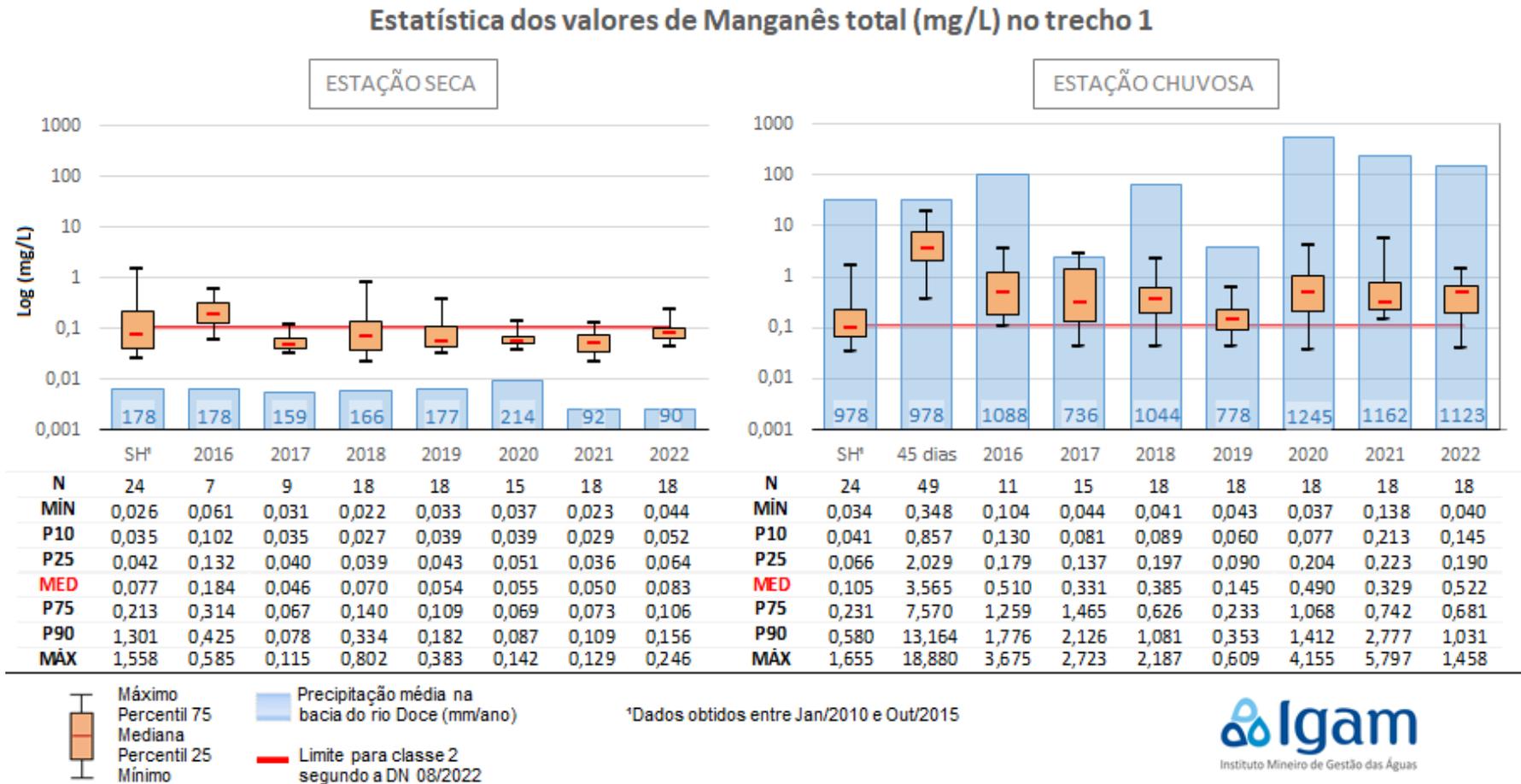
e 2022 os percentis 25 foram sempre superiores a 0,144 mg/L. Ou seja, nestes períodos chuvosos mais de 75% das amostras coletadas indicaram desconformidade com o limite normativo. Nos anos de 2017 e 2019, os de menor intensidade pluviométrica de todo o período pós desastre, mais da metade dos resultados apresentaram desconformidade, conforme medianas iguais a 0,174 mg/L e 0,119 mg/L, respectivamente. Comparando estes resultados com a série histórica conclui-se que, no trecho 2, todos os períodos chuvosos analisados apresentaram concentrações superiores às observadas antes do rompimento da barragem de Fundão. Além disso, analisando os resultados da série emergencial, observa-se que esse foi o trecho que apresentou a maior concentração de manganês total (936 mg/L), considerando todos os trechos e períodos amostrados. Nesses primeiros 45 dias após o desastre a mediana foi 2,110 mg/L, valor inferior ao observado no trecho 1, mas ainda 211 vezes maior que o limite normativo.

No trecho 3 observa-se que a maior parte dos resultados obtidos durante a estação seca atenderam ao limite normativo. O maior percentil 90 calculado foi 0,073 mg/L, concentração inferior a 0,1 mg/L, limite preconizado pela deliberação. Assim, pode-se afirmar que em todos os períodos de estiagem analisados houve no mínimo 90% dos resultados em conformidade com o desejado. Além disso, nos anos de 2016, 2017, 2019 e 2021 não foi observada qualquer amostra fora do padrão. Comparativamente à série histórica foram observados resultados semelhantes e até concentrações inferiores entre os anos de 2016 e 2022. Por outro lado, estes bons resultados não se repetem quando analisamos as estações chuvosas. Durante as épocas de chuva o menor percentil 75 encontrado foi 0,102 mg/L, em 2019. Conclui-se que pelo menos 25% das amostras coletadas, considerando cada um dos períodos chuvosos pós-rompimento, indicaram desconformidade com a deliberação normativa. Entre 2020 e 2022 mais da metade das amostras superou o limite, tal como representado pelas medianas iguais a 0,141 mg/L, 0,111 mg/L e 0,125 mg/L, respectivamente. Comparados aos resultados da série histórica, somente o ano de 2019, entre todos os períodos analisados apresentou resultados semelhantes (ligeiramente superiores). Em todos os demais períodos os indicadores estatísticos apontaram concentrações de manganês total acima daquelas observadas antes do rompimento da barragem de Fundão.

Assim como a análise geral, a avaliação por trechos, indica forte influência das chuvas nas concentrações de manganês total. Além disso, observam-se maiores magnitudes de impacto sobre os recursos hídricos nos trechos mais próximos ao local do desastre. Assim, foram

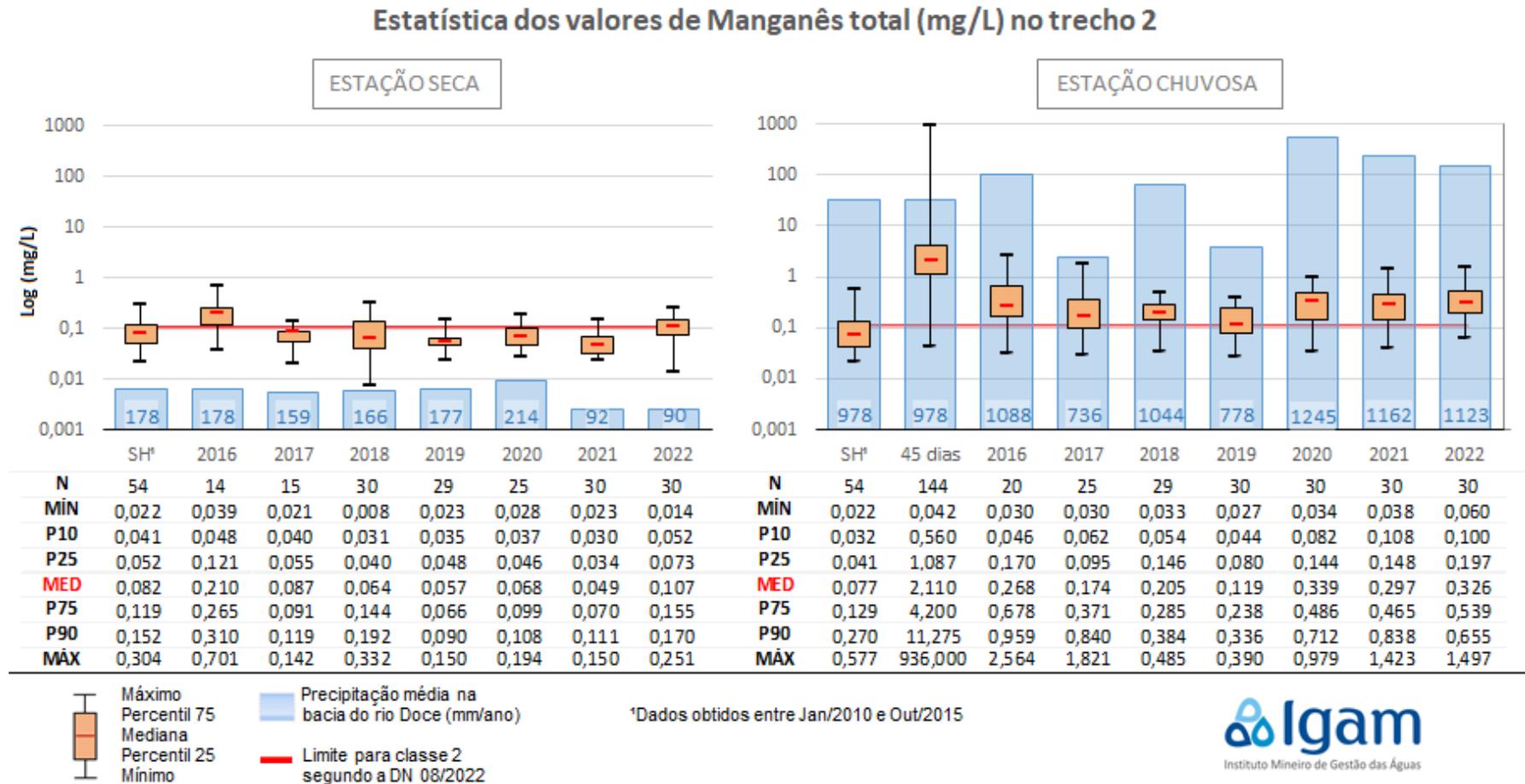
observados maiores teores de manganês no trecho 1, seguido do trecho 2 e menores concentrações observadas no trecho 3.

Figura 21 – Análise estatística dos resultados de manganês total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 1



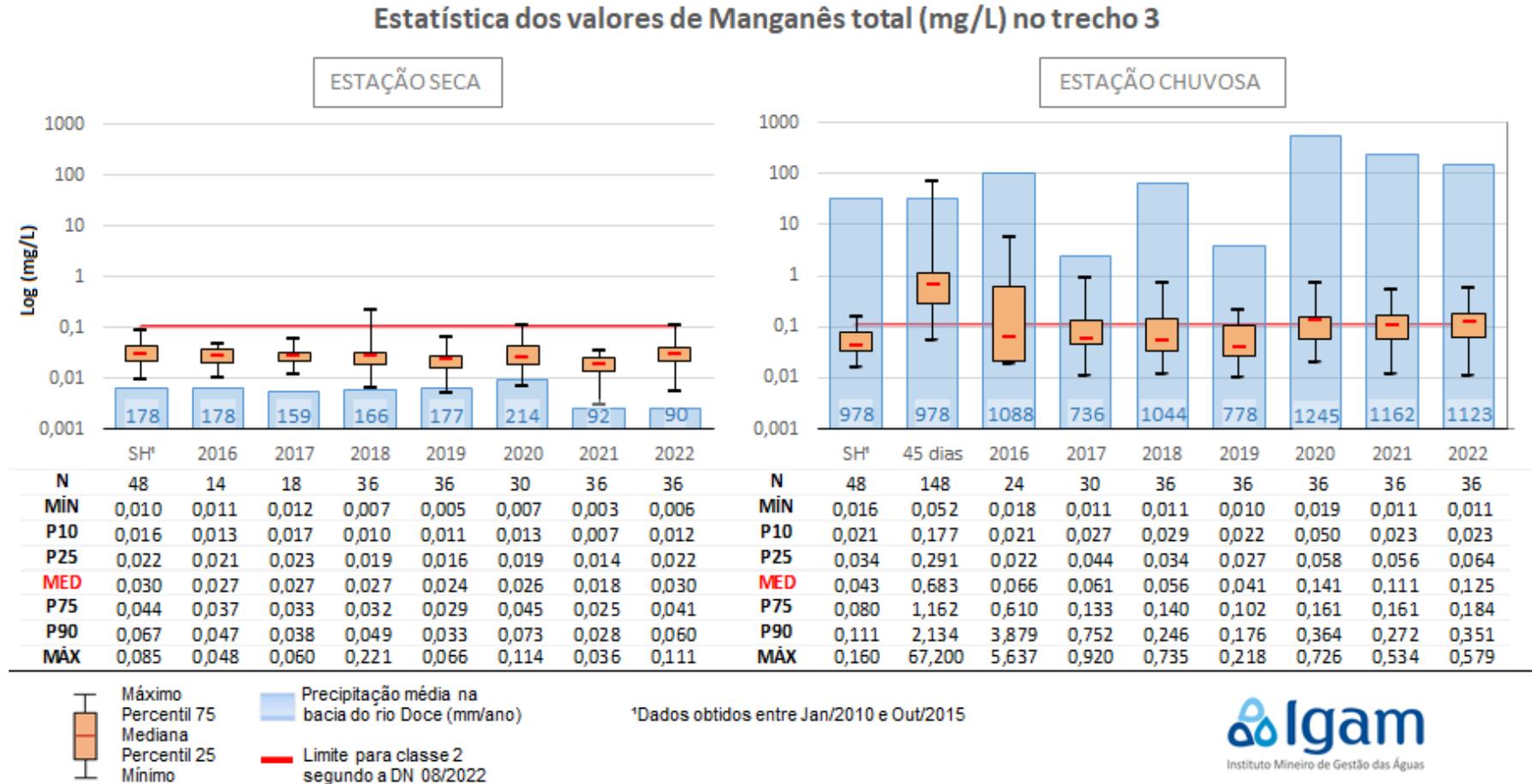
Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 22 – Análise estatística dos resultados de manganês total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 2



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

Figura 23 – Análise estatística dos resultados de manganês total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, considerando as estações localizadas no trecho 3



Fonte: elaborado pelos autores (2022)

4.1.6 Arsênio total e demais metais

Os dados de arsênio total e dos metais alumínio dissolvido, cádmio total, cobre total, cromo total, níquel total e zinco total apresentaram baixa variabilidade, além de grande parte dos resultados apontarem concentrações menores ou iguais (\leq) ao limite de quantificação¹ do método analítico (nestes casos as concentrações foram consideradas iguais ao limite). Com isso, optou-se por alterar a forma de apresentação dos resultados, passando a serem expressos na forma de gráficos de máximas concentrações anuais e de tabelas contendo medianas e valores máximos (também anuais), obtidos em cada estação de amostragem, durante a série histórica pré-rompimento, nos primeiros 45 dias após o rompimento e nos anos de 2016 a 2022. Ressalta-se que esta edição do Encarte do rio Doce não mais trata do parâmetro mercúrio total. Uma vez que os resultados deste parâmetro são iguais ao limite de quantificação em todas as estações de amostragem desde 2017, julgou-se desnecessária a análise dos resultados desse metal.

¹ Limite de quantificação é a menor quantidade ou concentração do parâmetro, que pode ser determinada pelo método de análise empregado.

4.1.6.1 Alumínio dissolvido

Na tabela 4 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de alumínio dissolvido, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Ressalta-se que visando melhorar a sensibilidade do método analítico para o alumínio dissolvido, a partir do 2º semestre de 2017 houve mudança do limite de detecção do método analítico desse parâmetro, reduzindo-se de 0,1mg/L para 0,02 mg/L. Na Figura 24 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de alumínio dissolvido no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre sugere que boa parte desses valores superaram o limite normativo. Observa-se que mesmo antes do rompimento as máximas concentrações de alumínio dissolvido usualmente excediam este normativo. Destacam-se os resultados da série emergencial (45 dias após o desastre), quando todas as medianas, e conseqüentemente valores máximos, superaram o limite normativo. Além disso, os resultados sugerem que o ano de 2020 foi o mais crítico para as concentrações de alumínio dissolvido. Nesse ano, todos os valores máximos observados superaram o padrão normativo. Também em 2020, somente a estação RD033 indicou máxima concentração deste metal abaixo da máxima observada antes do rompimento.

A análise das medianas das concentrações de alumínio dissolvido reforça o ano de 2020 como sendo o de piores resultados. Nesse ano, 7 das 14 estações de monitoramento apresentaram medianas superiores ao padrão normativo. Isso indica que em 2020, nesses sete pontos de monitoramento, foram observadas concentrações de alumínio dissolvido acima do preconizado pela deliberação em pelo menos a metade das amostras. Por outro lado, em 2016 e 2021 nenhuma das medianas obtidas superaram o limite preconizado na norma.

Tabela 4 – Análise estatística dos resultados de alumínio dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estação	Resultados de Alumínio dissolvido (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	<u>0,186</u>	<u>0,362</u>	0,100	<u>0,115</u>	0,068	<u>0,154</u>	0,042	0,087	0,053	0,086	0,044	0,111	0,020	0,079	0,034	<u>0,123</u>
RD071	0,100	<u>0,209</u>	<u>0,232</u>	<u>1,035</u>	0,100	<u>0,133</u>	0,071	<u>0,161</u>	0,053	<u>0,267</u>	0,054	0,092	0,049	<u>0,273</u>	0,026	<u>0,222</u>	0,033	<u>0,159</u>
RD072	0,100	<u>0,171</u>	<u>0,319</u>	<u>2,390</u>	0,100	<u>0,110</u>	0,073	<u>0,128</u>	0,069	<u>0,139</u>	0,066	<u>0,290</u>	0,085	<u>0,257</u>	0,045	<u>0,200</u>	0,076	<u>0,229</u>
RD019	0,100	<u>0,304</u>	<u>0,387</u>	<u>2,896</u>	0,100	0,100	0,100	<u>0,271</u>	0,064	<u>0,289</u>	0,064	<u>0,116</u>	0,058	<u>0,344</u>	0,043	<u>0,188</u>	0,068	<u>0,250</u>
RD023	0,100	<u>0,243</u>	<u>0,471</u>	<u>23,200</u>	0,100	<u>0,154</u>	0,075	<u>1,516</u>	0,051	<u>0,114</u>	0,067	<u>0,146</u>	0,083	<u>0,422</u>	0,049	<u>0,227</u>	0,062	<u>0,189</u>
RD035	0,100	<u>0,183</u>	<u>0,557</u>	<u>11,000</u>	0,100	<u>0,158</u>	0,071	<u>0,820</u>	0,075	<u>0,276</u>	0,074	<u>0,193</u>	0,078	<u>0,260</u>	0,068	<u>0,191</u>	0,061	<u>0,260</u>
RD033	0,100	<u>0,240</u>	<u>0,485</u>	<u>32,200</u>	0,100	0,100	0,072	<u>0,191</u>	0,082	<u>0,259</u>	0,083	<u>0,335</u>	<u>0,118</u>	<u>0,194</u>	0,058	<u>0,169</u>	0,083	<u>0,209</u>
RD083	0,100	<u>0,127</u>	<u>0,432</u>	<u>2,526</u>	0,100	<u>0,140</u>	0,079	<u>0,133</u>	0,082	<u>0,106</u>	0,082	<u>0,278</u>	<u>0,107</u>	<u>0,246</u>	0,054	<u>0,203</u>	0,088	<u>0,297</u>
RD044	0,100	<u>0,157</u>	<u>0,498</u>	<u>3,268</u>	0,100	<u>0,112</u>	0,097	<u>0,174</u>	0,099	<u>0,174</u>	<u>0,104</u>	<u>0,257</u>	0,092	<u>0,211</u>	0,067	<u>0,204</u>	0,077	<u>0,408</u>
RD045	0,100	<u>0,219</u>	<u>0,510</u>	<u>8,090</u>	0,100	<u>0,139</u>	0,083	<u>0,177</u>	0,090	<u>0,315</u>	<u>0,108</u>	<u>0,221</u>	<u>0,111</u>	<u>0,323</u>	0,077	<u>0,176</u>	0,065	<u>0,148</u>
RD053	0,100	<u>0,181</u>	<u>0,657</u>	<u>8,250</u>	0,100	<u>0,557</u>	<u>0,107</u>	<u>0,929</u>	<u>0,110</u>	<u>0,402</u>	0,083	<u>2,037</u>	<u>0,129</u>	<u>0,273</u>	0,055	<u>0,437</u>	<u>0,105</u>	<u>0,771</u>
RD058	0,100	<u>0,181</u>	<u>0,913</u>	<u>6,029</u>	0,100	<u>0,125</u>	0,098	<u>0,134</u>	0,092	<u>0,288</u>	0,085	<u>0,211</u>	<u>0,120</u>	<u>3,670</u>	0,067	<u>0,267</u>	<u>0,105</u>	<u>0,465</u>
RD059	0,100	<u>0,240</u>	<u>0,809</u>	<u>10,550</u>	0,100	<u>0,224</u>	0,076	<u>0,142</u>	0,095	<u>0,630</u>	0,090	<u>0,256</u>	<u>0,113</u>	<u>0,310</u>	0,065	<u>0,593</u>	<u>0,101</u>	<u>0,829</u>
RD067	0,100	<u>0,271</u>	<u>0,860</u>	<u>3,137</u>	0,100	<u>0,166</u>	0,062	<u>0,177</u>	<u>0,108</u>	<u>0,234</u>	0,096	<u>0,406</u>	<u>0,118</u>	<u>0,320</u>	0,070	<u>0,383</u>	0,100	<u>0,943</u>

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 24 – Valores máximos de alumínio dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Valores máximos anuais - alumínio dissolvido

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.2 Arsênio total

Na tabela 5 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de arsênio total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 25 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de arsênio total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre demonstram um pico nas concentrações logo após o rompimento, seguida de redução dessas concentrações entre 2016 e 2022. Observa-se que antes do rompimento as máximas concentrações de arsênio total usualmente encontravam-se abaixo do limite normativo. Neste período somente nas estações RD071 e RD072 foram observadas amostras com concentração superior ao limite definido para arsênio total. Em contraponto, os resultados da série emergencial (primeiros 45 dias após o desastre) indicaram concentrações superiores ao padrão em 8 das 14 estações monitoramento. Nos anos seguintes ao rompimento foram observadas amostras com concentração de arsênio total acima do preconizado somente nos anos de 2017, 2021 e 2022 (também nas estações RD071 e RD072). Comparativamente à série histórica o ano de 2020 foi o que apresentou piores resultados, quando 9 das 14 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima das máximas históricas, no entanto sem que fosse ultrapassado o limite normativo.

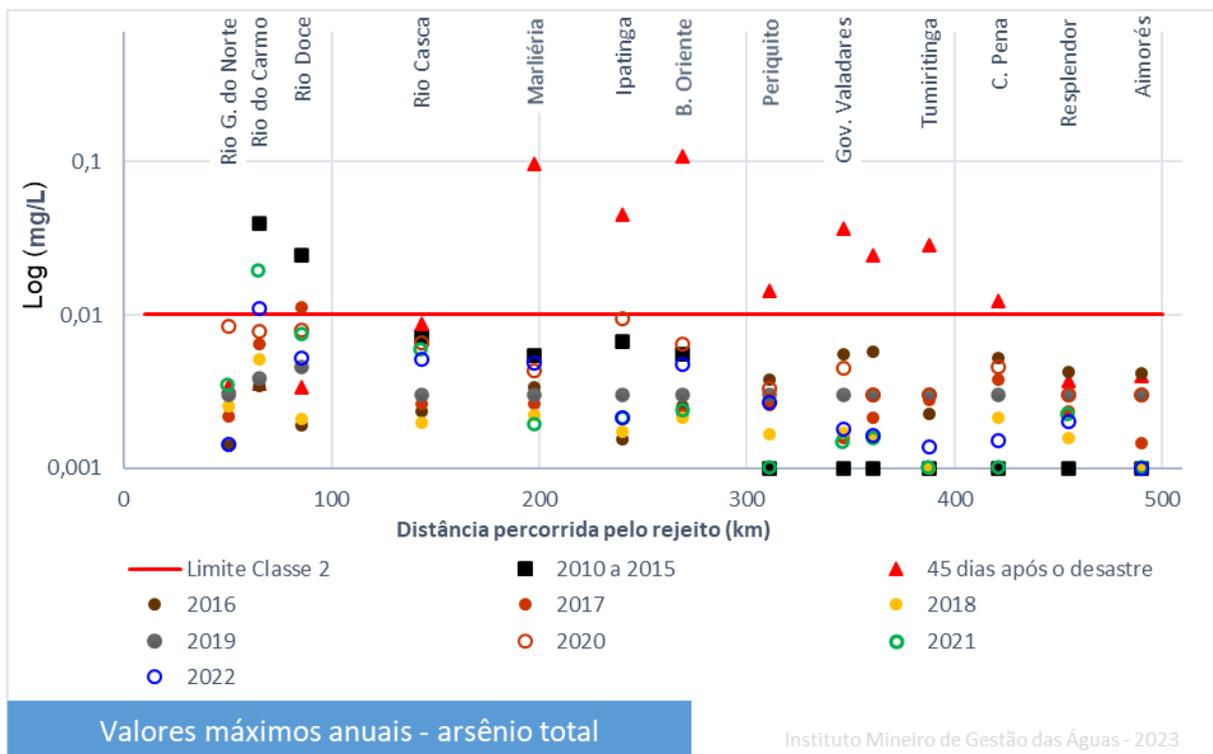
Tabela 5 – Análise estatística dos resultados de arsênio total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estação	Resultados de Arsênio total (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,0023	0,0034	0,0010	0,0014	0,0010	0,0021	0,0010	0,0025	0,0010	0,0030	0,0010	0,0084	0,0010	0,0034	0,0010	0,0014
RD071	0,0029	0,0393	0,0023	0,0035	0,0031	0,0034	0,0027	0,0064	0,0030	0,0050	0,0029	0,0038	0,0033	0,0077	0,0034	0,0192	0,0045	0,0110
RD072	0,0011	0,0243	0,0015	0,0033	0,0010	0,0019	0,0013	0,0113	0,0015	0,0021	0,0012	0,0045	0,0014	0,0078	0,0012	0,0074	0,0011	0,0051
RD019	0,0006	0,0072	0,0024	0,0087	0,0015	0,0023	0,0010	0,0026	0,0013	0,0019	0,0012	0,0030	0,0016	0,0065	0,0013	0,0059	0,0016	0,0051
RD023	0,0006	0,0053	0,0025	0,0974	0,0015	0,0033	0,0010	0,0026	0,0011	0,0022	0,0010	0,0030	0,0011	0,0043	0,0012	0,0019	0,0012	0,0048
RD035	0,0003	0,0066	0,0027	0,0455	0,0011	0,0015	0,0010	0,0030	0,0010	0,0017	0,0011	0,0030	0,0015	0,0093	0,0015	0,0020	0,0012	0,0021
RD033	0,0006	0,0055	0,0030	0,1080	0,0015	0,0025	0,0011	0,0022	0,0011	0,0021	0,0011	0,0030	0,0012	0,0064	0,0015	0,0023	0,0013	0,0047
RD083	0,0003	0,0010	0,0033	0,0143	0,0010	0,0037	0,0010	0,0026	0,0010	0,0016	0,0010	0,0030	0,0010	0,0033	0,0010	0,0010	0,0009	0,0027
RD044	0,0003	0,0010	0,0018	0,0363	0,0010	0,0055	0,0010	0,0015	0,0010	0,0016	0,0010	0,0030	0,0010	0,0044	0,0010	0,0014	0,0009	0,0017
RD045	0,0003	0,0010	0,0017	0,0244	0,0010	0,0057	0,0010	0,0021	0,0010	0,0016	0,0010	0,0030	0,0010	0,0030	0,0010	0,0015	0,0009	0,0016
RD053	0,0003	0,0010	0,0018	0,0287	0,0010	0,0022	0,0010	0,0027	0,0010	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0009	0,0013
RD058	0,0003	0,0010	0,0019	0,0123	0,0010	0,0052	0,0010	0,0037	0,0010	0,0021	0,0010	0,0030	0,0010	0,0045	0,0010	0,0010	0,0009	0,0015
RD059	0,0003	0,0010	0,0018	0,0036	0,0010	0,0042	0,0010	0,0023	0,0010	0,0015	0,0010	0,0030	0,0010	0,0030	0,0010	0,0022	0,0009	0,0020
RD067	0,0003	0,0010	0,0016	0,0039	0,0010	0,0041	0,0010	0,0014	0,0010	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0008	0,0010

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022
Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 25 – Valores máximos de arsênio total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Valores máximos anuais - arsênio total

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.3 Cobre dissolvido

Na tabela 6 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de cobre dissolvido, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 26 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de cobre dissolvido no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre indicam um pico nas concentrações logo após o rompimento, seguida de redução dessas concentrações entre 2016 e 2022. Observa-se que antes do rompimento as máximas concentrações de cobre dissolvido usualmente encontravam-se abaixo do padrão normativo. Neste período somente na estação RD059 foi observada amostra com concentração superior ao limite definido pela deliberação. Durante a série emergencial somente 3 das 14 estações de amostragem apresentaram concentrações acima do recomendado. Ainda em relação aos primeiros 45 dias após o rompimento pode-se constatar que em 10 das 14 estações de monitoramento foram observadas máximas concentrações superiores às máximas históricas. Nos anos seguintes ao rompimento foram observadas amostras com concentração de cobre dissolvido acima do preconizado entre 2016 e 2019, em 2021 e em 2022. Comparativamente à série histórica o ano de 2021 foi o que apresentou piores resultados, quando 6 das 14 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima das máximas históricas.

A análise das medianas das concentrações de cobre dissolvido indica que em todos os períodos em estudo, inclusive na série emergencial, pelo menos a metade dos resultados de cada estação de monitoramento apontou resultado abaixo do limite de quantificação do método (0,004 mg/L).

Tabela 6 – Análise estatística dos resultados de cobre dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estação	Resultados de Cobre dissolvido (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0044	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
RD071	0,0040	0,0083	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0055	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
RD072	0,0040	0,0054	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
RD019	0,0040	0,0054	0,0040	0,6750	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0061
RD023	0,0040	0,0049	0,0040	0,0108	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0154	0,0040	0,0040
RD035	0,0040	0,0040	0,0040	0,0061	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0047	0,0040	0,0072
RD033	0,0040	0,0044	0,0040	0,0343	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0051	0,0040	0,0116
RD083	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040
RD044	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0097	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0131	0,0040	0,0040
RD045	0,0040	0,0046	0,0040	0,0058	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0053	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040
RD053	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0157	0,0040	0,0084	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0144
RD058	0,0040	0,0045	0,0040	0,0076	0,0040	0,0040	0,0040	0,0051	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0059	0,0040	0,0042
RD059	0,0040	0,0110	0,0040	0,0078	0,0040	0,0049	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0086	0,0040	0,0053	0,0040	0,0064
RD067	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0040	0,0375	0,0040	0,0050	0,0040	0,0099	0,0040	0,0070	0,0040	0,0040	0,0040	0,0066

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022
Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 26 – Valores máximos de cobre dissolvido no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Valores máximos anuais - cobre dissolvido

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.4 Níquel total

Na tabela 7 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de níquel total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 27 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de níquel total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre indicam um pico nas concentrações logo após o rompimento, conforme representado pela elevação das medianas e valores máximos. Nos primeiros 45 dias após o rompimento 12 das 14 estações de amostragem registraram concentrações acima do limite preconizado pela deliberação (0,025 mg/L). Antes do rompimento nenhuma amostra apresentou concentração acima do padrão normativo. Nos anos seguintes observou-se gradativa redução das concentrações de níquel total. Em 2016, 5 das 14 estações apontaram concentrações máximas acima do limite. Em 2017 apenas 1 das 14 estações apresentou máximo acima do padrão, o que se repetiu em 2020. Nos demais períodos em estudo não foram observados resultados acima do padrão. Comparativamente à série histórica os anos de 2017 e 2020 foram os que apresentaram piores resultados, quando 11 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima das máximas históricas. Ressalta-se que durante a série emergencial todas as estações apresentaram máximas concentrações superiores às máximas observadas antes do rompimento.

A análise das concentrações de níquel total indica que entre 2017 e 2022, todos os períodos avaliados apontaram medianas iguais ou menores que 0,004 mg/L, portanto, concentrações iguais ou inferiores ao observado nas medianas históricas.

Tabela 7 – Análise estatística dos resultados de níquel total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

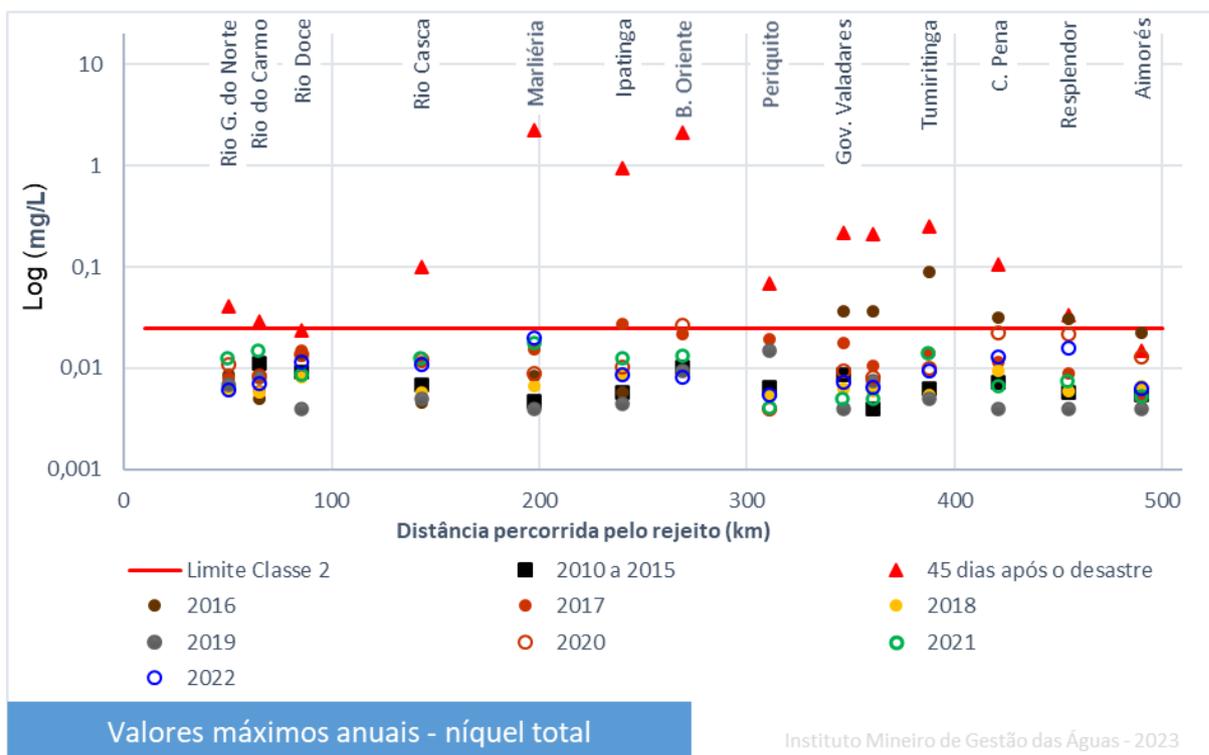
Estação	Resultados de Níquel total (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,023	<u>0,040</u>	0,005	0,008	0,004	0,007	0,004	0,006	0,004	0,006	0,004	0,010	0,004	0,012	0,003	0,006
RD071	0,004	0,011	0,005	<u>0,029</u>	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,005	0,004	0,008	0,004	0,008	0,004	<u>0,014</u>	0,004	0,007
RD072	0,004	0,009	0,007	<u>0,023</u>	0,004	<u>0,013</u>	0,004	<u>0,014</u>	0,004	0,008	0,004	0,004	0,004	<u>0,013</u>	0,004	0,008	0,003	<u>0,011</u>
RD019	0,004	0,006	0,005	<u>0,099</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,011</u>	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	<u>0,012</u>	0,004	<u>0,012</u>	0,003	<u>0,010</u>
RD023	0,004	0,004	<u>0,007</u>	<u>2,280</u>	0,004	<u>0,008</u>	0,004	<u>0,015</u>	0,004	<u>0,006</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,008</u>	0,004	<u>0,017</u>	0,003	<u>0,019</u>
RD035	0,004	0,005	<u>0,009</u>	<u>0,951</u>	0,004	0,005	0,004	<u>0,027</u>	0,004	<u>0,008</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,010</u>	0,004	<u>0,012</u>	0,003	<u>0,008</u>
RD033	0,004	0,010	0,008	<u>2,130</u>	0,004	0,009	0,004	<u>0,021</u>	0,004	0,009	0,004	0,009	0,004	<u>0,026</u>	0,004	<u>0,013</u>	0,003	0,008
RD083	0,004	0,006	<u>0,008</u>	<u>0,069</u>	0,004	<u>0,014</u>	0,004	<u>0,019</u>	0,004	0,005	0,004	<u>0,014</u>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,005
RD044	0,004	0,008	0,004	<u>0,216</u>	0,004	<u>0,036</u>	0,004	<u>0,017</u>	0,004	0,006	0,004	0,004	0,004	<u>0,009</u>	0,004	0,004	0,003	0,007
RD045	0,004	0,004	0,004	<u>0,211</u>	0,004	<u>0,036</u>	0,004	<u>0,010</u>	0,004	<u>0,005</u>	0,004	<u>0,007</u>	0,004	<u>0,008</u>	0,004	0,004	0,002	<u>0,006</u>
RD053	0,004	0,006	0,004	<u>0,250</u>	0,004	<u>0,089</u>	0,004	<u>0,014</u>	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	<u>0,009</u>	0,004	<u>0,013</u>	0,004	<u>0,009</u>
RD058	0,004	0,007	0,005	<u>0,106</u>	0,004	<u>0,031</u>	0,004	<u>0,011</u>	0,004	<u>0,009</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,022</u>	0,004	0,006	0,003	<u>0,013</u>
RD059	0,004	0,005	0,004	<u>0,033</u>	0,004	<u>0,031</u>	0,004	<u>0,008</u>	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	<u>0,021</u>	0,004	<u>0,007</u>	0,003	<u>0,015</u>
RD067	0,004	0,005	0,004	<u>0,014</u>	0,004	<u>0,022</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,006</u>	0,004	0,004	0,004	<u>0,012</u>	0,004	0,005	0,002	<u>0,006</u>

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 27 – Valores máximos de níquel total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Valores máximos anuais - níquel total

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.5 Cromo total

Na tabela 8 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de cromo total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 28 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de cromo total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre sugere um pico nas máximas concentrações logo após o rompimento, seguida de redução destas entre 2016 e 2017. Observa-se que antes do rompimento todos os resultados obtidos indicaram concentrações iguais ao limite de quantificação do método (0,040 mg/L), abaixo, portanto do limite normativo (0,05 mg/L). Nos primeiros 45 dias após o rompimento 10 das 14 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima do padrão desejado. Em 2016 esse número caiu para 8 estações com máximas em desconformidade com o padrão. Já em 2017, apenas 2 estações apresentaram concentrações máximas superiores ao limite normativo. De 2018 a 2022 todos os resultados obtidos em todas as estações de amostragem indicaram concentrações iguais ao limite de quantificação do método, tal como observado durante a série histórica. Comparativamente à série histórica somente em 2016 e 2017 (além da série emergencial) foram observadas concentrações acima das máximas históricas.

Tabela 8 – Análise estatística dos resultados de cromo total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

Estação	Resultados de Cromo total (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,040	<u>0,058</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
RD071	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD072	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	<u>0,051</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD019	0,040	0,040	0,040	<u>0,070</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,023
RD023	0,040	0,040	0,040	<u>1,658</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD035	0,040	0,040	0,040	<u>1,730</u>	0,040	0,040	0,040	<u>0,051</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,024
RD033	0,040	0,040	0,040	<u>2,863</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,023
RD083	0,040	0,040	0,040	<u>0,070</u>	0,040	<u>0,051</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD044	0,040	0,040	0,040	<u>0,298</u>	0,040	<u>0,118</u>	0,040	<u>0,054</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD045	0,040	0,040	0,040	<u>0,320</u>	0,040	<u>0,112</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD053	0,040	0,040	0,040	<u>0,309</u>	0,040	<u>0,217</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,031
RD058	0,040	0,040	0,040	<u>0,132</u>	0,040	<u>0,097</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,023
RD059	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	<u>0,091</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022
RD067	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	<u>0,074</u>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,022

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 28 – Valores máximos de cromo total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.6 Cádmio total

Na tabela 9 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de cádmio total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 29 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de cádmio total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre sugere um pico nas concentrações logo após o rompimento, seguida de redução dessas concentrações em 2016 e 2017. Em 2018 nova elevação das concentrações foi constatada, seguida de redução destas nos anos seguintes. Observa-se que antes do rompimento as máximas concentrações de cádmio total usualmente encontravam-se abaixo do padrão normativo. Neste período nenhuma estação apresentou concentração superior a 0,0005 mg/L, portanto abaixo do limite normativo (0,001 mg/L). Durante a série emergencial 7 das 14 estações de amostragem apresentaram concentrações acima do recomendado. No ano de 2018, período de piores resultados, 12 das máximas concentrações observadas superaram o limite normativo. Nos anos de 2016, 2017 e 2021 não foram observadas amostras com concentração de cádmio total acima do preconizado. Em 2019 e 2022 somente uma das 14 estações avaliadas para cada período superou o padrão. Em 2020, 2 dos 14 máximos valores obtidos foram superiores ao ideal. A comparação dos dados anteriores e posteriores ao desastre reforça o ano de 2018 como o de piores resultados, quando 12 das 14 estações de monitoramento indicaram concentrações máximas mais elevadas que as máximas históricas.

A análise das medianas das concentrações de cádmio total retrata que em todos os períodos em estudo esse indicador foi igual a 0,005 mg/L, portanto abaixo do limite normativo.

Tabela 9 – Análise estatística dos resultados de cádmio total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

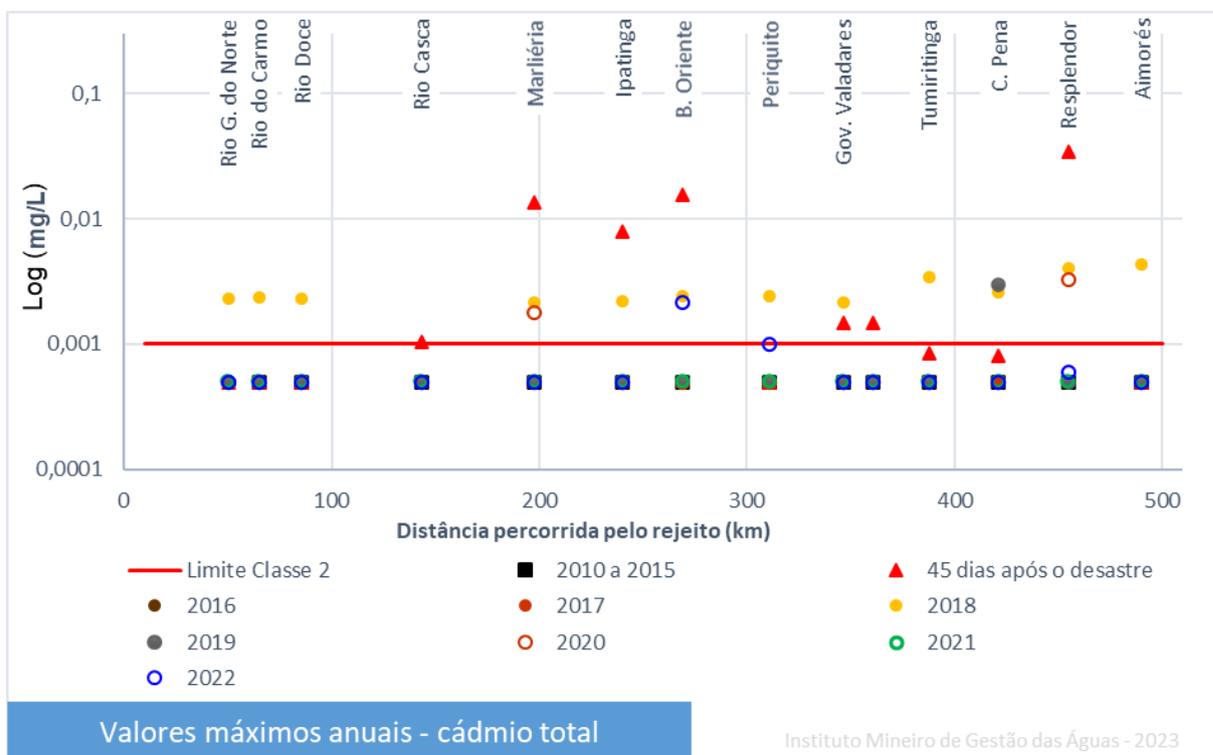
Estação	Resultados de Cádmio total (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0023</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD071	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0024</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD072	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0023</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD019	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0011</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD023	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0135</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0022</u>	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0018</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD035	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0080</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0022</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD033	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0158</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0024</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0021</u>
RD083	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0024</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0010</u>
RD044	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0015</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0022</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD045	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0015</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD053	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0009</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0035</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD058	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0008</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0026</u>	0,0005	<u>0,0030</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
RD059	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0346</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0041</u>	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0033</u>	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0006</u>
RD067	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<u>0,0044</u>	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 29 – Valores máximos de cádmio total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.7 Chumbo total

Na tabela 10 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de chumbo total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo. Na Figura 30 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de chumbo total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre sugere um pico nas concentrações logo após o rompimento, mantendo-se estas elevadas até 2018. Em 2019 observa-se redução das máximas concentrações de chumbo total, seguida de nova elevação nos anos seguintes. Observa-se que antes do rompimento as máximas concentrações de chumbo total usualmente encontravam-se abaixo do limite normativo. Neste período somente 4 das 14 estações de monitoramento indicaram concentrações máximas superiores ao limite normativo, quais sejam: no rio do Carmo (RD071) e no rio Doce nos municípios de Rio Doce (RD072), Belo Oriente (RD035) e Ipatinga (RD033). Durante a série emergencial todas as 14 estações de amostragem apresentaram concentrações acima do recomendado. Nos anos de 2016, 2017 e 2018, entre as 14 estações avaliadas, 11, 12 e 13, respectivamente, apresentaram concentrações mais elevadas que o padrão. Em 2019, ano de melhores resultados, somente uma estação apresentou concentração de chumbo total superior ao limite. Em 2020 foram 5 estações com máximos acima do limite, em 2021 foram 7, e em 2022 foram 9. Comparativamente à série histórica o ano de 2018 foi o que apresentou piores resultados, quando 13 das 14 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima das máximas históricas, assim como observado durante a série emergencial. Chama a atenção o ano de 2022 quando 11 das 14 máximas obtidas superaram as máximas históricas, mesmo decorridos sete anos do desastre.

A análise das medianas das concentrações de chumbo total indica que somente durante a série emergencial houve mais de 50% do total de amostras em desconformidade com o padrão. Em todos os demais períodos as medianas foram iguais ou inferiores a 0,005 mg/L, portanto abaixo do limite normativo (0,01 mg/L).

Tabela 10 – Análise estatística dos resultados de chumbo total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

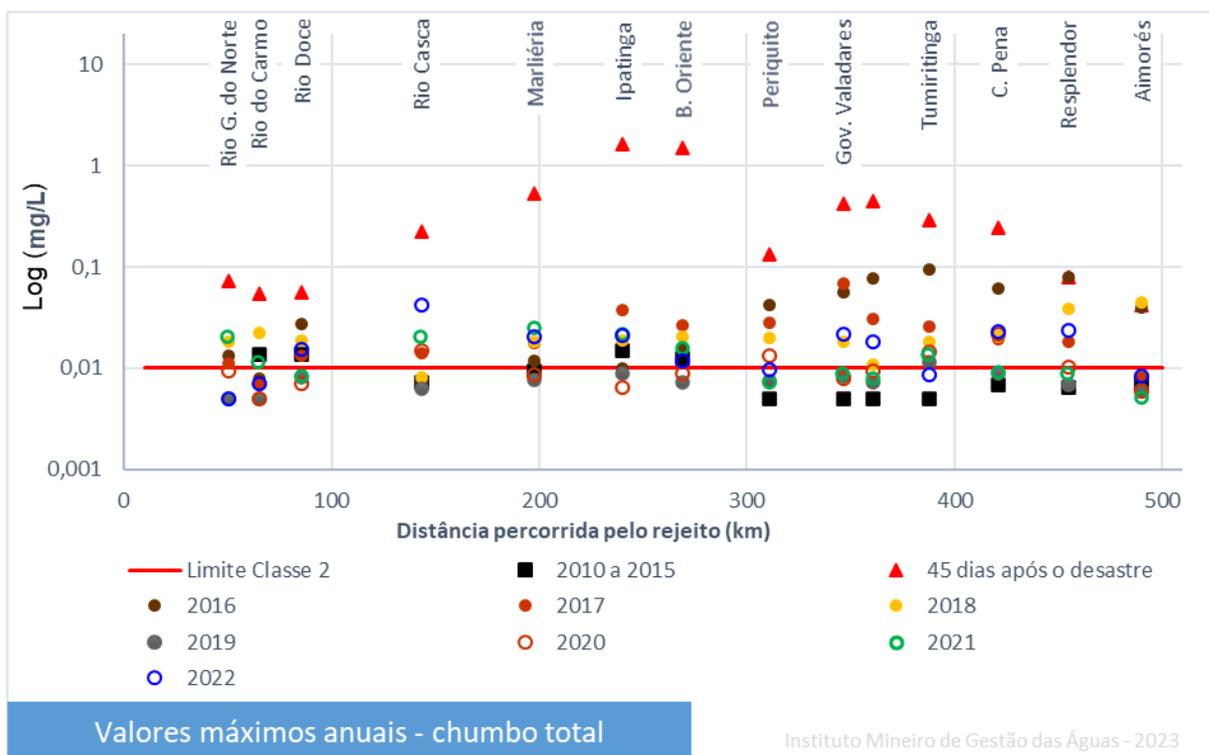
Estação	Resultados de Chumbo total (mg/L)																	
	Antes do Rompimento		45 dias após o rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	<u>0,0603</u>	<u>0,0720</u>	0,0077	<u>0,0134</u>	0,0050	<u>0,0112</u>	0,0050	<u>0,0184</u>	0,0050	0,0050	0,0050	0,0094	0,0050	<u>0,0199</u>	0,0041	0,0050
RD071	0,0050	<u>0,0136</u>	<u>0,0131</u>	<u>0,0542</u>	0,0050	0,0078	0,0050	0,0070	0,0050	<u>0,0225</u>	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	<u>0,0111</u>	0,0043	0,0070
RD072	0,0050	<u>0,0138</u>	<u>0,0127</u>	<u>0,0563</u>	0,0050	<u>0,0271</u>	0,0050	<u>0,0134</u>	0,0050	<u>0,0188</u>	0,0050	0,0081	0,0050	0,0070	0,0050	0,0082	0,0044	<u>0,0154</u>
RD019	0,0050	0,0072	<u>0,0111</u>	<u>0,2210</u>	0,0050	<u>0,0074</u>	0,0050	<u>0,0141</u>	0,0050	<u>0,0081</u>	0,0050	0,0063	0,0050	<u>0,0148</u>	0,0050	<u>0,0199</u>	0,0050	<u>0,0416</u>
RD023	0,0050	0,0095	<u>0,0149</u>	<u>0,5360</u>	0,0050	<u>0,0117</u>	0,0050	<u>0,0176</u>	0,0050	<u>0,0181</u>	0,0050	0,0076	0,0050	0,0087	0,0050	<u>0,0244</u>	0,0049	<u>0,0201</u>
RD035	0,0050	<u>0,0148</u>	<u>0,0200</u>	<u>1,6500</u>	0,0050	0,0100	0,0050	<u>0,0375</u>	0,0050	<u>0,0187</u>	0,0050	0,0088	0,0050	0,0065	0,0050	<u>0,0213</u>	0,0050	<u>0,0211</u>
RD033	0,0050	<u>0,0125</u>	<u>0,0172</u>	<u>1,5000</u>	0,0050	<u>0,0157</u>	0,0050	<u>0,0266</u>	0,0050	<u>0,0204</u>	0,0050	0,0072	0,0050	0,0088	0,0050	<u>0,0155</u>	0,0050	<u>0,0117</u>
RD083	0,0050	0,0050	<u>0,0167</u>	<u>0,1333</u>	0,0050	<u>0,0420</u>	0,0050	<u>0,0282</u>	0,0050	<u>0,0197</u>	0,0050	<u>0,0075</u>	0,0050	<u>0,0131</u>	0,0050	<u>0,0071</u>	0,0048	<u>0,0097</u>
RD044	0,0050	0,0050	<u>0,0091</u>	<u>0,4240</u>	0,0050	<u>0,0560</u>	0,0050	<u>0,0678</u>	0,0050	<u>0,0180</u>	0,0050	<u>0,0083</u>	0,0050	<u>0,0078</u>	0,0050	<u>0,0087</u>	0,0050	<u>0,0218</u>
RD045	0,0050	0,0050	<u>0,0089</u>	<u>0,4420</u>	0,0050	<u>0,0760</u>	0,0050	<u>0,0306</u>	0,0050	<u>0,0106</u>	0,0050	<u>0,0073</u>	0,0050	<u>0,0093</u>	0,0050	<u>0,0078</u>	0,0044	<u>0,0183</u>
RD053	0,0050	0,0050	<u>0,0095</u>	<u>0,2920</u>	0,0050	<u>0,0940</u>	0,0050	<u>0,0258</u>	0,0050	<u>0,0184</u>	0,0050	<u>0,0116</u>	0,0050	<u>0,0145</u>	0,0050	<u>0,0136</u>	0,0050	<u>0,0086</u>
RD058	0,0050	0,0068	<u>0,0125</u>	<u>0,2460</u>	0,0050	<u>0,0610</u>	0,0050	<u>0,0195</u>	0,0050	<u>0,0206</u>	0,0050	<u>0,0089</u>	0,0050	<u>0,0218</u>	0,0050	<u>0,0088</u>	0,0050	<u>0,0228</u>
RD059	0,0050	0,0063	<u>0,0095</u>	<u>0,0789</u>	0,0050	<u>0,0790</u>	0,0050	<u>0,0181</u>	0,0050	<u>0,0387</u>	0,0050	<u>0,0067</u>	0,0050	<u>0,0102</u>	0,0050	<u>0,0086</u>	0,0050	<u>0,0238</u>
RD067	0,0050	0,0069	<u>0,0077</u>	<u>0,0421</u>	0,0050	<u>0,0400</u>	0,0050	<u>0,0081</u>	0,0050	<u>0,0444</u>	0,0050	0,0060	0,0050	0,0058	0,0050	0,0050	0,0044	<u>0,0083</u>

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 30 – Valores máximos de chumbo total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Valores máximos anuais - chumbo total

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.1.6.8 Zinco total

Na tabela 11 são apresentados as medianas e os máximos valores das concentrações de zinco total, obtidas em cada ponto de monitoramento dos trechos diretamente impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, durante todos os períodos avaliados neste estudo (exceto a série emergencial, uma vez que o parâmetro zinco total não foi avaliado durante este período). Na Figura 31 são expressos graficamente esses valores máximos.

Os resultados obtidos para as concentrações de zinco total no período anterior ao rompimento da barragem de Fundão, bem como nos 7 anos seguintes ao desastre sugere elevação das concentrações observadas no primeiro ano após o rompimento, seguida de redução dessas concentrações em 2017, nova elevação em 2018 e posterior redução nos anos seguintes. Ressalta-se que o parâmetro zinco total não foi incluído nas análises dos primeiros 45 dias pós-rompimento. Observa-se que antes do rompimento as máximas concentrações de zinco total usualmente encontravam-se abaixo do padrão normativo. Neste período somente na estação RD053 foi observada amostra com concentração superior ao limite definido pela deliberação (0,183 mg/L). Nos anos seguintes ao rompimento foram observadas amostras com concentração de zinco total acima do preconizado em 2016 (2 das 14 estações), em 2018 (5 das 14 estações) e em 2019 (1 das 14 estações). Comparativamente à série histórica o ano de 2018 foi o que apresentou piores resultados, quando 7 das 14 estações de monitoramento apontaram concentrações máximas acima das máximas históricas.

A análise das medianas das concentrações de zinco total indica que a partir de 2018 todos os resultados desse indicador foram iguais ou menores que o limite de quantificação (0,020 mg/L), portanto abaixo do limite normativo (0,18 mg/L). Em 2016 e 2017 as medianas variaram entre 0,020 mg/L e 0,352 mg/L, portanto, também abaixo do limite normativo.

Tabela 11 – Análise estatística dos resultados de zinco total no período pré-rompimento e sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais

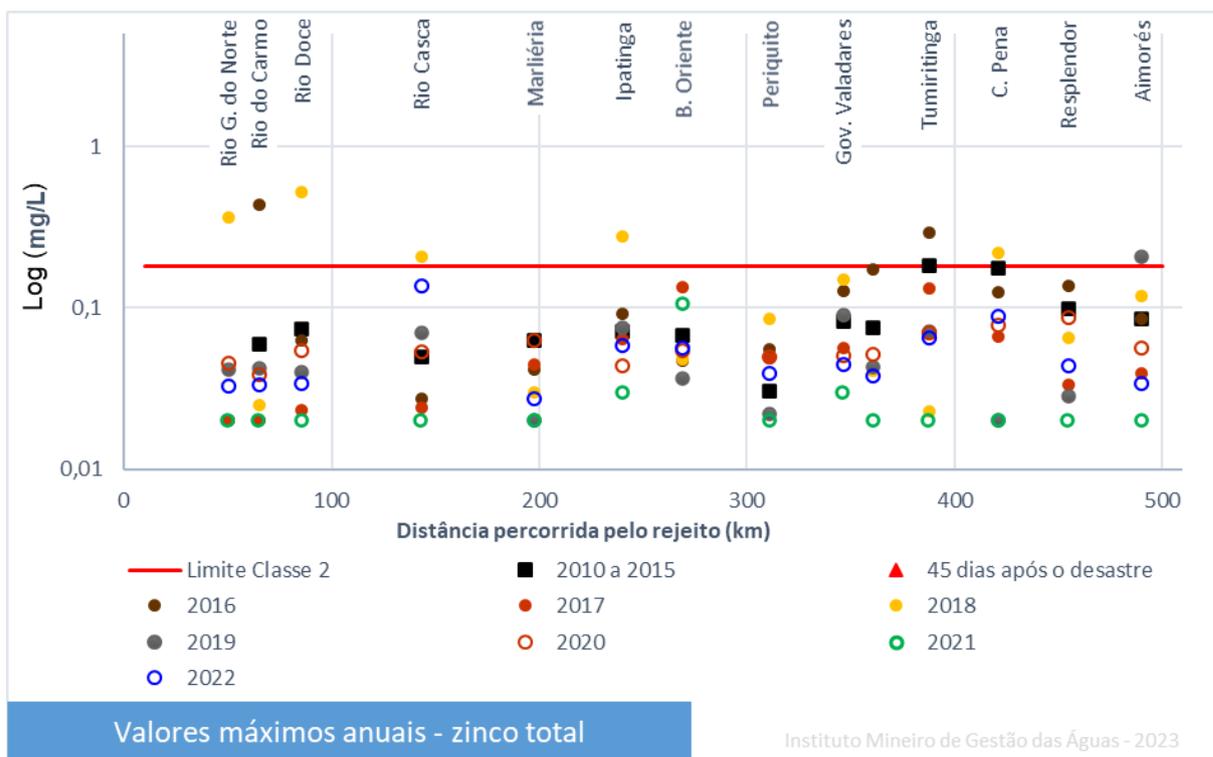
Estação	Resultados de Zinco total (mg/L)															
	Antes do Rompimento		1º Ano Após o Rompimento 2016		2º Ano Após o Rompimento 2017		3º Ano Após o Rompimento 2018		4º Ano Após o Rompimento 2019		5º Ano Após o Rompimento 2020		6º Ano Após o Rompimento 2021		7º Ano Após o Rompimento 2022	
	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX	MED	MÁX
RD011	-	-	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,364	0,020	0,042	0,020	0,046	0,020	0,020	0,020	0,033
RD071	0,020	0,060	0,025	0,440	0,020	0,020	0,020	0,025	0,020	0,042	0,020	0,039	0,020	0,020	0,020	0,034
RD072	0,020	0,074	0,020	0,063	0,020	0,023	0,020	0,525	0,020	0,040	0,020	0,055	0,020	0,020	0,020	0,034
RD019	0,021	0,049	0,020	0,027	0,020	0,024	0,020	0,206	0,020	0,070	0,020	0,054	0,020	0,020	0,020	0,137
RD023	0,023	0,063	0,022	0,042	0,020	0,045	0,020	0,030	0,020	0,020	0,020	0,063	0,020	0,020	0,020	0,028
RD035	0,027	0,071	0,034	0,092	0,026	0,064	0,020	0,278	0,020	0,076	0,020	0,044	0,020	0,030	0,020	0,059
RD033	0,024	0,068	0,029	0,047	0,035	0,134	0,020	0,048	0,020	0,036	0,020	0,054	0,020	0,106	0,020	0,056
RD083	0,020	0,031	0,020	0,056	0,020	0,049	0,020	0,086	0,020	0,022	0,020	0,050	0,020	0,020	0,020	0,039
RD044	0,022	0,082	0,020	0,128	0,020	0,057	0,020	0,150	0,020	0,090	0,020	0,051	0,020	0,030	0,020	0,045
RD045	0,020	0,076	0,020	0,174	0,020	0,042	0,020	0,041	0,020	0,043	0,020	0,052	0,020	0,020	0,020	0,038
RD053	0,022	0,183	0,020	0,296	0,020	0,133	0,020	0,023	0,020	0,071	0,020	0,070	0,020	0,020	0,020	0,066
RD058	0,025	0,175	0,020	0,124	0,020	0,066	0,020	0,221	0,020	0,020	0,020	0,078	0,020	0,020	0,020	0,089
RD059	0,032	0,099	0,020	0,138	0,020	0,033	0,020	0,065	0,020	0,028	0,020	0,088	0,020	0,020	0,020	0,044
RD067	0,025	0,086	0,020	0,086	0,020	0,040	0,020	0,120	0,020	0,208	0,020	0,057	0,020	0,020	0,020	0,034

Negrito e sublinhado: Concentrações acima do limite preconizado pela DN COPAM/CERH nº 08/2022

Fonte roxa: Concentrações acima do máximo observado na série histórica (01/2010 a 10/2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 31 – Valores máximos de zinco total no período pré-rompimento e nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, nos trechos diretamente impactados da bacia do rio Doce, Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO: metais e arsênio em sedimentos

O monitoramento de sedimentos foi realizado mensalmente no período de janeiro a outubro de 2016 quando passou a ser semestral, mantendo-se essa frequência até 2022. Portanto, nos gráficos abaixo se verifica uma quantidade maior de dados para o ano de 2016 em detrimento aos demais, em função da periodicidade de coletas. Na Tabela 12 é apresentado o número de amostras de sedimentos realizadas em cada ponto de amostragem para cada ano de monitoramento no período pós rompimento.

Tabela 12 – Número de amostras de sedimentos coletadas em cada ponto de amostragem por ano de monitoramento no período pós rompimento.

Número anual de amostras por ponto de amostragem									
Ponto	Localização	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
RD011	Rio Gual. do Norte	8	1	2	2	2	2	2	15
RD071	Rio do Carmo	8	1	2	2	1	2	2	14
RD072	Rio Doce	8	1	2	2	2	2	2	15
RD019	Rio Casca	8	1	2	2	2	2	2	15
RD023	Marliéria	8	1	2	2	2	2	2	15
RD035	Ipatinga	8	1	2	2	2	2	2	15
RD033	Belo Oriente	8	1	2	2	2	2	2	15
RD083	Periquito	8	1	2	2	2	2	2	15
RD044	Gov. Valadares	8	1	2	2	2	2	2	15
RD045	Gov. Valadares	8	1	2	2	2	2	2	15
RD053	Tumiritinga	8	1	2	2	2	2	2	15
RD058	C. Pena	8	1	2	2	2	2	2	15
RD059	Resplendor	8	1	2	2	2	2	2	15
RD067	Aimorés	8	1	2	2	2	2	2	15
Totais		112	14	28	28	27	28	28	209

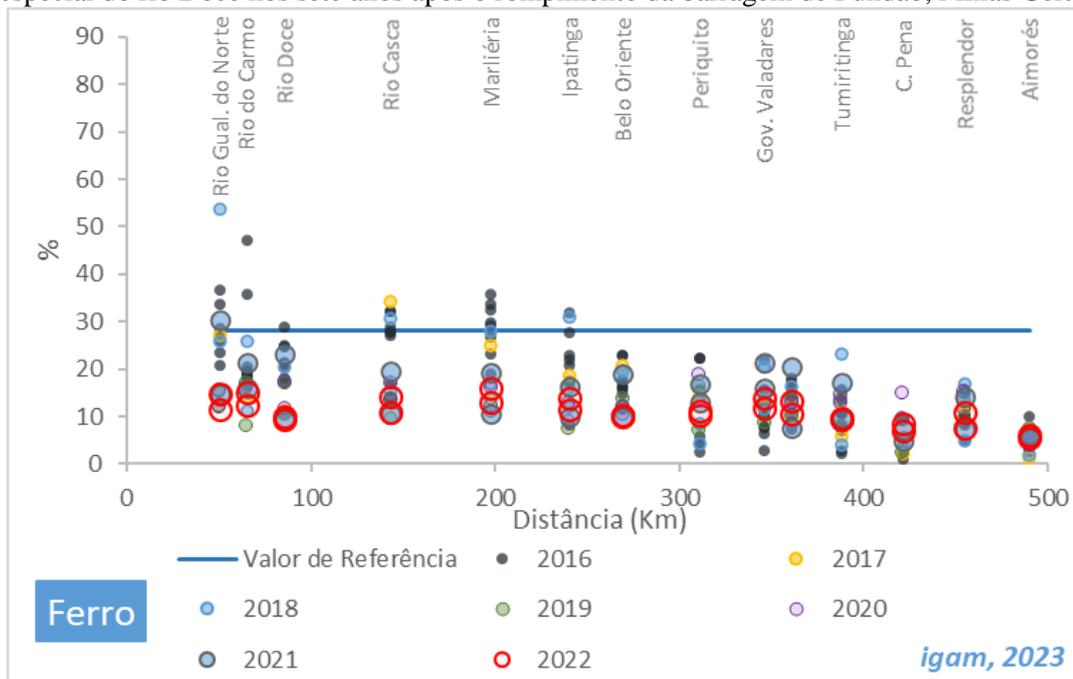
Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.1 Ferro

Na Figura 32 são apresentados os resultados de ferro em sedimentos obtidos nos anos de 2016 a 2020. O eixo X representa a distância de cada ponto em relação ao local do rompimento. Vale destacar que a Resolução Conama nº 454/2012 não estabelece valores orientadores para o parâmetro ferro. Contudo, Costa (2015) em sua pesquisa do Mapeamento Geoquímico e Estabelecimento de Valores e Referência (Background) de Sedimentos Fluviais do Quadrilátero

Ferrífero, encontrou como valor de referência o percentual de peso seco igual a 28,10%, o qual foi adotado no presente encarte. Observa-se que os valores de ferro obtidos estiveram entre 1 e 54%, sendo que o maior valor foi obtido no rio Gualaxo do Norte (RD011) em março de 2018. Considerando-se o valor de referência, indicado por Costa (2015) para ferro, destaca-se que percentuais acima desse valor de referência (28,10% de Fe) foram encontrados somente no trecho entre o rio Gualaxo do Norte (RD011) e rio Doce em Ipatinga (RD035), onde aproximadamente 17% dos resultados superaram a referência de 28,10% Fe. Os menores valores foram verificados em Conselheiro Pena (RD058) e Aimorés (RD067) com percentuais de ferro iguais a 1,01% e 1,34%, respectivamente. Destaca-se que em 2019, 2020 e 2022 nenhuma amostra apresentou teor de ferro superior à referência. De modo geral observa-se maiores teores de ferro nos sedimentos coletados mais próximos ao local do rompimento, reduzindo-se esse ao longo do rio Doce, tal como indica o aspecto decrescente do gráfico apresentado na Figura 32.

Figura 32 – Resultados de ferro nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

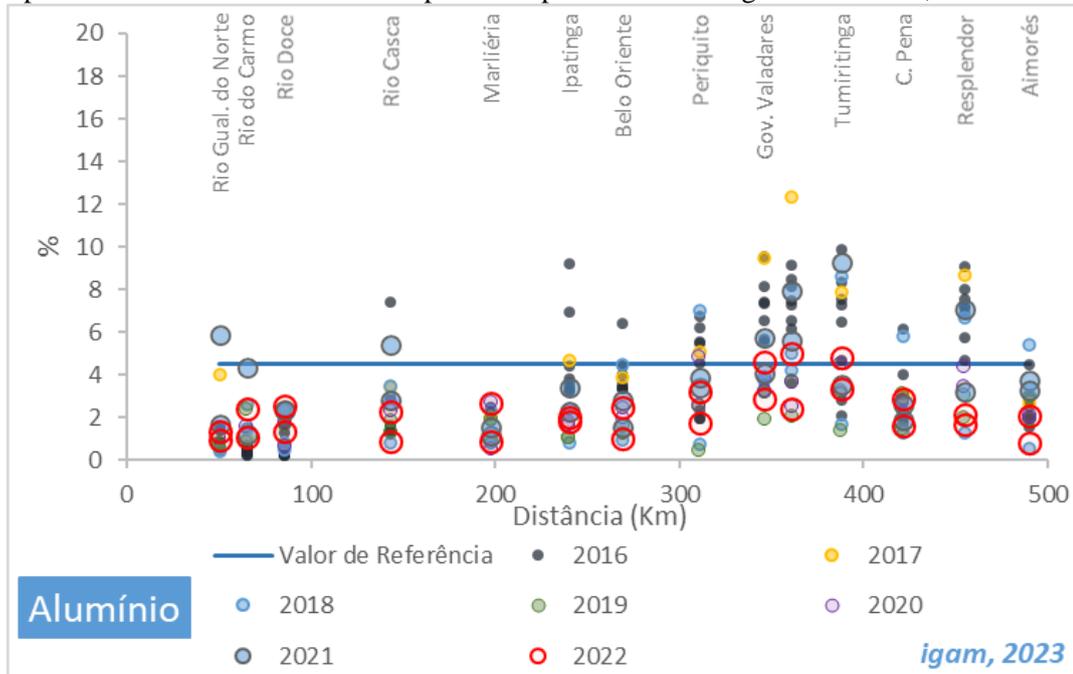


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.2 Alumínio

Na análise dos dados de alumínio (Figura 33) verifica-se um comportamento oposto ao observado para os dados de ferro, visto que valores mais elevados de alumínio foram registrados no trecho mais afastado do rompimento, entre os municípios de Periquito (RD083) e Resplendor (RD059). Nesse trecho os valores de alumínio estiveram entre 0,47% e 12,33%, enquanto no trecho localizado mais a montante, entre o rio Gualaxo do Norte (RD011) e o rio Doce em Marliéria (RD023), variaram entre 0,20 e 7,41%. Segundo o estudo de Costa (2015), o valor de referência de alumínio é de 4,52% Al. Considerando todos os trechos diretamente impactados, pode-se constatar que somente em 2019 não foram observadas amostras com teores de alumínio superiores à referência. Como os resultados mais elevados foram observados nos trechos mais distantes do evento, isso pode indicar que os sedimentos estão sendo afetados por fatores de pressão relacionados a outras atividades desenvolvidas na região. Considerando os dados de 2022, somente 3 das 14 estações de amostragem estiveram acima do limite de referência, a saber: nas estações RD044 e RD45 (Governador Valadares), e RD053 (Tumiritinga), durante o mês de julho de 2022. Cabe ressaltar que essas estações foram as que apresentaram maiores teores de alumínio em todos os períodos avaliados.

Figura 33 – Resultados de alumínio nos sedimentos das estações de monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

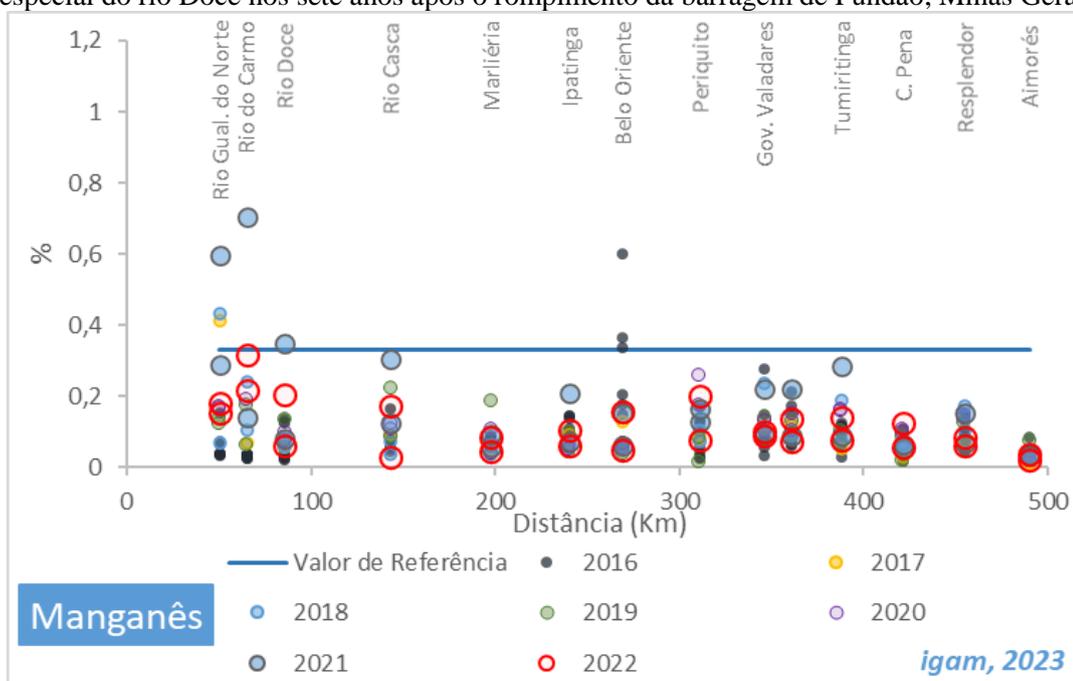


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.3 Manganês

Os dados de manganês (Figura 34) indicam amostras pontuais de sedimentos com teores acima do valor de referência obtido na pesquisa de Costa (2015), que foi de 0,33% Mn. Somente em 2016, 2017, 2018 e 2021 foram obtidos teores superiores à referência. Considerando cada estação de monitoramento separadamente, somente nas estações RD011 (rio Gualaxo do Norte), RD071 (rio do Carmo) e RD072 (Rio Doce) e RD033 (Belo Oriente) foram observados teores de manganês superiores a 0,33%. De modo geral, foram observados maiores teores de manganês em sedimentos nas estações mais próximas ao local do desastre.

Figura 34 – Resultados de manganês nos sedimentos das estações de monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

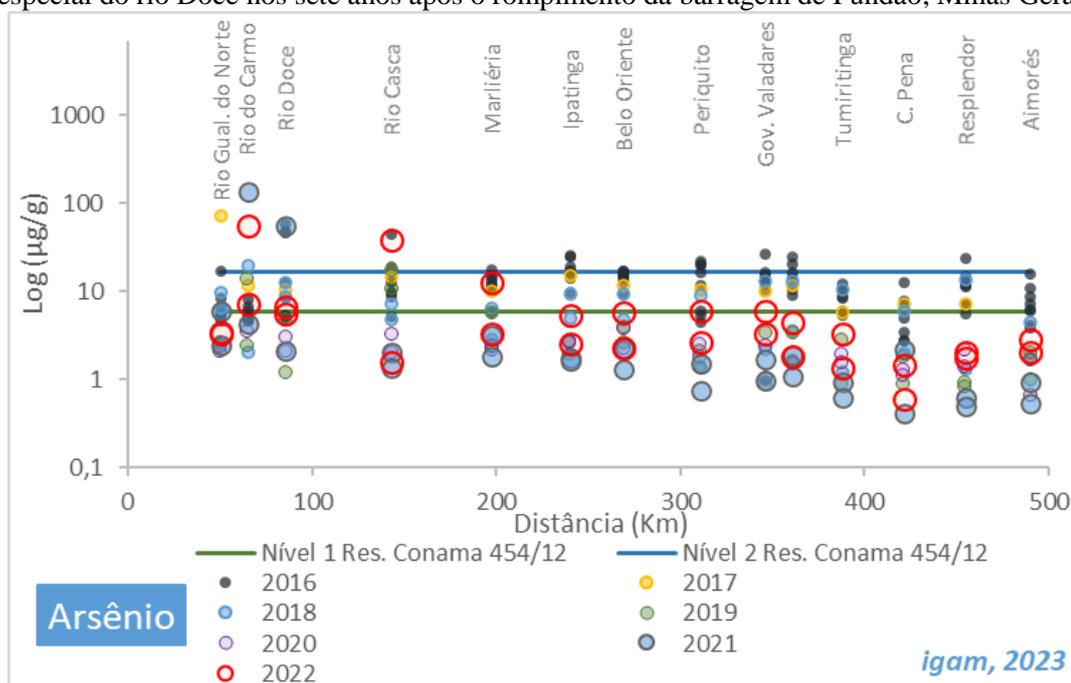


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.4 Arsênio

Na Figura 35 são apresentados os resultados de arsênio nos sedimentos dos anos de 2016 a 2022. Os resultados obtidos apontam para maiores teores de arsênio em sedimentos nas estações de monitoramento mais próximas ao local do rompimento da barragem de Fundão. Em 2016 a maior parte das estações apontaram ao menos um resultado com teores de arsênio acima do Nível 2 previsto na Resolução Conama nº 454/2012 (valor acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota – 17 mg/kg). Nos anos seguintes foram observadas amostras com teores acima do Nível 2 somente em 2017, 2021 e 2022, sempre no trecho compreendido entre as estações RD011 (rio Gualaxo do Norte) e RD019 (Rio Casca). O aspecto decrescente do gráfico apresentado na Figura 35 indica que as variações dos teores deste elemento podem estar associadas não somente com o rompimento da barragem de Fundão, mas também com a presença de arsênio nos sedimentos do leito dos rios anteriores ao desastre, uma vez que os valores mais acentuados de arsênio foram observados no rio do Carmo.

Figura 35 – Resultados de arsênio nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

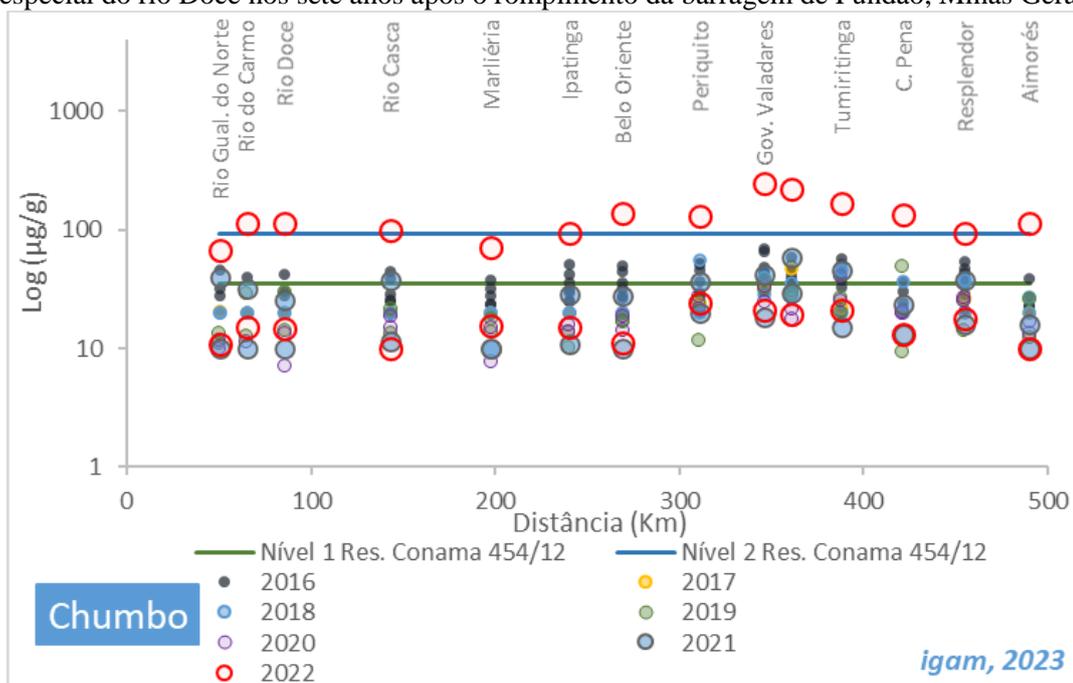


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.5 Chumbo

Na Figura 36 são apresentados os resultados de chumbo nos sedimentos dos anos de 2016 a 2022. O Nível 2 (valor acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota – 91,3 mg/kg) foi extrapolado somente nas análises de 2022. Em contrapartida o Nível 1 (valor abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota – 35 mg/kg) foi extrapolado em pelo menos uma estação de amostragem em todos os períodos avaliados. É possível notar ainda que o trecho que apresentou maiores teores de chumbo em sedimentos está próximo aos municípios de Governador Valadares (RD044 e RD045) e Tumiritinga (RD053). Esses resultados podem estar associados à presença de atividades de metalurgia desenvolvidas na região.

Figura 36 – Resultados de chumbo nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

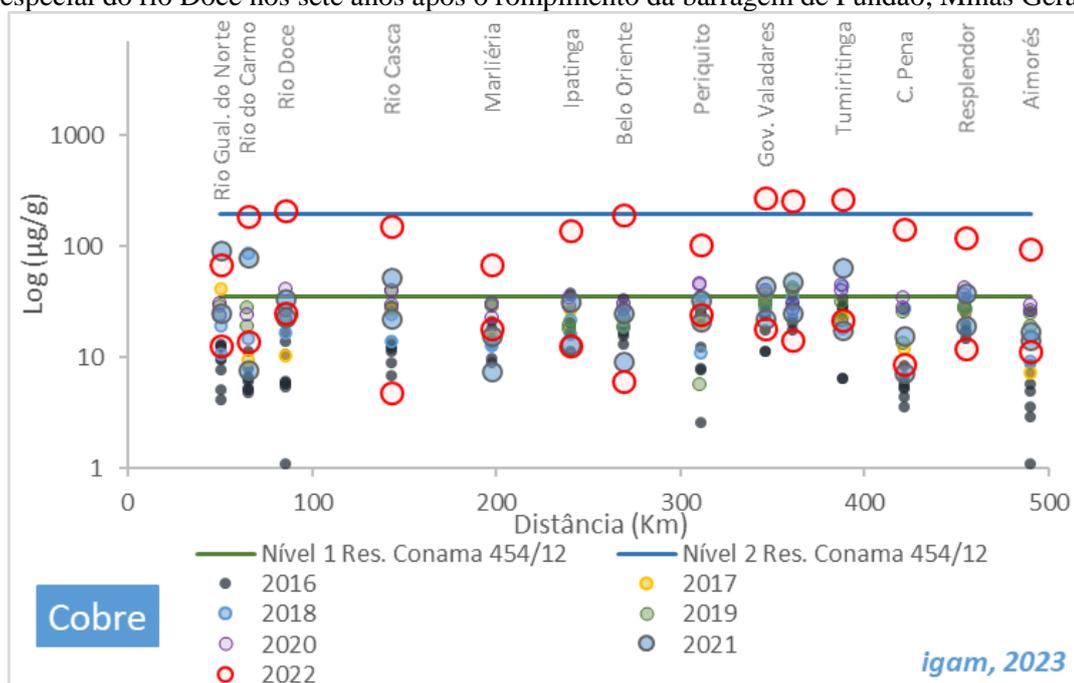


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.6 Cobre

Na Figura 37 são apresentados os resultados de cobre nos sedimentos para os anos de 2016 a 2022. Tal como observado para o parâmetro chumbo, somente em 2022 os teores de cobre obtidos foram superiores ao limite do nível 2 (197 µg/g) da Conama 454/2012. Considerando o Nível 1 (35,7 µg/g) da referida resolução, pode-se observar que este foi superado em pelo menos uma das estações de monitoramento em todos os períodos avaliados. Nota-se ainda, maiores teores de cobre em sedimentos nas estações localizadas nos rios Gualaxo do Norte e do Carmo, além do rio Doce entre Governador Valadares e Tumiritinga. Os teores de cobre encontrados nos sedimentos dos cursos de água impactados pelo rompimento da barragem de Fundão apresentaram variação não-linear, à medida que se afasta do local do desastre. Isso pode indicar que há outras fontes (além do rompimento) deste elemento ao longo da bacia do rio Doce, como por exemplo indústrias metalúrgicas.

Figura 37 – Resultados de cobre nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

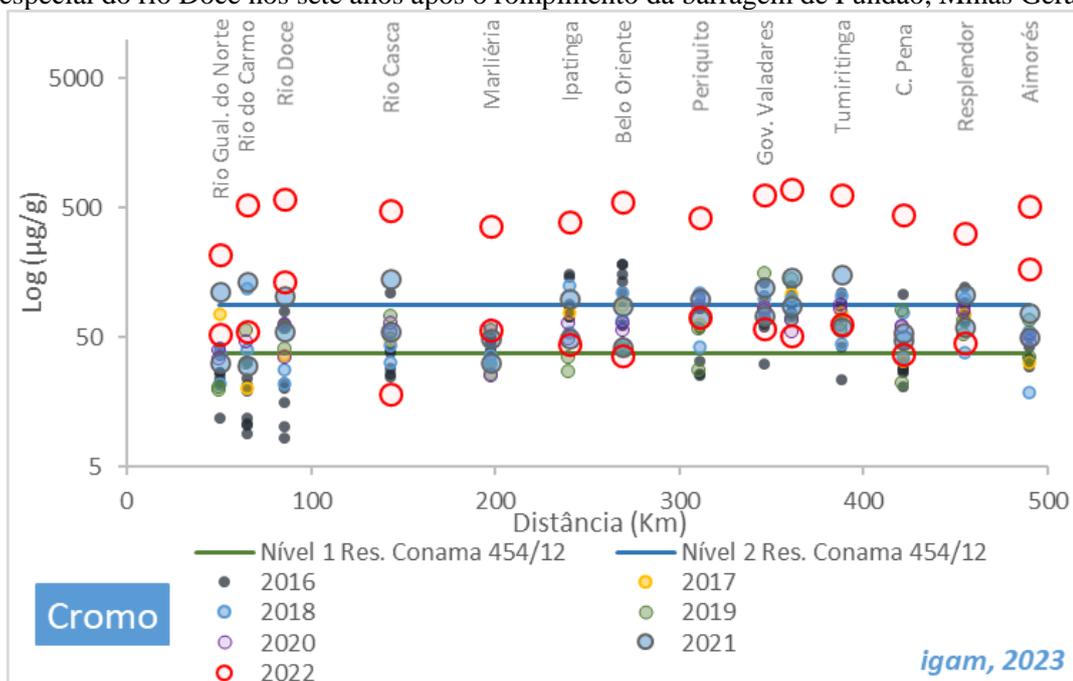


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.7 Cromo

Na Figura 38 são apresentados os resultados de cromo nos sedimentos dos anos de 2016 a 2022. Valores de cromo acima do Nível 2 (90 µg/g) da Resolução Conama nº 454/2012 foram registrados em todas as estações de monitoramento, em pelo menos um dos períodos avaliados. O Nível 1 (37,3 µg/g) da referida resolução foi superado em todas as campanhas amostrais realizadas na estação RD045, em Governador Valadares. Estes resultados reforçam a região como a mais impactada pela contaminação por metais. Também foram observados expressivos teores de cromo na estação RD059, em Resplendor, onde também não foram observados teores inferiores ao limite do Nível 1.

Figura 38 – Resultados de cromo nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

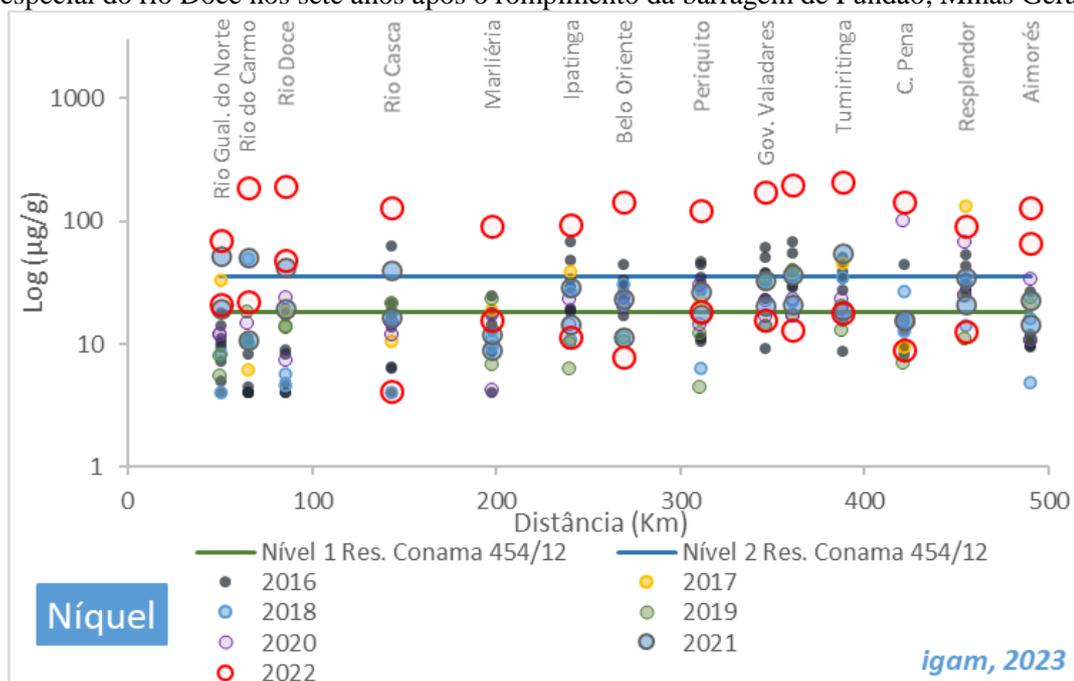


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.8 Níquel

Os resultados de níquel nos sedimentos obtidos entre 2016 e 2022 são apresentados na Figura 39. Durante o monitoramento os valores de níquel se comportaram de maneira semelhante ao cromo, apresentando concentrações acima do Nível 2 (35,9 $\mu\text{g/g}$) da Resolução Conama nº 454/2012 em todas as estações de monitoramento, em pelo menos um dos períodos avaliados. Além disso, foram observados maiores teores de níquel em Governador Valadares (RD045) e em Resplendor (RD059), onde a maior parte dos resultados superaram o nível 1 (18 $\mu\text{g/g}$). Analogamente ao cromo, os teores de níquel apresentam variação não-linear, sugerindo a presença de fontes difusas deste elemento ao longo da bacia do rio Doce.

Figura 39 – Resultados de níquel nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

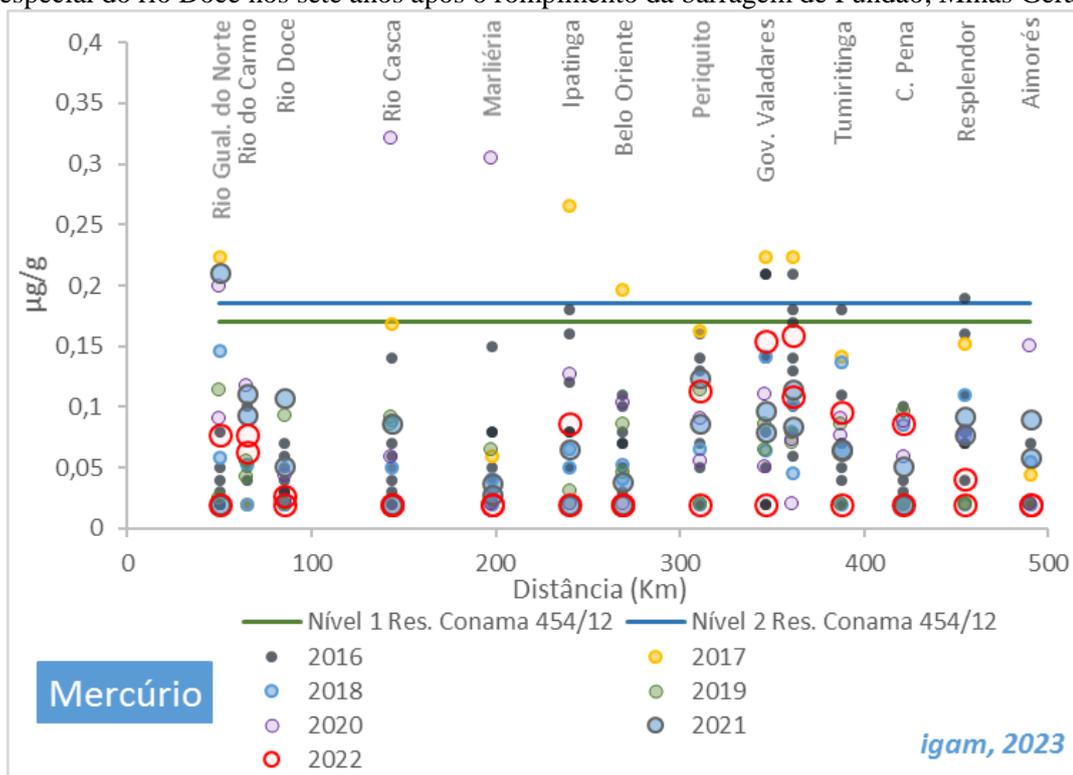


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.9 Mercúrio

Os resultados de mercúrio nos sedimentos obtidos entre 2016 e 2022 são apresentados na Figura 40. Observa-se que a maior parte dos resultados obtidos indicaram teores de mercúrio abaixo do nível Nível 1 da Conama 545/2012. Entretanto, ressalta-se que nos anos de 2016, 2017, 2020 e 2021 foram observados resultados acima do limite previsto para o Nível 2. Entre estes, o ano de 2017 foi o de piores resultados, quando 5 das 14 estações de monitoramento apontaram sedimentos com teores de mercúrio superiores ao preconizado pela resolução. Chamam a atenção a atenção os resultados da estação RD011 (a mais próxima do local do rompimento), onde observou-se amostras com teores de mercúrio acima do nível 2 em 3 dos 7 anos amostrados.

Figura 40 – Resultados de mercúrio nos sedimentos das estações de monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão, Minas Gerais

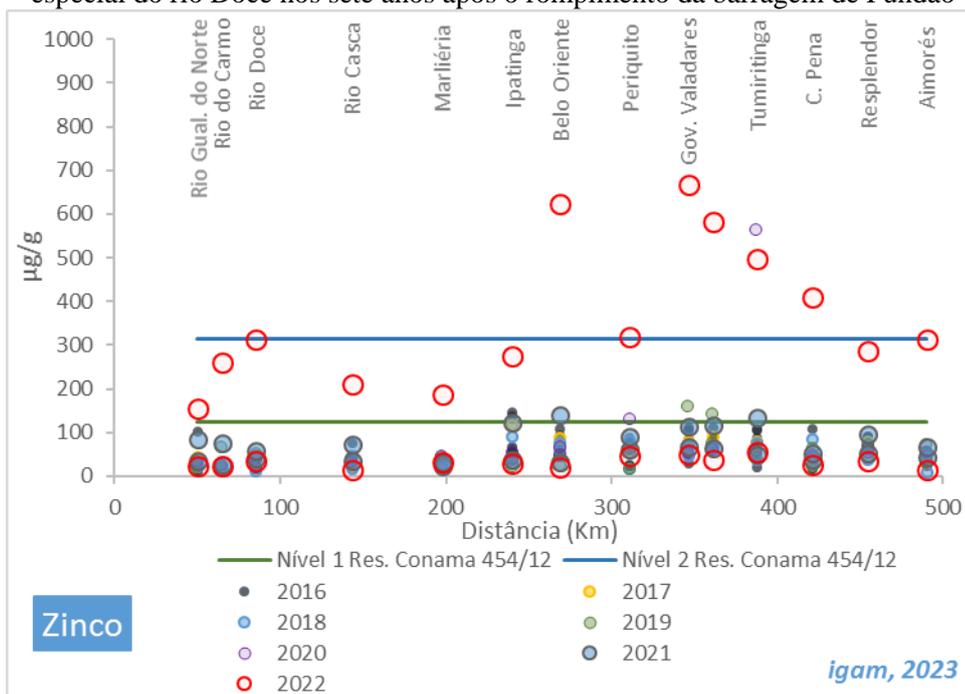


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.10 Zinco

Na Figura 41 são apresentados os resultados de zinco para os pontos localizados na calha do rio Doce, obtidos entre 2016 e 2021. Os resultados obtidos indicam que a maior parte das amostras apresentaram teores de zinco em sedimento em conformidade com o nível 2 (315 µg/g) da Conama 454/2012. Somente em 2020 e 2022 esse padrão foi superado. Considerando os teores previstos para o nível 1 (123 µg/g) da referida resolução observa-se que entre Ipatinga e Tumiritinga (RD035, RD033, RD083, RD044, RD045 e RD053) foram obtidos resultados acima do padrão em pelo menos 2 dos 7 períodos avaliados. Esses resultados reforçam que esta região é a mais impactada pela contaminação por metais em sedimentos, sugerindo a existência de outras fontes desse elemento, com indústrias metalúrgicas) ao longo da bacia do rio Doce.

Figura 41 – Resultados de zinco nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão

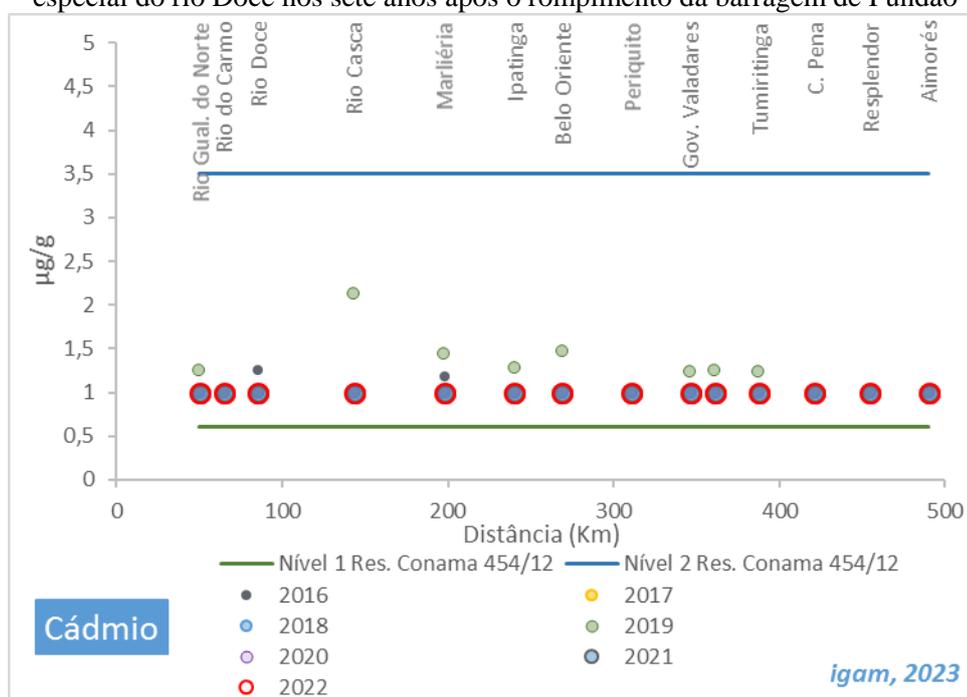


Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

4.2.11 Cádmio

A Figura 42 apresenta os resultados de cádmio em sedimentos obtidos entre 2016 e 2022. Observa-se que nenhuma das amostras coletadas indicaram teores de cádmio acima do previsto para o nível 2 (3,5 µg/g). Com exceção dos anos de 2016 e 2019 todos os demais resultados indicaram teor de cádmio em sedimento igual ao limite de quantificação do método (1,0 µg/g), que é superior ao padrão previsto para o Nível 1.

Gráfico 44 – Resultados de cádmio nos sedimentos das estações do monitoramento especial do rio Doce nos sete anos após o rompimento da barragem de Fundão



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação dos dados de qualidade de água do rio Doce, após sete anos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana, foi possível verificar o comportamento geral da área afetada em Minas Gerais, com relação aos poluentes considerados mais importantes. Tendo como referência a qualidade histórica das águas no período de cinco anos anteriores ao rompimento da barragem (2010 a 2015), observam-se comportamentos distintos para os parâmetros analisados.

De forma geral, levando-se em consideração o período e os trechos avaliados neste relatório, o ano de 2016 foi o de maior impacto sobre a qualidade das águas do rio Doce e tributários, quando foram sentidos os efeitos imediatos da passagem da pluma de rejeitos. Uma redução gradual dos valores de quase todos os parâmetros foi observada a partir de 2017. Observou-se também, maiores concentrações de diversos parâmetros em estações mais próximas ao local do desastre, além de resultados mais críticos nos anos de maiores intensidades pluviométricas.

Os parâmetros ferro dissolvido e manganês total (metais diretamente associados ao rejeito) apresentaram comportamentos distintos. As concentrações de manganês total apresentaram tendência decrescente de 2016 a 2019 e crescente entre 2020 e 2022, sendo os resultados mais críticos aqueles observados no primeiro ano após o desastre. Já o parâmetro ferro dissolvido teve concentrações mais elevadas em 2021 e 2022, apresentando tendência crescente entre 2016 e 2022.

Para o arsênio total e os metais cádmio total, cobre dissolvido, cromo total, níquel total e zinco total, os resultados apresentaram pequena variabilidade, com ocorrências dispersas ao longo do rio Doce, além da maior parte das concentrações estarem abaixo do limite de quantificação do método analítico. Já os parâmetros alumínio dissolvido e chumbo total indicaram resultados em desconformidade com a Deliberação Normativa Copam/CERH 08/2022 em todos os períodos avaliados.

A Resolução Conama nº 454/2012 não estabelece valores orientadores para os metais ferro, alumínio e manganês, em sedimentos. Desta forma, no presente relatório, foram utilizados como referência para esses metais o estudo de Costa (2015). Os resultados de ferro nos sedimentos indicaram, para todos os períodos avaliados, teores mais elevados deste metal nos

trechos mais próximos ao rompimento entre o rio Gualaxo do Norte (RD011) e o rio Doce em Ipatinga (RD035). Os dados de manganês em sedimentos apontam que durante todo o período do monitoramento especial apenas 8 resultados de manganês com teores superiores à referência utilizada, sendo estes obtidos nas estações RD011, RD071, RD072 e RD033. Na análise dos dados de alumínio nos sedimentos observaram-se valores mais elevados no trecho de jusante, entre os municípios de Periquito (RD083) e Resplendor (RD059) - comportamento oposto ao observado para os dados de ferro.

Somente o metal cádmio apresentou teores abaixo do previsto para o Nível 2 da Resolução Conama nº 454/2012 (valor acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota) em todas as campanhas de amostragem de sedimentos de fundo, em todos os pontos de monitoramento. Todos os demais metais, bem como o arsênio, apresentaram ao menos um resultado acima do padrão Nível 2. Os resultados de arsênio apresentaram teores decrescentes ao longo da bacia do rio Doce, no sentido montante para jusante. Este pode ser um indício de que a contaminação por este elemento tenha origem no rompimento da barragem de Fundão, podendo também estar associada à presença deste elemento nos sedimentos anteriores ao desastre. Para os metais chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco, estes teores tem variação não linear, indicando que possam existir outras fontes de contaminação dos sedimentos por estes metais, além do desastre ocorrido em Mariana.

Destaca-se que o monitoramento da região afetada pelo rompimento da barragem de Fundão, da Samarco Mineração S.A, continuará a ser realizado pelo Igam, para a avaliação dos impactos ocasionados nos corpos de água. Desde o mês de outubro de 2016, o monitoramento passou a ser realizado mensalmente nas 14 estações de amostragem do Monitoramento Especial das Águas Superficiais do rio Doce. A frequência de monitoramento poderá ser alterada caso seja necessário.

Anualmente, os dados do monitoramento realizado pelo Igam são consolidados na forma de relatórios técnicos, com o intuito de orientar as ações dos órgãos competentes nas esferas estadual e federal, bem como para fornecer à sociedade o conhecimento da situação da qualidade das águas atingidas pelo desastre. Todas essas informações podem ser consultadas no portal Infohidro do Igam, através do site:

<https://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/monitoramento-de-qualidade-das-aguas>

6 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Atuação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) participa da revitalização do rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão, no município de Mariana, por meio da participação em audiências públicas nos municípios atingidos pelo evento, reuniões para alinhamentos com o SISEMA e nos Comitês da Bacia do rio Doce, por meio dos técnicos inseridos nas Câmaras Técnicas do CIF (Comitê Interfederativo), acompanhando, discutindo e propondo ações para a recuperação de toda área impactada pelo rompimento da barragem, desde novembro de 2015.

O Instituto também coordenou a CT-SHQA pelo CIF, de março de 2018 a agosto de 2020, Câmara esta que atua com os programas do TTAC em saneamento básico, abastecimento público e monitoramento da qualidade das águas através do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos do Rio Doce, Área Costeira –PMQQS. Atualmente, o Igam participa do Grupo Técnico de Acompanhamento do PMQQS (GTA-PMQQS), sob coordenação da CT-SHQA, cujo objetivo é o acompanhamento e análise da implementação do PMQQS, incluindo a análise dos dados de monitoramento e dos relatórios técnicos. A CT SHQA trabalha atendendo a sete cláusulas do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta –TTAC, através do desenvolvimento dos Programas:

- Programa de coleta e tratamento de esgoto e de destinação de resíduos sólidos (compensatório) – PG31;
- Programa de melhoria dos sistemas de abastecimento de água (reparatório e compensatório) - PG32;
- Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, área estuarina e costeiras impactadas (acordo reparatório e compensatório) – PMQQS – Programa de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos – PG38;

As áreas de abrangência dos Programas propostos compreendem a Área Ambiental 1 onde se enquadram as áreas afetadas pela disposição dos rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada; e Área Ambiental 2 onde se encontram os 39 municípios banhados pelo rio Doce e pelos trechos também impactados dos rios Gualaxo do Norte e Carmo.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, de 28 de setembro de 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-deConsolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (Minas Gerais); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 09 de nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 09 de nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução Conama nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>. Acesso em: 09 nov. 2020.

COSTA, Raphael de Vicq Ferreira da. Mapeamento geoquímico e estabelecimento de valores de referência (background) de sedimentos fluviais do Quadrilátero Ferrífero. 2015. 185 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/5737>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (Minas Gerais). 5 anos desastre de Fundão: ações e desafios da recuperação. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2020/RECUPERA%C3%87%C3%83O_RIO_DOCE/5_Anos_Desastre_de_Fund%C3%A3o-web.pdf. Acesso em 21 de dezembro de 2020.

FUNDAÇÃO RENOVA. Disponível em: <https://transparencia.fundacaorenova.org/cif>. Acesso em: 15 nov. 2020

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Rio Doce no Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1632-monitoramento-da-qualidade-das-aguas-superficiais-do-rio-doce-no-estado-de-minasgerais>. Acesso em: 9 nov. 2020.

APÊNDICE A

Valores mínimos, medianos e máximos dos parâmetros, de acordo com a estação de monitoramento e o período monitorado

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Alumínio dissolvido	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,100	0,100	0,209	0,100	0,100	0,171	0,100	0,100	0,304	0,100	0,100	0,243	0,100	0,100	0,183	0,100	0,100	0,240
45 dias	0,100	0,186	0,362	0,123	0,232	1,035	0,100	0,319	2,390	0,100	0,387	2,896	0,100	0,471	23,200	0,221	0,557	11,000	0,133	0,485	32,200
2016	0,100	0,100	0,115	0,100	0,100	0,133	0,100	0,100	0,110	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,154	0,100	0,100	0,158	0,100	0,100	0,100
2017	0,024	0,069	0,154	0,020	0,072	0,161	0,020	0,074	0,128	0,021	0,100	0,271	0,034	0,076	1,516	0,020	0,071	0,820	0,038	0,073	0,191
2018	0,025	0,042	0,087	0,030	0,053	0,267	0,030	0,070	0,139	0,029	0,064	0,290	0,028	0,052	0,114	0,030	0,076	0,276	0,056	0,083	0,259
2019	0,028	0,054	0,086	0,029	0,055	0,092	0,041	0,067	0,291	0,035	0,065	0,117	0,022	0,068	0,147	0,036	0,074	0,194	0,059	0,084	0,336
2020	0,024	0,044	0,111	0,024	0,050	0,274	0,026	0,085	0,258	0,033	0,058	0,344	0,020	0,084	0,423	0,036	0,079	0,261	0,063	0,118	0,194
2021	0,020	0,020	0,080	0,020	0,027	0,222	0,020	0,045	0,201	0,020	0,043	0,188	0,020	0,049	0,228	0,020	0,068	0,192	0,034	0,058	0,169
2022	0,020	0,034	0,124	0,020	0,033	0,159	0,028	0,077	0,230	0,020	0,068	0,251	0,022	0,063	0,189	0,024	0,062	0,260	0,034	0,084	0,210
Alumínio dissolvido	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,100	0,100	0,127	0,100	0,100	0,157	0,100	0,100	0,219	0,100	0,100	0,181	0,100	0,100	0,181	0,100	0,100	0,240	0,100	0,100	0,271
45 dias	0,100	0,432	2,526	0,100	0,498	3,268	0,100	0,510	8,090	0,159	0,658	8,250	0,100	0,913	6,029	0,100	0,809	10,550	0,100	0,860	3,137
2016	0,100	0,100	0,140	0,100	0,100	0,112	0,100	0,100	0,139	0,100	0,100	0,557	0,100	0,100	0,125	0,100	0,100	0,224	0,100	0,100	0,166
2017	0,028	0,080	0,133	0,041	0,098	0,174	0,036	0,084	0,177	0,030	0,108	0,929	0,034	0,098	0,134	0,045	0,077	0,142	0,043	0,062	0,177
2018	0,048	0,083	0,106	0,040	0,100	0,174	0,039	0,090	0,315	0,042	0,110	0,402	0,060	0,093	0,288	0,047	0,096	0,630	0,025	0,109	0,234
2019	0,044	0,082	0,278	0,043	0,104	0,258	0,034	0,108	0,221	0,036	0,083	2,037	0,030	0,086	0,211	0,043	0,091	0,257	0,047	0,096	0,407
2020	0,050	0,108	0,246	0,044	0,092	0,212	0,028	0,112	0,324	0,037	0,130	0,273	0,055	0,120	3,671	0,023	0,114	0,310	0,024	0,119	0,321
2021	0,026	0,055	0,203	0,020	0,067	0,205	0,028	0,077	0,177	0,020	0,055	0,438	0,024	0,067	0,267	0,020	0,066	0,594	0,020	0,071	0,383
2022	0,026	0,089	0,298	0,031	0,077	0,409	0,026	0,065	0,148	0,052	0,106	0,772	0,020	0,106	0,466	0,021	0,101	0,830	0,026	0,101	0,944

Valor menor que o limite

Valor entre 1x e 2x o limite

Valor entre 2x e 4x o limite

Valor maior que 4x o limite

Limite DN 08/2022 = 0,1 mg/L

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Arsênio total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,0003	0,0030	0,0393	0,0003	0,0011	0,0244	0,0003	0,0007	0,0073	0,0003	0,0007	0,0054	0,0003	0,0003	0,0067	0,0003	0,0007	0,0055
45 dias	0,0012	0,0024	0,0034	0,0014	0,0023	0,0036	0,0010	0,0016	0,0034	0,0010	0,0025	0,0088	0,0015	0,0026	0,0974	0,0011	0,0027	0,0455	0,0010	0,0030	0,1080
2016	0,0010	0,0010	0,0014	0,0010	0,0031	0,0035	0,0010	0,0010	0,0019	0,0010	0,0016	0,0023	0,0010	0,0016	0,0034	0,0010	0,0012	0,0015	0,0010	0,0015	0,0025
2017	0,0010	0,0010	0,0022	0,0019	0,0027	0,0065	0,0010	0,0013	0,0113	0,0010	0,0010	0,0027	0,0010	0,0010	0,0026	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0012	0,0023
2018	0,0010	0,0010	0,0025	0,0019	0,0030	0,0051	0,0010	0,0015	0,0021	0,0010	0,0013	0,0020	0,0010	0,0011	0,0022	0,0010	0,0011	0,0017	0,0010	0,0012	0,0021
2019	0,0010	0,0010	0,0030	0,0023	0,0029	0,0038	0,0010	0,0013	0,0046	0,0010	0,0012	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0012	0,0030	0,0010	0,0012	0,0030
2020	0,0010	0,0010	0,0085	0,0023	0,0033	0,0078	0,0010	0,0014	0,0079	0,0010	0,0017	0,0065	0,0010	0,0011	0,0043	0,0010	0,0016	0,0094	0,0010	0,0012	0,0064
2021	0,0010	0,0010	0,0035	0,0023	0,0034	0,0193	0,0010	0,0012	0,0074	0,0010	0,0014	0,0059	0,0010	0,0013	0,0019	0,0010	0,0015	0,0021	0,0010	0,0015	0,0024
2022	0,0005	0,0010	0,0014	0,0010	0,0045	0,0111	0,0005	0,0011	0,0052	0,0009	0,0017	0,0051	0,0008	0,0013	0,0048	0,0005	0,0013	0,0021	0,0006	0,0014	0,0047
Arsênio total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010	0,0003	0,0003	0,0010
45 dias	0,0010	0,0033	0,0143	0,0010	0,0019	0,0363	0,0010	0,0018	0,0244	0,0010	0,0018	0,0287	0,0010	0,0019	0,0123	0,0010	0,0019	0,0037	0,0010	0,0017	0,0040
2016	0,0010	0,0010	0,0037	0,0010	0,0010	0,0056	0,0010	0,0010	0,0057	0,0010	0,0010	0,0023	0,0010	0,0010	0,0052	0,0010	0,0010	0,0043	0,0010	0,0010	0,0042
2017	0,0010	0,0010	0,0026	0,0010	0,0010	0,0016	0,0010	0,0010	0,0022	0,0010	0,0010	0,0028	0,0010	0,0010	0,0038	0,0010	0,0010	0,0024	0,0010	0,0010	0,0015
2018	0,0010	0,0010	0,0017	0,0010	0,0010	0,0017	0,0010	0,0010	0,0016	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0021	0,0010	0,0010	0,0016	0,0010	0,0010	0,0010
2019	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030
2020	0,0010	0,0010	0,0033	0,0010	0,0010	0,0045	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0045	0,0010	0,0010	0,0030	0,0010	0,0010	0,0030
2021	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0015	0,0010	0,0010	0,0016	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0022	0,0010	0,0010	0,0010
2022	0,0005	0,0009	0,0027	0,0005	0,0010	0,0018	0,0005	0,0009	0,0016	0,0005	0,0010	0,0014	0,0005	0,0010	0,0015	0,0005	0,0010	0,0020	0,0005	0,0008	0,0010
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,01 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Cádmio total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente					
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033					
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx			
SH	-	-	-	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
45 dias	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0011	0,0005	0,0005	0,0135	0,0005	0,0005	0,0080	0,0005	0,0005	0,0158	0,0005	0,0005	0,0005
2016	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2017	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2018	0,0005	0,0005	0,0023	0,0005	0,0005	0,0024	0,0005	0,0005	0,0023	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0022	0,0005	0,0005	0,0022	0,0005	0,0005	0,0024	0,0005	0,0005	0,0005
2019	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2020	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0018	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2021	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2022	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0021
Cádmio total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés					
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067					
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx			
SH	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
45 dias	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0015	0,0005	0,0005	0,0015	0,0005	0,0005	0,0009	0,0005	0,0005	0,0008	0,0005	0,0005	0,0346	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2016	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2017	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2018	0,0005	0,0005	0,0024	0,0005	0,0005	0,0022	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0035	0,0005	0,0005	0,0026	0,0005	0,0005	0,0041	0,0005	0,0005	0,0044	0,0005	0,0005	0,0005
2019	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0030	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2020	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0033	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2021	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
2022	0,0005	0,0005	0,0010	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,001 mg/L												

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Chumbo total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,0050	0,0050	0,0136	0,0050	0,0050	0,0139	0,0050	0,0050	0,0073	0,0050	0,0050	0,0095	0,0050	0,0050	0,0149	0,0050	0,0050	0,0125
45 dias	0,0169	0,0603	0,0720	0,0050	0,0131	0,0542	0,0050	0,0127	0,0563	0,0050	0,0111	0,2210	0,0050	0,0149	0,5360	0,0050	0,0200	1,6500	0,0050	0,0172	1,5000
2016	0,0050	0,0078	0,0134	0,0050	0,0050	0,0078	0,0050	0,0050	0,0272	0,0050	0,0050	0,0074	0,0050	0,0050	0,0117	0,0050	0,0050	0,0100	0,0050	0,0050	0,0157
2017	0,0050	0,0050	0,0113	0,0050	0,0050	0,0070	0,0050	0,0050	0,0134	0,0050	0,0050	0,0141	0,0050	0,0050	0,0176	0,0050	0,0050	0,0375	0,0050	0,0050	0,0267
2018	0,0050	0,0050	0,0184	0,0050	0,0050	0,0225	0,0050	0,0050	0,0188	0,0050	0,0050	0,0081	0,0050	0,0050	0,0182	0,0050	0,0050	0,0187	0,0050	0,0050	0,0204
2019	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0082	0,0050	0,0050	0,0063	0,0050	0,0050	0,0077	0,0050	0,0050	0,0089	0,0050	0,0050	0,0072
2020	0,0050	0,0050	0,0094	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0071	0,0050	0,0050	0,0148	0,0050	0,0050	0,0087	0,0050	0,0050	0,0065	0,0050	0,0050	0,0089
2021	0,0050	0,0050	0,0200	0,0050	0,0050	0,0112	0,0050	0,0050	0,0083	0,0050	0,0050	0,0200	0,0050	0,0050	0,0245	0,0050	0,0050	0,0213	0,0050	0,0050	0,0155
2022	0,0005	0,0041	0,0050	0,0005	0,0044	0,0070	0,0005	0,0044	0,0155	0,0005	0,0050	0,0416	0,0005	0,0049	0,0202	0,0005	0,0050	0,0212	0,0005	0,0050	0,0118
Chumbo total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0068	0,0050	0,0050	0,0064	0,0050	0,0050	0,0070
45 dias	0,0050	0,0168	0,1333	0,0050	0,0092	0,4240	0,0050	0,0089	0,4420	0,0050	0,0096	0,2920	0,0050	0,0125	0,2460	0,0050	0,0096	0,0789	0,0050	0,0078	0,0421
2016	0,0050	0,0050	0,0420	0,0050	0,0050	0,0560	0,0050	0,0050	0,0760	0,0050	0,0050	0,0940	0,0050	0,0050	0,0610	0,0050	0,0050	0,0790	0,0050	0,0050	0,0400
2017	0,0050	0,0050	0,0283	0,0050	0,0050	0,0678	0,0050	0,0050	0,0307	0,0050	0,0050	0,0259	0,0050	0,0050	0,0195	0,0050	0,0050	0,0182	0,0050	0,0050	0,0081
2018	0,0050	0,0050	0,0197	0,0050	0,0050	0,0180	0,0050	0,0050	0,0107	0,0050	0,0050	0,0184	0,0050	0,0050	0,0207	0,0050	0,0050	0,0387	0,0050	0,0050	0,0444
2019	0,0050	0,0050	0,0075	0,0050	0,0050	0,0083	0,0050	0,0050	0,0073	0,0050	0,0050	0,0116	0,0050	0,0050	0,0089	0,0050	0,0050	0,0067	0,0050	0,0050	0,0060
2020	0,0050	0,0050	0,0132	0,0050	0,0050	0,0078	0,0050	0,0050	0,0094	0,0050	0,0050	0,0146	0,0050	0,0050	0,0218	0,0050	0,0050	0,0103	0,0050	0,0050	0,0058
2021	0,0050	0,0050	0,0072	0,0050	0,0050	0,0088	0,0050	0,0050	0,0078	0,0050	0,0050	0,0136	0,0050	0,0050	0,0089	0,0050	0,0050	0,0087	0,0050	0,0050	0,0050
2022	0,0005	0,0048	0,0097	0,0005	0,0050	0,0219	0,0005	0,0044	0,0184	0,0005	0,0050	0,0087	0,0005	0,0050	0,0228	0,0005	0,0050	0,0238	0,0005	0,0044	0,0084
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,01 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Cobre dissolvido	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente			
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033			
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	
SH	-	-	-	0,0040	0,0040	0,0083	0,0040	0,0040	0,0055	0,0040	0,0040	0,0054	0,0040	0,0040	0,0049	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0044
45 dias	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,6750	0,0040	0,0040	0,0108	0,0040	0,0040	0,0061	0,0040	0,0040	0,0343	
2016	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	
2017	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	
2018	0,0040	0,0040	0,0044	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	
2019	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	
2020	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0055	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	
2021	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0154	0,0040	0,0040	0,0048	0,0040	0,0040	0,0052	
2022	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0062	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0072	0,0040	0,0040	0,0116	
Cobre dissolvido	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés			
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067			
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	
SH	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0046	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0045	0,0040	0,0040	0,0110	0,0040	0,0040	0,0040	
45 dias	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0058	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0076	0,0040	0,0040	0,0078	0,0040	0,0040	0,0050	
2016	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0157	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0049	0,0040	0,0040	0,0040	
2017	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0084	0,0040	0,0040	0,0051	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0375	
2018	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0097	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0050	
2019	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0053	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0100	
2020	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0087	0,0040	0,0040	0,0071	
2021	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0131	0,0040	0,0040	0,0050	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0059	0,0040	0,0040	0,0054	0,0040	0,0040	0,0040	
2022	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0040	0,0144	0,0040	0,0040	0,0043	0,0040	0,0040	0,0065	0,0040	0,0040	0,0067	
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,009 mg/L										

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Condutividade elétrica in loco	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	31,7	53,5	84,3	33,9	51,8	73,9	34,4	49,2	74,1	35,9	51,0	72,1	40,1	57,2	110,0	49,8	84,8	168,0
45 dias	66,3	99,8	117,0	51,0	81,9	98,8	44,1	71,4	245,0	43,4	75,0	312,0	43,2	78,7	312,0	46,5	80,4	290,0	59,6	106,0	306,0
2016	40,6	72,5	78,5	58,3	69,8	96,0	47,6	62,8	79,6	44,8	60,6	74,6	49,1	61,4	78,3	54,1	71,8	102,0	59,0	116,0	140,0
2017	41,7	69,2	82,5	64,4	87,7	148,0	58,1	64,3	88,8	57,0	61,0	90,6	49,9	62,1	89,9	63,6	80,2	102,0	55,1	129,0	166,0
2018	37,1	53,1	70,6	54,9	67,6	103,0	44,2	58,0	86,3	40,3	58,8	77,3	47,1	56,8	74,5	49,6	69,7	86,3	60,0	102,0	136,0
2019	44,1	59,2	69,2	47,7	61,2	73,0	47,9	62,4	81,7	48,7	56,2	92,4	48,6	54,7	70,4	54,8	67,5	81,9	60,2	95,3	127,0
2020	28,0	49,9	62,5	25,4	48,0	75,0	35,2	49,0	61,5	32,3	47,8	59,2	38,4	50,1	63,3	53,2	57,2	69,5	44,8	75,3	119,0
2021	32,9	53,9	120,1	41,0	58,6	111,5	37,0	52,3	93,9	28,0	49,3	59,9	34,0	51,5	62,9	48,0	57,3	69,9	55,6	85,7	116,9
2022	31,8	50,4	74,5	33,5	51,7	82,1	36,9	49,2	92,0	32,2	49,8	90,2	37,7	53,8	124,6	42,8	61,3	80,0	47,1	72,7	101,6
Condutividade elétrica in loco	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	37,0	63,7	125,0	44,0	72,8	129,0	42,2	64,3	111,0	49,8	71,4	114,0	49,1	69,1	114,0	48,2	68,3	110,0	48,0	65,7	116,0
45 dias	54,2	102,0	248,0	56,4	103,0	218,0	61,4	98,4	214,0	71,3	107,5	221,0	65,9	104,0	200,0	63,6	104,0	190,0	68,2	110,0	163,0
2016	33,5	88,8	126,0	45,1	97,5	115,0	58,2	88,5	118,0	60,4	88,2	100,0	52,0	88,0	102,0	56,7	83,9	104,0	60,0	82,4	178,0
2017	47,1	108,5	155,0	47,7	106,0	139,0	56,2	104,4	142,0	59,8	111,5	148,0	59,3	105,5	142,0	61,5	97,1	142,0	60,1	94,9	118,0
2018	30,7	75,9	118,3	42,8	77,8	104,9	50,2	72,4	102,7	54,3	79,2	113,8	44,2	77,6	109,5	53,7	79,7	102,3	54,5	70,0	93,2
2019	43,3	94,1	131,0	50,3	82,3	114,0	50,6	77,9	118,0	56,3	82,6	109,0	48,7	76,6	120,0	42,5	85,8	126,0	55,2	77,4	109,0
2020	30,7	60,4	97,5	39,2	62,7	99,4	40,8	60,0	101,0	46,1	63,8	95,0	39,4	63,5	99,2	46,9	65,6	102,0	48,1	62,8	85,6
2021	40,0	73,3	104,4	46,3	71,8	108,0	46,7	71,5	104,5	55,5	74,7	94,0	50,0	69,2	89,9	51,7	71,9	88,9	57,9	69,8	84,5
2022	36,5	66,8	93,7	40,9	72,9	89,2	41,1	67,6	81,1	56,7	74,2	82,2	47,7	73,1	83,0	50,9	70,0	86,3	49,8	68,2	80,7
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = não há									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Cromo total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente					
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033					
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx			
SH	-	-	-	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
45 dias	0,040	0,040	0,058	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,070	0,040	0,040	1,658	0,040	0,040	1,730	0,040	0,040	2,863
2016	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,051	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2017	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,051	0,040	0,040	0,040
2018	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2019	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2020	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2021	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2022	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,024	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,025	0,040	0,005	0,024	0,040	0,005	0,024	0,040
Cromo total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés					
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067					
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx			
SH	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
45 dias	0,040	0,040	0,070	0,040	0,040	0,298	0,040	0,040	0,320	0,040	0,040	0,309	0,040	0,040	0,132	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2016	0,040	0,040	0,051	0,040	0,040	0,118	0,040	0,040	0,112	0,040	0,040	0,217	0,040	0,040	0,097	0,040	0,040	0,091	0,040	0,040	0,074	0,040	0,040	0,040
2017	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,054	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2018	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2019	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2020	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2021	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
2022	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,031	0,040	0,005	0,024	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040	0,005	0,023	0,040
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,05 mg/L												

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Ferro dissolvido	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,049	0,113	0,279	0,069	0,149	0,538	0,049	0,123	0,488	0,047	0,121	0,358	0,055	0,115	0,457	0,040	0,116	0,382
45 dias	0,166	0,431	0,951	0,431	0,939	2,620	0,165	1,014	6,758	0,207	1,076	18,730	0,195	1,397	23,600	0,631	1,654	18,010	0,226	1,238	32,260
2016	0,073	0,153	0,238	0,069	0,160	0,291	0,157	0,234	0,299	0,074	0,167	0,251	0,101	0,157	0,275	0,091	0,170	0,265	0,037	0,189	0,325
2017	0,114	0,158	0,317	0,084	0,137	0,311	0,065	0,188	0,311	0,084	0,189	0,313	0,075	0,154	1,241	0,052	0,129	0,596	0,090	0,155	0,412
2018	0,150	0,221	0,330	0,145	0,213	0,645	0,154	0,275	0,545	0,146	0,255	0,561	0,116	0,176	0,428	0,091	0,244	0,443	0,109	0,213	0,306
2019	0,135	0,214	0,375	0,122	0,224	0,368	0,181	0,343	0,999	0,119	0,293	0,565	0,132	0,199	0,490	0,084	0,227	0,755	0,086	0,204	0,963
2020	0,143	0,238	0,345	0,163	0,233	0,345	0,177	0,369	0,582	0,134	0,395	0,760	0,139	0,309	1,145	0,130	0,252	0,467	0,152	0,304	0,365
2021	0,085	0,201	0,470	0,105	0,197	0,920	0,161	0,310	0,718	0,170	0,260	0,599	0,123	0,274	0,433	0,093	0,226	0,566	0,088	0,220	0,516
2022	0,148	0,315	0,578	0,103	0,248	0,437	0,118	0,354	0,732	0,103	0,290	1,032	0,174	0,300	0,635	0,125	0,241	0,466	0,148	0,315	0,562
Ferro dissolvido	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,052	0,123	0,381	0,040	0,138	0,573	0,044	0,179	0,449	0,043	0,135	0,476	0,049	0,128	0,624	0,037	0,108	0,580	0,031	0,094	0,396
45 dias	0,087	0,938	4,583	0,068	0,942	3,490	0,074	0,898	6,900	0,226	1,021	7,130	0,083	1,634	5,670	0,060	1,704	8,615	0,030	1,559	4,456
2016	0,103	0,177	0,368	0,121	0,173	0,279	0,175	0,214	0,326	0,078	0,174	0,768	0,075	0,158	0,297	0,088	0,167	0,433	0,044	0,087	0,764
2017	0,062	0,129	0,338	0,069	0,186	0,272	0,060	0,117	0,357	0,051	0,208	0,543	0,055	0,127	0,193	0,039	0,142	0,263	0,035	0,065	0,343
2018	0,105	0,285	0,421	0,097	0,282	0,500	0,064	0,273	0,712	0,067	0,274	0,725	0,057	0,276	0,614	0,068	0,277	1,069	0,039	0,248	0,436
2019	0,095	0,198	0,483	0,065	0,259	0,614	0,049	0,255	0,571	0,052	0,199	1,858	0,038	0,179	0,420	0,030	0,233	0,467	0,030	0,187	1,225
2020	0,149	0,323	0,543	0,107	0,320	0,506	0,093	0,385	0,917	0,086	0,347	0,717	0,082	0,313	0,612	0,059	0,398	0,576	0,057	0,363	0,566
2021	0,111	0,248	0,522	0,057	0,250	0,702	0,093	0,235	0,530	0,077	0,196	0,955	0,065	0,414	0,764	0,044	0,245	0,773	0,030	0,220	1,142
2022	0,153	0,294	0,689	0,134	0,279	0,794	0,126	0,254	0,488	0,121	0,334	0,780	0,090	0,248	0,745	0,094	0,247	0,694	0,058	0,285	0,785
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,3 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Manganês total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,035	0,130	1,655	0,026	0,075	1,520	0,035	0,083	0,577	0,036	0,091	0,304	0,044	0,109	0,345	0,029	0,095	0,561
45 dias	3,565	13,140	18,880	0,830	2,770	13,400	0,348	2,710	15,010	0,127	1,610	32,300	0,543	2,270	936,00	0,271	2,960	351,00	0,042	2,620	857,00
2016	0,349	0,547	1,776	0,061	0,309	1,375	0,104	0,135	3,675	0,170	0,301	0,898	0,203	0,271	0,870	0,162	0,270	0,695	0,048	0,202	1,510
2017	0,040	0,232	2,723	0,031	0,105	1,840	0,036	0,082	2,316	0,075	0,129	0,757	0,088	0,121	0,842	0,087	0,130	1,821	0,053	0,078	0,878
2018	0,033	0,169	2,187	0,022	0,168	1,343	0,022	0,181	0,468	0,008	0,179	0,481	0,021	0,137	0,377	0,033	0,189	0,414	0,032	0,148	0,311
2019	0,036	0,119	0,609	0,044	0,114	0,397	0,033	0,059	0,383	0,047	0,077	0,390	0,048	0,077	0,354	0,056	0,107	0,357	0,045	0,072	0,334
2020	0,037	0,081	4,155	0,052	0,142	1,352	0,036	0,071	1,144	0,062	0,101	0,979	0,043	0,101	0,773	0,049	0,208	0,438	0,044	0,114	0,712
2021	0,036	0,174	5,797	0,032	0,162	4,843	0,023	0,107	1,790	0,042	0,110	1,423	0,023	0,109	0,809	0,029	0,149	0,726	0,046	0,109	1,093
2022	0,060	0,163	1,458	0,074	0,201	1,111	0,040	0,110	0,629	0,104	0,213	0,837	0,084	0,175	1,497	0,014	0,217	0,587	0,031	0,159	0,588
Manganês total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,022	0,042	0,113	0,019	0,030	0,160	0,016	0,039	0,144	0,015	0,043	0,113	0,016	0,035	0,117	0,014	0,030	0,095	0,010	0,025	0,085
45 dias	0,141	2,055	21,850	0,158	0,810	67,200	0,188	0,740	40,800	0,120	0,750	31,410	0,140	0,900	19,390	0,120	0,466	4,540	0,052	0,210	1,820
2016	0,030	0,046	2,564	0,021	0,038	5,166	0,014	0,037	5,637	0,020	0,036	2,745	0,021	0,026	4,127	0,021	0,029	3,300	0,011	0,018	1,578
2017	0,021	0,040	0,837	0,024	0,068	0,920	0,018	0,038	0,789	0,018	0,045	0,773	0,031	0,047	0,750	0,025	0,045	0,630	0,011	0,026	0,173
2018	0,024	0,041	0,485	0,020	0,040	0,481	0,010	0,037	0,451	0,007	0,042	0,205	0,019	0,038	0,735	0,009	0,031	0,255	0,009	0,022	0,236
2019	0,023	0,036	0,129	0,017	0,033	0,173	0,014	0,030	0,207	0,013	0,030	0,218	0,013	0,030	0,179	0,016	0,028	0,192	0,005	0,015	0,053
2020	0,028	0,045	0,714	0,020	0,060	0,616	0,016	0,058	0,726	0,019	0,059	0,198	0,019	0,057	0,709	0,013	0,074	0,164	0,007	0,028	0,246
2021	0,026	0,038	0,234	0,019	0,032	0,335	0,013	0,027	0,323	0,015	0,026	0,534	0,008	0,029	0,313	0,004	0,032	0,228	0,003	0,011	0,094
2022	0,044	0,088	0,693	0,024	0,045	0,510	0,021	0,049	0,389	0,022	0,069	0,295	0,014	0,074	0,577	0,014	0,055	0,579	0,006	0,021	0,187
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,1 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Mercúrio total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
45 dias	0,200	0,200	0,889	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,293	0,200	0,200	0,239	0,200	0,200	0,23	0,200	0,200	0,20	0,200	0,200
2016	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,326	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,451	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2017	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2018	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2019	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2020	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2021	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2022	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Mercúrio total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
45 dias	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,225	0,200	0,200	0,259	0,200	0,200	0,397	0,200	0,200	0,402	0,200	0,200	0,529	0,200	0,200	0,489
2016	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,304	0,200	0,200	0,239	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,223	0,200	0,200	0,200
2017	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2018	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2019	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2020	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2021	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
2022	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,2 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Níquel total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,010
45 dias	0,007	0,024	0,041	0,004	0,006	0,029	0,004	0,008	0,024	0,004	0,005	0,099	0,004	0,007	2,280	0,004	0,010	0,951	0,004	0,009	2,130
2016	0,004	0,005	0,009	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,013	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,009
2017	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,015	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,015	0,004	0,004	0,027	0,004	0,004	0,022
2018	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,009
2019	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,009
2020	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,014	0,004	0,004	0,012	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,010	0,004	0,004	0,026
2021	0,004	0,004	0,012	0,004	0,004	0,015	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,012	0,004	0,004	0,018	0,004	0,004	0,012	0,004	0,004	0,013
2022	0,001	0,003	0,006	0,001	0,004	0,007	0,001	0,004	0,011	0,001	0,004	0,011	0,001	0,003	0,020	0,001	0,004	0,009	0,001	0,004	0,008
Níquel total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,005
45 dias	0,004	0,009	0,070	0,004	0,004	0,216	0,004	0,004	0,211	0,004	0,004	0,250	0,004	0,006	0,106	0,004	0,004	0,034	0,004	0,004	0,015
2016	0,004	0,004	0,015	0,004	0,004	0,036	0,004	0,004	0,036	0,004	0,004	0,089	0,004	0,004	0,032	0,004	0,004	0,031	0,004	0,004	0,023
2017	0,004	0,004	0,019	0,004	0,004	0,018	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,014	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,005
2018	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,007
2019	0,004	0,004	0,015	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
2020	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,009	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,010	0,004	0,004	0,023	0,004	0,004	0,022	0,004	0,004	0,013
2021	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,014	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,007	0,004	0,004	0,005
2022	0,001	0,003	0,005	0,001	0,003	0,007	0,001	0,003	0,007	0,001	0,004	0,009	0,001	0,004	0,013	0,001	0,004	0,016	0,001	0,003	0,006
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor maior que 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,025 mg/L									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Oxigênio dissolvido	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	7,5	8,2	9,5	6,8	8,0	9,5	6,7	7,8	8,9	7,3	8,1	9,7	6,4	7,7	9,1	7,5	8,4	10,3
45 dias	7,1	7,3	7,8	6,4	7,4	7,7	0,6	7,2	8,0	0,5	6,6	7,6	0,5	7,2	8,0	0,5	6,5	7,4	0,5	7,1	8,2
2016	8,0	8,1	8,2	7,5	7,9	9,0	7,7	8,0	9,3	7,3	7,7	8,6	7,3	8,0	9,1	6,9	7,3	8,7	7,7	8,1	9,0
2017	7,1	8,0	9,1	7,4	7,9	8,8	7,5	7,9	9,0	7,1	7,8	8,5	7,5	8,0	9,0	6,6	7,6	8,2	7,3	8,2	8,6
2018	7,9	8,1	9,4	7,7	8,2	9,3	7,7	8,1	9,0	6,8	7,7	8,2	7,4	7,9	8,8	6,9	7,6	8,0	7,5	8,2	8,8
2019	6,8	8,0	9,6	6,9	8,0	9,2	7,2	7,8	8,6	6,9	7,6	8,6	7,1	7,9	8,9	6,5	7,5	8,5	7,3	7,8	8,8
2020	6,0	8,3	9,6	5,4	8,0	9,9	5,8	8,1	9,5	6,0	7,9	9,4	5,9	8,3	9,7	5,8	8,1	9,1	5,8	8,9	9,4
2021	6,2	8,2	9,6	5,7	8,1	9,3	5,4	7,9	9,0	6,2	7,9	8,9	6,5	8,3	9,1	6,5	8,0	8,5	6,5	8,5	9,4
2022	5,5	8,6	9,4	5,8	8,4	9,2	4,5	8,3	9,1	6,1	8,1	8,9	7,5	8,3	9,1	5,3	8,0	8,8	7,0	8,5	9,3
Oxigênio dissolvido	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	6,4	7,6	10,2	5,9	7,7	9,8	6,3	7,6	9,8	6,7	7,6	9,5	6,9	7,7	10,0	7,0	7,8	10,7	6,6	7,5	8,9
45 dias	0,5	5,3	7,1	0,5	6,7	8,1	0,5	6,6	7,6	0,5	6,3	7,3	1,1	6,9	7,5	1,4	6,7	8,2	4,4	7,4	8,2
2016	6,2	7,5	8,2	6,6	7,5	8,6	7,0	7,5	8,2	6,7	8,0	8,9	6,9	7,9	8,6	6,9	7,9	8,4	7,0	7,9	8,9
2017	6,3	7,4	8,2	7,0	7,6	8,2	6,9	7,5	8,3	7,2	7,5	9,3	7,3	7,7	8,7	7,3	7,7	8,2	6,9	7,7	8,9
2018	6,8	7,3	8,0	6,5	7,4	8,9	7,2	7,6	8,4	7,0	7,4	8,6	7,0	7,7	8,5	6,8	7,8	8,3	6,5	7,5	8,6
2019	6,3	7,5	9,0	6,6	7,4	8,9	6,7	7,5	8,6	6,7	7,6	8,5	6,9	7,6	8,4	6,9	7,6	8,9	6,5	7,5	8,5
2020	5,5	7,9	9,0	5,0	7,9	9,2	5,4	7,8	9,0	6,0	7,5	9,0	5,6	7,9	9,1	6,1	7,8	9,3	5,0	8,1	8,9
2021	6,5	7,6	8,4	6,4	7,6	8,8	6,2	7,6	8,5	6,3	7,7	8,6	6,4	7,9	8,7	6,5	7,9	8,9	6,4	7,7	8,5
2022	6,7	7,9	8,6	7,1	7,8	8,8	7,0	7,8	8,8	6,4	7,8	8,6	7,1	7,8	8,5	7,0	8,0	8,6	6,9	7,7	8,4
Valor maior que o limite			Valor até 1/2 do limite			Valor entre 1/2 e 1/4 do limite			Valor menor que 1/4 do limite			Limite DN 08/2022 = OD ≥ 5									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

pH in loco	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	6,3	6,8	7,8	5,9	7,0	7,7	6,2	6,9	7,7	6,0	6,9	7,9	5,9	6,9	7,7	6,0	6,9	7,5
45 dias	6,6	7,1	8,0	6,7	7,4	8,0	6,5	7,7	7,9	6,6	7,4	7,7	6,5	7,4	7,7	6,7	7,3	7,6	6,1	7,3	7,6
2016	5,8	6,7	7,8	6,2	7,1	7,4	6,2	7,2	7,7	6,1	7,2	7,5	6,1	7,4	7,7	6,1	7,2	7,5	6,3	7,1	7,5
2017	6,7	7,2	8,0	6,4	7,3	8,0	6,3	7,2	7,9	6,5	7,3	7,9	6,1	7,1	7,9	6,1	7,3	7,9	6,3	6,8	7,6
2018	6,3	7,1	7,8	6,1	6,8	7,3	5,7	6,9	7,5	5,8	7,0	7,5	6,0	6,9	7,3	5,8	6,9	7,2	5,9	6,6	7,3
2019	6,1	7,0	7,8	6,1	7,1	7,8	6,1	7,0	7,6	6,1	7,0	7,6	6,2	6,8	7,6	6,2	7,0	7,7	6,0	7,0	7,6
2020	6,1	6,9	7,7	5,8	6,7	8,3	6,1	6,6	8,0	6,1	6,5	7,9	6,0	6,6	8,0	6,1	6,6	7,8	5,8	6,6	7,5
2021	6,1	6,9	7,6	5,5	6,7	7,1	5,4	6,6	7,6	5,4	6,6	7,6	4,7	6,5	7,6	5,6	6,4	7,0	5,6	6,5	7,6
2022	6,2	6,8	7,6	6,2	6,8	7,5	6,1	6,8	7,7	6,1	6,8	7,3	6,1	6,7	7,4	6,1	6,9	7,5	6,2	6,8	7,5
pH in loco	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	5,9	6,9	8,3	6,1	7,0	7,5	6,2	7,0	8,2	5,8	7,0	8,2	6,2	7,0	8,9	6,3	7,2	8,8	6,1	7,0	7,6
45 dias	6,0	7,1	7,4	6,0	7,0	7,6	6,1	7,2	7,4	6,0	7,2	7,6	6,0	7,3	7,7	5,8	7,1	7,8	5,3	7,0	7,6
2016	6,0	7,1	7,8	6,1	7,2	7,8	6,2	7,0	7,7	5,9	7,3	8,1	6,2	7,4	7,8	6,2	7,4	8,6	6,1	7,1	7,8
2017	6,3	6,9	7,6	6,3	7,1	7,6	6,3	7,0	7,5	6,6	7,0	8,9	6,9	7,1	8,2	6,5	7,1	7,9	6,7	7,1	7,6
2018	5,7	6,7	7,0	5,9	6,7	7,4	5,9	6,9	7,2	6,0	6,8	7,2	6,1	6,9	7,4	6,0	6,7	7,4	6,1	6,7	7,2
2019	6,0	6,8	7,6	6,2	7,0	7,9	6,2	6,9	7,5	6,3	7,2	8,1	6,2	7,0	7,7	6,2	7,2	7,8	6,1	7,0	7,5
2020	6,0	6,5	7,6	5,6	6,6	7,7	5,6	6,5	7,7	5,9	6,4	7,7	6,2	6,6	7,9	5,5	6,7	7,9	5,8	6,6	7,8
2021	5,5	6,5	7,2	5,5	6,5	7,1	5,6	6,6	7,5	5,2	6,6	7,5	5,8	6,7	7,6	5,9	6,8	7,8	5,7	6,5	7,1
2022	6,2	6,7	7,3	6,1	6,9	7,4	6,1	6,8	7,7	6,1	6,8	7,5	6,3	6,9	7,6	6,2	6,9	7,6	6,2	6,8	7,5
			pH entre 6,0 e 9,0			pH menor que 6 ou maior que 9									Limite DN 08/2022 = 6 ≤ pH ≤ 9						

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Sólidos dissolvidos totais	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	28	41	96	28	47	74	29	44	84	27	44	65	28	46	91	30	63	108
45 dias	120	190	250	60	200	460	30	170	380	40	200	390	30	210	430	50	190	470	50	200	630
2016	59	92	184	66	110	142	45	68	154	50	87	146	51	79	286	56	76	162	62	107	188
2017	52	72	144	66	79	148	43	70	119	57	66	254	48	72	384	66	76	361	86	114	408
2018	36	44	87	36	50	80	43	59	85	45	62	121	42	60	92	45	71	90	61	86	98
2019	30	46	66	30	42	58	30	46	115	31	50	75	34	50	95	33	59	100	46	77	109
2020	30	44	90	31	43	130	30	42	142	27	46	93	33	47	96	41	72	98	45	85	100
2021	30	42	58	13	39	53	26	36	80	27	45	105	29	52	125	24	54	206	48	72	172
2022	22	37	49	20	35	46	20	37	60	19	32	51	25	43	81	20	40	61	33	51	90
Sólidos dissolvidos totais	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	39	53	92	28	57	163	36	53	78	34	55	78	40	52	132	36	54	149	31	50	140
45 dias	40	180	430	73	210	940	20	160	440	40	175	730	50	190	2110	40	210	660	40	164	930
2016	50	85	110	46	69	136	52	70	136	57	77	336	60	73	148	58	80	152	60	76	208
2017	85	96	453	71	85	586	68	90	195	68	84	354	67	92	260	62	94	312	58	81	193
2018	55	66	75	44	69	79	46	65	87	43	71	108	58	70	145	41	73	127	49	69	167
2019	48	63	75	42	60	71	37	58	77	50	64	91	37	59	83	41	66	96	41	57	110
2020	38	58	76	43	58	81	33	64	83	34	58	183	38	63	167	37	59	136	42	59	207
2021	45	55	83	29	57	125	38	55	124	36	59	213	38	61	136	33	48	157	39	55	231
2022	27	46	70	27	45	62	25	41	65	40	44	69	32	44	63	38	50	68	31	44	66
	Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor > 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 500 mg/L								

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Sólidos em suspensão totais	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	2	15	1088	2	12	894	2	12	202	2	21	187	2	30	230	2	26	678
45 dias	3640	12430	16690	860	2460	22600	206	2420	112280	146	1090	221110	370	1310	344550	152	1930	123850	324	1720	204230
2016	85	176	776	34	294	1692	19	80	5160	40	214	986	51	139	702	79	130	776	26	102	1180
2017	9	41	522	3	40	370	4	15	579	13	52	443	23	49	446	13	21	1633	2	26	865
2018	3	34	490	2	22	506	5	38	249	2	42	286	2	34	160	8	48	285	14	58	120
2019	2	13	57	2	11	53	5	9	221	2	13	97	3	17	100	7	21	147	2	30	169
2020	2	19	703	2	28	299	2	36	300	6	27	434	8	36	364	10	36	212	13	48	303
2021	2	26	366	2	17	471	2	33	326	2	25	439	2	30	1168	5	83	1003	5	27	940
2022	2	13	324	3	20	516	2	63	689	15	89	886	9	72	897	12	94	786	16	64	543
Sólidos em suspensão totais	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	2	12	107	2	9	84	2	11	157	2	14	116	2	17	255	2	16	99	2	14	74
45 dias	33	1170	8760	7	530	20370	15	530	20770	6	585	29540	19	760	13650	4	580	5700	5	310	2470
2016	5	19	1080	7	14	2880	6	22	4432	2	21	4712	4	13	3144	2	14	2652	4	14	1889
2017	3	14	863	2	26	1396	4	15	762	9	13	819	3	29	391	2	33	337	5	21	139
2018	3	15	252	2	18	397	2	16	314	2	14	129	5	15	460	3	18	213	4	11	235
2019	2	10	82	6	11	116	3	15	106	2	13	128	4	12	117	3	14	83	2	16	52
2020	4	28	318	9	40	317	8	19	320	6	25	224	6	39	537	2	22	186	2	13	316
2021	2	14	251	2	17	314	2	24	146	2	7	2830	2	17	260	3	18	238	2	10	136
2022	8	43	274	2	41	560	3	38	528	5	42	393	7	67	1182	9	40	1286	3	16	530
Valor menor que o limite ● Valor entre 1x e 2x o limite ● Valor entre 2x e 4x o limite ● Valor > 4x o limite ■ Limite DN 08/2022 = 100 mg/L																					

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Turbidez	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	2	11	744	1	10	604	3	12	318	2	16	280	3	19	382	2	20	955
45 dias	4296	15938	32510	2139	8182	32848	453	8540	435400	502	5110	597400	622	6370	606200	381	6350	334600	572	5850	497500
2016	169	353	4105	42	135	5228	50	77	5880	174	376	1125	139	256	3198	134	263	2682	93	196	3279
2017	12	86	1462	6	36	608	7	25	1094	25	80	1114	47	85	4489	35	62	3062	11	56	2398
2018	6	40	732	8	32	521	6	67	317	9	79	663	7	47	250	15	62	337	16	69	240
2019	4	27	118	4	20	73	4	20	370	7	19	167	8	36	204	6	36	243	6	31	287
2020	4	17	885	5	11	540	4	16	536	8	30	652	12	35	543	15	60	384	13	55	447
2021	5	38	1036	4	31	448	4	64	355	6	53	635	7	49	1950	8	60	1836	7	50	1411
2022	8	26	375	5	29	321	5	57	743	14	74	1248	14	65	870	11	88	814	18	72	451
Turbidez	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	3	21	181	2	11	217	1	14	233	2	16	97	2	17	157	3	15	123	2	13	177
45 dias	35	5170	21480	5	2457	140000	5	2676	81440	5	2683	74160	5	2565	89220	4	2572	28500	3	1864	10050
2016	41	65	3017	19	33	3640	11	30	4672	6	25	4200	3	20	9168	4	20	6600	4	18	6500
2017	6	40	2524	5	44	3849	5	24	1449	4	25	2401	3	52	1025	4	53	725	5	26	426
2018	9	31	612	7	24	694	5	26	674	5	24	364	5	26	919	5	28	626	4	29	591
2019	5	19	150	4	12	177	3	12	204	2	12	213	2	10	183	4	10	197	2	10	147
2020	8	30	315	7	57	461	5	33	463	6	37	925	5	42	1346	7	33	447	3	36	508
2021	8	33	241	7	29	324	4	30	251	4	27	1064	4	29	408	4	23	368	2	12	274
2022	11	47	385	6	36	710	5	45	771	4	48	387	4	55	1251	3	49	1375	2	26	465
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor > 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 100 NTU									

Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Zinco total	Rio G. do Norte			Rio do Carmo			Rio Doce			Rio Casca			Marliéria			Ipatinga			B. Oriente		
	RD011			RD071			RD072			RD019			RD023			RD035			RD033		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	-	-	-	0,020	0,020	0,060	0,020	0,020	0,074	0,020	0,021	0,049	0,020	0,023	0,063	0,020	0,027	0,071	0,020	0,024	0,068
45 dias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	0,020	0,020	0,020	0,020	0,025	0,440	0,020	0,020	0,063	0,020	0,020	0,027	0,020	0,022	0,042	0,020	0,034	0,092	0,020	0,029	0,047
2017	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,023	0,020	0,020	0,024	0,020	0,020	0,045	0,020	0,026	0,064	0,020	0,035	0,134
2018	0,020	0,020	0,364	0,020	0,020	0,025	0,020	0,020	0,525	0,020	0,020	0,206	0,020	0,020	0,030	0,020	0,020	0,278	0,020	0,020	0,048
2019	0,020	0,020	0,042	0,020	0,020	0,042	0,020	0,020	0,040	0,020	0,020	0,070	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,076	0,020	0,020	0,036
2020	0,020	0,020	0,046	0,020	0,020	0,039	0,020	0,020	0,055	0,020	0,020	0,054	0,020	0,020	0,063	0,020	0,020	0,044	0,020	0,020	0,054
2021	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,020	0,106
2022	0,005	0,020	0,033	0,005	0,020	0,034	0,005	0,020	0,034	0,005	0,020	0,137	0,005	0,020	0,028	0,005	0,020	0,059	0,005	0,020	0,056
Zinco total	Periquito			Governador Valadares			Governador Valadares			Tumiritinga			C. Pena			Resplendor			Aimorés		
	RD083			RD044			RD045			RD053			RD058			RD059			RD067		
	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx
SH	0,020	0,020	0,031	0,020	0,022	0,082	0,020	0,020	0,076	0,020	0,022	0,183	0,020	0,025	0,175	0,020	0,032	0,099	0,020	0,025	0,086
45 dias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016	0,020	0,020	0,056	0,020	0,020	0,128	0,020	0,020	0,174	0,020	0,020	0,296	0,020	0,020	0,124	0,020	0,020	0,138	0,020	0,020	0,086
2017	0,020	0,020	0,049	0,020	0,020	0,057	0,020	0,020	0,042	0,020	0,020	0,133	0,020	0,020	0,066	0,020	0,020	0,033	0,020	0,020	0,040
2018	0,020	0,020	0,086	0,020	0,020	0,150	0,020	0,020	0,041	0,020	0,020	0,023	0,020	0,020	0,221	0,020	0,020	0,065	0,020	0,020	0,120
2019	0,020	0,020	0,022	0,020	0,020	0,090	0,020	0,020	0,043	0,020	0,020	0,071	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,028	0,020	0,020	0,208
2020	0,020	0,020	0,050	0,020	0,020	0,051	0,020	0,020	0,052	0,020	0,020	0,070	0,020	0,020	0,078	0,020	0,020	0,088	0,020	0,020	0,057
2021	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
2022	0,005	0,020	0,039	0,005	0,020	0,045	0,005	0,020	0,038	0,005	0,020	0,066	0,005	0,020	0,089	0,005	0,020	0,044	0,005	0,020	0,034
Valor menor que o limite			Valor entre 1x e 2x o limite			Valor entre 2x e 4x o limite			Valor > 4x o limite			Limite DN 08/2022 = 0,18 mg/L									