

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Dawber Batista Ferreira

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AS ATIVIDADES LICENCIADAS
POTENCIALMENTE POLUIDORAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO DE
CASO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DAS VELHAS E DO RIO PARAPEBA**

Belo Horizonte
2025

Dawber Batista Ferreira

**QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AS ATIVIDADES LICENCIADAS
POTENCIALMENTE POLUIDORAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS: ESTUDO DE
CASO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO DAS VELHAS E DO RIO PARAÓPEBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Caracterização, prevenção e controle de poluição.

Orientador: Dra. Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Coorientador: Dr. Cristiano Christofaro Matosinhos

Belo Horizonte
2025

F383q

Ferreira, Dawber Batista.

Qualidade das águas superficiais e as atividades licenciadas potencialmente poluidoras no Estado de Minas Gerais [recurso eletrônico] : estudo de caso das bacias hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba / Dawber Batista Ferreira. – 2025.

1 recurso online (158 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira.

Coorientador: Cristiano Christofaro Matosinhos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Meio ambiente - Teses. 3. Água - Qualidade - Teses. 4. Licenciamento ambiental - Teses. 5. Solo - Uso - Teses. 6.. Velhas, Rio das, Bacia (MG) - Teses. 7. Paraopeba, Rio, Bacia (MG) - Teses. I. Oliveira, Sílvia Maria Alves Corrêa. II. Matosinhos, Cristiano Christóforo. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 628(043)

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Reginaldo César Vital dos Santos - CRB-6/2165



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO SANEAMENTO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Qualidade das Águas Superficiais e As Atividades Licenciadas Potencialmente Poluidoras
No Estado de Minas Gerais: Estudo de Caso das Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e
do Rio Paraopeba

DAWBER BATISTA FERREIRA

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Profª. SÍLVIA CORRÊA OLIVEIRA (ORIENTADORA)

Prof. CRISTIANO CHRISTOFARO MATOSINHOS (COORIENTADOR)

Prof. EDUARDO COUTINHO DE PAULA

Dra. MARÍLIA CARVALHO DE MELO

Profª. CAROLINA CRISTIANE PINTO

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH Versão Final aprovada por

Prof. Eduardo Coutinho de Paula
Coordenador

Profª. Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira
Orientadora

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Coutinho de Paula, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2025, às 11:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sílvia Maria Alves Correa Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 28/02/2025, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marília Carvalho de Melo, Usuário Externo**, em 11/03/2025, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Cristiane Pinto, Usuária Externa**, em 11/03/2025, às 10:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Christofaro Matosinhos, Usuário Externo**, em 11/03/2025, às 22:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Veber Afonso Figueiredo Costa, Subcoordenador(a)**, em 27/06/2025, às 10:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4000350** e o código CRC **976D771A**.

AGRADECIMENTOS

À professora Sílvia, pela orientação, acompanhamento e apoio na elaboração deste trabalho. Registro por meio desta minha gratidão pela confiança e acompanhamento desde a graduação.

Ao professor Cristiano, coorientador, pela contribuição e disponibilidade durante a elaboração do trabalho.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado avaliar esta dissertação e pelas contribuições realizadas.

Ao Grupo de Estudos para Tratamento Estatístico de Dados Ambientais (GETEDA) por todo apoio e ajuda que me foram dados desde a graduação.

A Mariana por todo amor, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo companheirismo, incentivo e por me levantar nos momentos difíceis. Obrigado por fazer essa jornada ser mais leve.

Aos meus pais, Dawller e Enyeber, por sempre acreditarem em mim, por compreenderem a importância da educação como instrumento de transformação social.

Aos demais familiares, pelo suporte e carinho me dados ao longo da vida.

Aos amigos, pelos momentos de apoio, paciência e compreensão.

A Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela oportunidade concedida e por desempenharem um papel fundamental na sociedade de fornecer uma educação pública, gratuita e de qualidade.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação. Hoje comemoro essa vitória com a certeza de que sem vocês não teria chegado tão longe.

Deixo aqui, portanto, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A interferência antrópica nos sistemas hídricos manifesta-se em múltiplas dimensões, como lançamento de efluentes industriais, escoamento de áreas agrícolas com agroquímicos, ocupação desordenada de margens, dentre outras. Para a gestão das atividades humanas, o licenciamento ambiental é estabelecido pela Política Nacional do Meio Ambiente como instrumento de sua aplicação, objetivando a gestão e regulação das atividades humanas que impactam os recursos hídricos, estabelecendo mecanismos de controle e mitigação dos possíveis danos ambientais. O objetivo deste estudo foi analisar, de maneira integrada a qualidade nas águas superficiais das Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e Paraopeba, investigando a possível correlação dos resultados com o licenciamento ambiental. A metodologia do estudo envolveu a análise de dados de qualidade da água coletados entre 2008 e 2023 em 66 estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e 30 estações na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. Foram avaliados 40 parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo indicadores fecais, nutrientes, metais e outros contaminantes. Além disso, foi realizado um levantamento das atividades licenciadas nas bacias hidrográficas, considerando as modalidades de licenciamento ambiental estabelecidas pela legislação estadual. A caracterização das licenças ambientais emitidas pelo órgão estadual apontou que, em ambas as bacias hidrográficas, a emissão de licenças ambientais do licenciamento ambiental simplificado foi predominante, chegando a 90% do total de licenças emitidas entre 2018 e 2023. Identificou-se que as atividades principais de ambas as bacias hidrográficas são da Listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços, em sequência, da Listagem A – Atividades Minerárias. A análise temporal revelou variações sazonais em relação as concentrações dos parâmetros de qualidade de água, com nove parâmetros apresentando maior percentual de estações com violação superior a 50% das amostragens no período chuvoso na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e sete na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. Na Bacia do Rio das Velhas, condições críticas foram identificadas no córrego da Mina, ribeirão do Onça, ribeirão Arrudas e córrego Caeté, localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde a principal fonte de poluição foram os efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento. Por sua vez, na Bacia do Rio Paraopeba, observou-se uma concentração de altos níveis de contaminação em áreas urbanas e industriais, particularmente em Betim, onde as estações BP071 (Rio Betim) e BP073 (Ribeirão das Areias) apresentaram consistentemente altas concentrações de múltiplos parâmetros, incluindo indicadores fecais, fósforo total, nitrogênio e cloreto. Em ambas as bacias, observou-se uma relação entre as atividades licenciadas e a qualidade da água. Áreas com maior concentração de licenças ambientais, especialmente para atividades industriais e de mineração, tenderam a apresentar níveis mais elevados de violação aos padrões de qualidade de água estabelecidos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas; Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba; qualidade de água; licenciamento ambiental; uso e cobertura da terra

ABSTRACT

Anthropogenic interference in water systems manifests itself in multiple dimensions, such as the discharge of industrial effluents, runoff from agricultural areas with agrochemicals, disorderly occupation of riverbanks, among others. For the management of human activities, environmental licensing is established by the National Environmental Policy as an instrument for its application, aiming at the management and regulation of human activities that impact water resources, establishing mechanisms for control and mitigation of possible environmental damages. The objective of this study was to analyze, in an integrated manner, the quality of surface waters in the Rio das Velhas and Paraopeba River Basins, investigating the possible correlation of the results with environmental licensing. The study methodology involved the analysis of water quality data collected between 2008 and 2023 at 66 monitoring stations in the Rio das Velhas River Basin and 30 stations in the Paraopeba River Basin. Forty physicochemical and microbiological parameters were evaluated, including fecal indicators, nutrients, metals, and other contaminants. Additionally, a survey of licensed activities in the river basins was conducted, considering the environmental licensing modalities established by state legislation. The characterization of environmental licenses issued by the state agency showed that, in both river basins, the issuance of environmental licenses for simplified environmental licensing was predominant, reaching 90% of the total licenses issued between 2018 and 2023. It was identified that the main activities in both river basins are from List F - Waste Management and Services, followed by List A - Mining Activities. Temporal analysis revealed seasonal variations in relation to the concentrations of water quality parameters, with nine parameters showing a higher percentage of stations with violations exceeding 50% of the samplings during the rainy season in the Rio das Velhas River Basin and seven in the Paraopeba River Basin. In the Rio das Velhas Basin, critical conditions were identified in the Mina stream, Onça creek, Arrudas creek, and Caeté stream, located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, where the main source of pollution was domestic and industrial effluents without proper treatment. In turn, in the Paraopeba River Basin, a concentration of high contamination levels was observed in urban and industrial areas, particularly in Betim, where stations BP071 (Betim River) and BP073 (Areias Creek) consistently showed high concentrations of multiple parameters, including fecal indicators, total phosphorus, nitrogen, and chloride. In both basins, a relationship was observed between licensed activities and water quality. Areas with a higher concentration of environmental licenses, especially for industrial and mining activities, tended to show higher levels of violation of established water quality standards.

Keywords: Rio das Velhas River Basin; Paraopeba River Basin; water quality; environmental licensing; land use and land cover

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação da área Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.....	36
Figura 2. Delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	39
Figura 3. Fluxograma dos procedimentos para obtenção e levantamento das atividades licenciadas na área de estudo.....	41
Figura 4. Fluxograma da organização e sistematização dos bancos de dados da Bacias Hidrográfica do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas	42
Figura 5. Fluxograma das análises preliminares e descritivas realizadas nos bancos de dados da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba	44
Figura 6. Fluxograma das análises não paramétricas realizadas nos bancos de dados da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Rio Paraopeba	45
Figura 7. Etapas da análise de atendimento aos padrões estabelecidos na legislação estadual vigente	46
Figura 8. Fluxograma de etapas para a avaliação da relação entre o licenciamento ambiental e a qualidade das águas superficiais	47
Figura 9. Identificação do uso e cobertura da terra na localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.....	51
Figura 10. Localização das licenças ambientais emitidas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	52
Figura 11. Localização das estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – SF5	57
Figura 12. Box-plot das concentrações do parâmetro indicador fecal, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b).....	59
Figura 13. Box-plot das concentrações do parâmetro fósforo total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b).....	60
Figura 14. Box-plot das concentrações do parâmetro manganês total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b).....	61
Figura 15. Box-plot das concentrações do parâmetro nitrato, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b).....	61
Figura 16. Box-plot das concentrações do parâmetro nitrogênio orgânico, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b).....	62

Figura 17. Percentuais de estações de monitoramento que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período seco (a) e período chuvoso (b) entre 2008 a 2022.....	63
Figura 18. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas entre 2018 e 2023 (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)	68
Figura 19. Empreendimentos licenciados na BHRV entre 2018 e 2023 sob as modalidades LAC1, LAC2 e LAT (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)	69
Figura 20. Identificação do uso e cobertura da terra na localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	83
Figura 21. Localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	84
Figura 22. Localização das estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba – SF3	88
Figura 23. Box-plot das concentrações do parâmetro indicador fecal, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b).....	90
Figura 24. Box-plot das concentrações do parâmetro de arsênio total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (acima) e seco (abaixo)	91
Figura 25. Box-plot das concentrações do parâmetro de Fósforo total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b).....	91
Figura 26. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrito, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b).....	92
Figura 27. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrogênio Amoniacal Total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)	93
Figura 28. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrogênio Orgânico, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b).....	93
Figura 29. Box-plot das concentrações do parâmetro de Cloreto Total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (acima) e seco (abaixo)	93
Figura 30. Percentuais de estações de monitoramento que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período seco (a) e período chuvoso (b) entre 2008 a 2022.....	95
Figura 31. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)	98

Figura 32. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 sob as modalidades LAC1, LAC2 e LAT (a) e estações de monitoramento na área estudo (b) 99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Critérios Locacionais de Enquadramento	32
Quadro 2. Matriz de fixação da modalidade de licenciamento	33
Quadro 3. Estudos necessários durante o processo de licenciamento ambiental de acordo com a DN COPAM nº 217/2017	33
Quadro 4. Correspondência entre a classificação do MapBiomas e a adaptação	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água superficial avaliados nas estações de monitoramento do Programa Águas de Minas	24
Tabela 2. Estudos de avaliação de dados de monitoramento da qualidade de águas superficiais que empregaram métodos estatísticos	27
Tabela 3. Quantitativo de licenças ambientais emitidas pelo estado de Minas Gerais na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas entre 2018 e 2023 por modalidade do licenciamento	49
Tabela 4. Relação entre listagem de atividades e o número de atividades licenciadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas de acordo com a modalidade do licenciamento	50
Tabela 5. Número de licenças emitidas após a implementação da DN COPAM 214/2017 por município da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	53
Tabela 6. Descrição das licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT entre 2018 e 2023 na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	54
Tabela 7. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros avaliados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	58
Tabela 8. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2023 no período seco	65
Tabela 9. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2023 no período chuvoso.....	65
Tabela 10. Relação de estações de monitoramento priorizadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e o número de licenças ambientais emitidas de acordo com a listagem da DN COPAM nº 217/2017.....	70
Tabela 11. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas em 2008 e 2022.....	72
Tabela 12. Consolidado das estações de monitoramento com emissão de licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT em relação ao número de parâmetros críticos e uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas– AV050	75
Tabela 13. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC26	76

Tabela 14. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC25	78
Tabela 15. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV156	79
Tabela 16. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV142	80
Tabela 17. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC21	80
Tabela 18. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros selecionados antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV143	81
Tabela 19. Quantitativo de licenças ambientais emitidas pelo estado de Minas Gerais na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 por modalidade do licenciamento	81
Tabela 20. Relação entre listagem de atividades e o número de atividades licenciadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba de acordo com a modalidade empregada.....	82
Tabela 21. Número de licenças emitidas após a implementação da DN COPAM 217/2017 por município da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	85
Tabela 22. Descrição das licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT entre 2018 e 2023 na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	86
Tabela 23. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros avaliados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	88
Tabela 24. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2023 no período seco	96
Tabela 25. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2023 no período chuvoso.....	96

Tabela 26. Relação de estações de monitoramento prioritizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba e o número de licenças ambientais emitidas de acordo com a listagem da DN COPAM 217/2017.....	100
Tabela 27. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2008 e 2022	102
Tabela 28. Consolidado das estações de monitoramento com emissão de licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT em relação ao número de parâmetros críticos e uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	104
Tabela 29. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP082.....	105
Tabela 30. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP086.....	106
Tabela 31. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP068.....	107
Tabela 32. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP096.....	107
Tabela 33. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP080.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Alc _B	Alcalinidade de Bicarbonato
Alc _T	Alcalinidade Total
As _T	Arsênio Total
ANA	Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico
BHRV	Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
Ca _T	Cálcio Total
CE	Condutividade Elétrica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
Cl-a	Clorofila-a
Cl _T ⁻	Cloreto Total
CN ⁻	Cianeto Livre
Cor	Cor Verdadeira
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Dur. _{Ca}	Dureza de Cálcio
Dur. _{Mg}	Dureza de Magnésio
Dur. _T	Dureza Total
Fe _{diss}	Ferro Dissolvido
Feof. a.	Feoftina a
Igam	Instituto Mineiro de Gestão de Águas
Ind. Fec.	Indicador Fecal
MBAS	Substâncias Tensoativas
LP	Licença Prévia
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LAC	Licenciamento Ambiental Concomitante
LAS	Licenciamento Ambiental Simplificado
LAT	Licenciamento Ambiental Trifásico
RAS	Relatório Ambiental Simplificado

Mn _T	Manganês Total
N-NH ₄ ⁺	Nitrogênio Amoniacal
N-NO ₂ ⁻	Nitrito
N-NO ₃ ⁻	Nitrato
N _{org}	Nitrogênio Orgânico
OD	Oxigênio Dissolvido
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
Pb _T	Chumbo Total
P _T	Fósforo Total
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SO ₄ ⁻² _T	Sulfato Total
SST	Sólidos Suspensos Totais
ST	Sólidos Totais
T _{H2O}	Temperatura da Água
Turb.	Turbidez
Zn _T	Zinco Total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	OBJETIVOS.....	21
2.1	Objetivo Geral	21
2.2	Objetivos Específicos	21
3	REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1	Aspectos qualitativos dos recursos hídricos	22
3.1.1	Qualidade das águas superficiais	22
3.1.2	Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais	22
3.2	Avaliação estatística de qualidade de águas superficiais.....	25
3.3	Normas balizadoras do licenciamento ambiental	30
4	ÁREA DE ESTUDO	35
4.1	Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	35
4.2	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	38
5	METODOLOGIA.....	41
5.1	Levantamento de atividades licenciadas pelo órgão ambiental estadual nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba.....	41
5.2	Avaliação da qualidade das águas superficiais.....	42
5.2.1	Obtenção e estruturação do banco de dados	42
5.2.2	Análise preliminar e descritiva	43
5.2.3	Aplicação de testes estatísticos não paramétricos	44
5.2.4	Violação dos parâmetros de qualidade de água aos limites legais	45
5.3	Avaliação da relação entre a qualidade das águas superficiais e o licenciamento ambiental.....	46
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6.1	Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	49
6.1.1	Levantamento dos dados de licenciamento ambiental	49
6.1.2	Avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas	56
6.1.3	Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e qualidade das águas superficiais	67
6.2	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	81
6.2.1	Levantamento dos dados de licenciamento ambiental	81
6.2.2	Avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	87
6.2.3	Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e qualidade das águas superficiais -Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba.....	97

6.3	Análise comparativa entre a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	108
6.3.1	Levantamento dos dados de licenciamento Ambiental	108
6.3.2	Avaliação da qualidade das águas superficiais.....	109
6.3.3	Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e a qualidade das águas superficiais	110
7	CONCLUSÕES.....	112
8	RECOMENDAÇÕES.....	114
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE I.....	126
	APÊNDICE II.....	142
	ANEXO I.....	153
	ANEXO II	157
	ANEXO III.....	159

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso de indubitável importância para a vida e o desenvolvimento socioeconômico, visto os seus usos de natureza múltipla associada às atividades humanas. A crescente urbanização, as condições climáticas, a origem e características específicas dos ambientes, e a evolução no uso e ocupação do solo do entorno são exemplos de interferências que afetam a qualidade da água. Além disso, a poluição da água é uma das principais ameaças à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente em países emergentes (JONES *et al*, 2024).

A análise da qualidade da água deve ocorrer ao nível de bacia hidrográfica, uma vez que esta reflete as condições de um sistema integrado cujos componentes, como clima e solo, exercem influência no escoamento superficial e no aporte de sedimentos, muitas vezes contaminantes, para o leito dos mananciais (SOUZA e GASTALDINI, 2014).

Ainda, a bacia hidrográfica, conforme estabelecido na Lei das Águas, é a unidade territorial utilizada para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para a gestão dos recursos (BRASIL, 1997). Os programas de monitoramento de qualidade de água superficiais são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que, por meio dos seus resultados é possível conhecer a condição do manancial e identificar alterações na qualidade da água superficial ao longo do tempo e do espaço (BEHEMEL *et al*, 2016; SOARES *et al*, 2020).

O licenciamento ambiental é um instrumento de gestão ambiental que visa assegurar um desenvolvimento socioeconômico com o meio ambiente, mitigando os impactos associados às atividades humanas. A qualidade da água pode apresentar uma relação de interconexão com o licenciamento ambiental, pois a primeira fornece informações para a tomada de decisões no processo de licenciamento, ao passo que o segundo visa assegurar que as atividades humanas sejam compatíveis com a preservação dos recursos ambientais onde estão inseridos (BRASIL, 1997).

A identificação e avaliação das fontes de poluição exigem uma abordagem integrada que combine a análise dos dados de monitoramento com a avaliação do uso e cobertura da terra, bem como o levantamento dos aspectos socioeconômicos da região. Isso se justifica pelo impacto direto que esses fatores têm na qualidade das águas da bacia hidrográfica. Portanto, entender as características das atividades autorizadas, junto a dinâmica de uso e cobertura da

terra, pode proporcionar uma visão das interconexões entre o meio físico, biológico e socioeconômico.

Este trabalho insere-se no contexto de pesquisas que vêm estudando a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais nos últimos anos, e busca compreender o efeito das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos nas bacias hidrográficas que compõem a área de drenagem de importantes mananciais para o estado mineiro. Neste trabalho, as Bacias Hidrográficas do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas, ambas integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, estão entre os maiores afluentes responsáveis pela formação de seu fluxo (PEREIRA *et al*, 2007). Com área aproximada de 40.000 km², as duas juntas possuem uma população estimada de 5,6 milhões de pessoas, em 83 municípios, 79 destes com sede nas bacias hidrográficas, incluindo a capital do estado e áreas de grande relevância econômica como o Quadrilátero Ferrífero.

A presente pesquisa se justifica por fornecer uma avaliação abrangente da qualidade das águas nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba, aplicando ferramentas estatísticas para a avaliação do bando de dados gerados pelo programa Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). Por meio da análise integrada de violações dos parâmetros, legislação ambiental vigente, uso do solo e licenças ambientais emitidas, serão identificados os pontos mais impactados em ambas as bacias, permitindo compreender os efeitos da pressão antrópica sobre os recursos hídricos. Os resultados obtidos fornecerão subsídios técnicos para os tomadores de decisão na implementação de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos e na análise crítica das normas de licenciamento ambiental do estado de Minas Gerais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a relação entre a qualidade das águas superficiais das Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba e o licenciamento ambiental.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Caracterizar os empreendimentos licenciados e as modalidades de licenciamento efetuado nas duas bacias hidrográficas;
- ii. Avaliar a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas, por meio dos dados de monitoramento efetuado pelo Igam;
- iii. Analisar o atendimento dos parâmetros de qualidade da água aos padrões estabelecidos na legislação estadual de Minas Gerais;
- iv. Realizar o levantamento de dados de uso e cobertura da terra na região;
- v. Investigar a relação entre o licenciamento ambiental e os parâmetros de qualidade de águas superficiais nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e Rio Paraopeba.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Aspectos qualitativos dos recursos hídricos

3.1.1 Qualidade das águas superficiais

A qualidade da água superficial é a resultante de diferentes influências antrópicas, variáveis climáticas e demais fatores naturais, incluindo as características físicas, químicas e biológicas de um corpo d'água. Desta maneira, ela pode ser impactada por processos naturais (erosão, precipitação) e por processos antrópicos (lançamento de efluente, irrigação, indústrias, mineração, entre outros) (AKOTO *et al*,2021; UMWALI *et al*, 2022; WIECZOREK, TUREK, WOLF, 2023), em função do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica.

Interferências antrópicas levam à introdução de compostos na água por fontes pontuais, com localização definida e maior facilidade de identificação e estabelecimento de medidas corretivas, e por fontes difusas, associadas a áreas mais extensas, sendo o transporte dos poluentes influenciado pela precipitação (KOZAK *et al*. 2019; LIMA *et al.*, 2016).

A urbanização é um fator relevante para a degradação da qualidade de águas superficiais, estando associada ao aumento da carga difusa (WILSON; WENG, 2010) e pontual (ZHANG *et al.*, 2011). As áreas agrícolas exercem pressão sobre a qualidade das águas superficiais devido ao uso de fertilizantes, agrotóxicos e supressão de área vegetada, indicando prevalência de efeitos de fontes difusas (SANTOS; ROCHA; PORTELLA, 2022).

A qualidade das águas nos corpos hídricos pode ser verificada a partir da análise e comparação de parâmetros físicos, químicos e biológicos a valores limites definidos na legislação (BALCEROWSKA-CZERNIAK, GORCZYCA, 2024; CHIDIAC *et al*, 2023). A interação entre esses parâmetros de qualidade varia de acordo com as características particulares de cada área, considerando as influências naturais e antrópicas, sendo difícil generalizar ou prever os resultados das análises de qualidade de água (ZHANG *et al.*, 2011).

3.1.2 Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais

O monitoramento da qualidade das águas, superficial ou subterrânea, engloba uma série de práticas que visam permitir o conhecimento de suas características. Para obter informações sobre a variação da qualidade das águas superficiais no espaço e no tempo é necessário a

realização do monitoramento sistemático de suas condições, considerando um amplo rol de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

A execução do monitoramento quantitativo dos recursos hídricos é uma atividade complexa, responsável por originar bases de dados heterogêneas extensas, com longas séries históricas de várias variáveis e pontos de monitoramento, exigindo a aplicação de métodos estatísticos apropriados, especialmente em bacias urbanas, onde há diversos processos responsáveis por alterar a qualidade das águas (ACHIENG *et al*, 2017; COELHO *et al.*, 2017; BEHMEL *et al*, 2017). Nesse sentido, é fundamental o desenvolvimento de estudos para acompanhamento e avaliação dos resultados obtidos nos programas de monitoramento na área de interesse (TRINDADE *et al*, 2016).

As redes de monitoramento da qualidade de água superficial estão distribuídas de forma desigual no território nacional e concentradas em regiões hidrográficas específicas e, deste modo, cada unidade federativa estabelece diferentes estratégias na implantação do seu programa de monitoramento. Nesse contexto, em 2010 a Agência Nacional de Águas (ANA) lançou o Programa Nacional de Avaliação de Qualidade das Águas, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, por meio da expansão da Rede Nacional de Qualidade da Água (RNQA) (ANA, 2022). Recentemente, o número de estações de monitoramento integrantes da RNQA aumentou de forma significativa, totalizando 2.938 pontos de monitoramento em 2020 ante aos 1.486 pontos em 2016 (ANA, 2021).

No estado de Minas Gerais, desde o ano de 1997 o monitoramento da qualidade das águas superficiais é executado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), no âmbito do Programa Águas de Minas. O programa é responsável por disponibilizar uma série histórica de dados de qualidade de água superficial para todas as Circunscrições Hidrográficas (CH) do território mineiro, permitindo a geração de informações fundamentais no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos. Dentre os principais objetivos do programa, evidencia-se: (i) verificar as condições de qualidade das águas superficiais, (ii) avaliar as alterações espaciais e temporais na qualidade das águas, (iii) disponibilizar em meio eletrônico os resultados trimestrais de monitoramento e (iv) relacionar os dados de qualidade das águas com características de uso e cobertura da terra e com as atividades antrópicas (IGAM, 2021).

Atualmente, o Programa Águas de Minas executa, na maioria das estações de monitoramento no estado de Minas Gerais, quatro campanhas de amostragem por ano, com uma frequência

trimestral. As campanhas de amostragem realizadas em janeiro/fevereiro/março e em julho/agosto/setembro, meses classificados como chuvosos e secos, respectivamente (FERREIRA *et al.*, 2021), são denominadas como campanhas completas e possuem maior número de parâmetros analisados. Por outro lado, conforme indicado pelo Igam, também são efetuadas campanhas intermediárias nos meses de abril/maio/junho e outubro/novembro/dezembro considerados períodos de transição, onde são analisados apenas parâmetros genéricos em todos os pontos, destacados na Tabela 1, junto a aqueles característicos de fontes poluidoras na área de drenagem da coleta (IGAM, 2021).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água superficial avaliados nas estações de monitoramento do Programa Águas de Minas

Parâmetros		
2,4,6 Triclorofenol	Demanda Química de Oxigênio	Óleos e graxas
Alcalinidade de bicarbonato	Densidade de cianobactérias	Ortofosfato
Alcalinidade total	Descarga Líquida	Oxigênio dissolvido
Aldrin + Dieldrin	Dureza de Cálcio	Pentaclorofenol
Alumínio dissolvido	Dureza de magnésio	Permetrina - cis + trans
Alumínio total	Dureza total	pH in loco
Arsênio Dissolvido	Endossulfan - alfa + beta	pH laboratório
Arsênio total	Endrin	Potássio dissolvido
Atrazina	Escherichia coli	Potássio total
Bário total	Estanho total	Precipitação
Boro dissolvido	Estreptococos fecais	Profundidade
Boro total	Fenóis totais	Saxitoxina
Cádmio total	Foetina a	Selênio total
Cálcio total	Ferro dissolvido	Simazina
Chumbo total	Ferro total	Sódio dissolvido
Cianeto Livre	Fluoreto ionizado	Sódio total
Cianeto total	Fósforo total	Sólidos dissolvidos totais
Clordano - cis + trans	Heptacloro epóxido + Heptacloro	Sólidos em suspensão totais
Cloro total	Hexaclorobenzeno	Sólidos sedimentáveis
Clorofila a	Lindano	Sólidos totais
Cobre dissolvido	Magnésio total	Substâncias tensoativas
Cobre total	Manganês dissolvido	Sulfato total
Coliformes termotolerantes	Manganês total	Sulfeto
Coliformes totais	Mercúrio total	Temperatura da água
Condutividade elétrica in loco	Metoxicloro	Temperatura do ar
Condutividade elétrica laboratório	Microcistina	Transparência
Cor verdadeira	Molinato	Trifluoralina
Cromo hexavalente	Níquel total	Turbidez
Cromo total	Nitrato	Vanádio total
Cromo trivalente	Nitrito	Zinco total

Parâmetros	
DDT	Nitrogênio amoniacal total
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Nitrogênio orgânico
Em negrito : Parâmetros comuns a todos pontos nas campanhas intermediárias	
Fonte: Base de dados IGAM (2022)	

As estações de monitoramento de qualidade de águas superficiais do Igam podem ser definidas como pertencentes à rede básica ou à rede dirigida. As coletas da nomeada rede básica são realizadas em pontos estratégicos, por exemplo, onde há confluência de corpos de água, locais com impactos conhecidos ou potenciais e mananciais limítrofes entre estados. Por sua vez, a rede dirigida em operação, localizada apenas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, possui objetivos específicos, como: (i) o subsídio a propostas de enquadramento da sub-bacia da Pampulha e (ii) o monitoramento da qualidade das águas da Cidade Administrativa de Minas Gerais e do Parque Estadual Serra Verde (IGAM, 2021).

A rede básica de monitoramento do Igam no estado de Minas Gerais, em 2022, estava distribuída nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Grande, Doce, Paranaíba, Paraíba do Sul, Mucuri, Jequitinhonha, Pardo, Buranhém, Itapemirim, Itabapoana, Itanhém, Itaúnas, Jucuruçu, Peruípe, São Mateus e Piracicaba/Jaguari em 665 estações de monitoramento (IGAM, 2023).

3.2 Avaliação estatística de qualidade de águas superficiais

A análise dos dados produzidos nos programas de monitoramento é complexa, devido à diversidade de parâmetros, mensurados em diferentes escalas e unidades, com dados variando entre rios e até entre estações (NGUYEN *et al.*, 2019). A análise dos dados de programas de monitoramento visa a extração de informações úteis para a gestão dos recursos hídricos. Diversos estudos têm empregado diferentes métodos estatísticos para avaliar a qualidade das águas superficiais de bacia hidrográficas, como detalhado na Tabela 2.

Em Fraga *et al.*, (2020), por meio do uso das Análise de Cluster (AC) e Análise de Componentes Principais (ACP) é realizada uma avaliação da qualidade das águas superficiais de 64 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, localizada em Minas Gerais, considerando 50 variáveis e uma série histórica entre 2010 e 2017. Ainda, considerando a bacia do rio Doce, Passos *et al.*, (2021), também utilizando da ACP e AC, analisou 38 parâmetros de

qualidade de água superficial em 63 estações de monitoramentos, considerando os dados do período chuvoso do ano hidrológico de 2017/2018.

Ademais, em Alves *et al.* (2018) fez-se o uso da AC e ACP para a avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Sergipe, no estado de Sergipe, para 23 parâmetros e 12 estações de monitoramento, tendo como base a série histórica entre 2013 e 2015. Por sua vez, Fraga *et al.*, (2021) analisou a qualidade da água da Circunscrição Hidrográfica do rio Piranga, Minas Gerais, considerando 15 estações de monitoramento e o período de 2010 a 2017, utilizando do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, teste de Mann-Kendall e Sazonal de Mann-Kendall, Análise Fatorial e a Análise de Componentes Principais Novamente, identifica-se o uso da AC e ACP para a avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Longá, no estado do Piauí, a qual, considerou-se amostras mensais do ano de 2015 para 10 parâmetros e 7 pontos de coleta (MEDEIROS; SILVA; LINS, 2018).

A Tabela 2 demonstra as possibilidades de aplicações de técnicas de análises estatísticas na avaliação de dados de monitoramento da qualidade das águas. Identifica-se que diferentes técnicas estatísticas podem ser aplicadas para a análise, visando a possibilitar um maior entendimento dos aspectos qualiquantitativos de um corpo hídrico.

Tabela 2. Estudos de avaliação de dados de monitoramento da qualidade de águas superficiais que empregaram métodos estatísticos

Referência	Local de Estudo	Dados analisados	Objetivos do estudo	Métodos utilizados
Achieng <i>et al</i>, 2017	Rio Sosiani, Quênia	6 estações de monitoramento e 8 parâmetros Frequência: Mensal Período: 2012 - 2013	Aplicar técnicas multivariadas para a avaliação do efeito de atividades antropogênicas em uma bacia hidrográfica	AC, ACP, AF
Zhang <i>et al</i>, 2018	Rio Jialing, China	7 estações de monitoramento 6 parâmetros Frequência: Período: 2012 - 2015	Avaliar e identificar as variações temporais e espaciais em uma bacia hidrográfica	AC
Calazans <i>et al.</i>, 2018	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, Brasil	18 estações de monitoramento e 16 parâmetros Frequência: mensal. Período: 2009 – 2013	Avaliar e propor otimização da rede de monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica das Velhas.	AC, AF, KW, MW, TCM
Pinto <i>et al.</i>, 2019	Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil	65 estações de monitoramento e 16 parâmetros Frequência: trimestral Período: 2008 – 2013.	Analisar o percentual de violações aos limites definidos na legislação estadual para identificar semelhanças ou diferenças entre os locais de amostragem. Identificar os parâmetros de qualidade da água responsáveis pela estrutura do conjunto de dados. Determinar a influência de fatores naturais e antropogênicos na bacia do rio Velhas.	AC, KW
Oliveira <i>et al</i>, 2019a	Reservatório de abastecimento, MG, Brasil	14 estações de monitoramento e 14 parâmetros Frequência: Quadrimestral Período de monitoramento: 2008 - 2018	Avaliar a qualidade das águas superficiais do reservatório da UHE Irapé e seus afluentes, buscando identificar a variabilidade espacial das estações de monitoramento e entender a relação entre os principais parâmetros e os ambientes lênticos e lóticos.	ACP;KW;AC; CS
Oliveira <i>et al</i>, 2019b	Bacia Hidrográfica do Rio Pará, Brasil	26 estações de monitoramento e 18 parâmetros Frequência: Quadrimestral Período de monitoramento: 2008 - 2018	Avaliar qualidade da água das sub-bacias nos períodos chuvoso e seco e identificar quais parâmetros foram responsáveis pela maior degradação. Avaliar o atendimento aos padrões de qualidade de água vigente	KW; TCM
Costa <i>et. al</i>, 2020	Rio Piabanha, RJ, Brasil	9 estações de monitoramento e 15 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: Jul/2019 – Dez/2019	Realizar um diagnóstico atualizado da qualidade da água utilizando técnicas multivariadas e IQA, identificando os parâmetros que mais influenciam a qualidade da água e os trechos de rios com qualidade de água semelhante.	AC, ACP
Soares <i>et. al</i>, 2020	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba	30 e 13 estações de monitoramento e 19 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: 2000 – 2015	Avaliar a qualidade da águas nas das bacias dos rios Piracicaba e Paraopeba, no estado de Minas Gerais (Brasil), utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar as regiões mais impactadas nas bacias e calcular o risco relativo de uma bacia	KW;RR

Referência	Local de Estudo	Dados analisados	Objetivos do estudo	Métodos utilizados
	e Piracicaba, Brasil		apresentar mais violações do que outra com base no número de violações dos limites legais para cada parâmetro.	
Umwali et al, 2021	Lago Muhazi, Ruanda	12 pontos de amostragem e 9 parâmetros Frequência: Quadrimestral Período de monitoramento: Jul/2018 – Dez-/2018	Avaliar a variação espaço-sazonal da qualidade das águas superficiais em relação ao tipo de uso e cobertura da terra.	ACP, AC, CP; PLS-PM
Lin et al, 2021	Bacia Hidrográfica do Rio Maozhou, China	60 pontos de amostragem e 9 parâmetros Frequência: Semanal Período de monitoramento: 2018 - 2020	Avaliar a qualidade das águas superficiais utilizando técnicas estatísticas baseadas em GIS e no Índice de Qualidade de Águas, agrupando os corpos hídricos em grupos de acordo com a qualidade Analisar as mudanças nas condições hidrológicas no espaço e tempo Determinar o índice de Qualidade de água dos pontos de monitoramento	ANOVA; ACP; AC
Stricevic et al, 2021	Rio Nisava, Sérvia	4 pontos de amostragem e 9 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: 2009 - 2018	Estabelecer o diagnóstico da qualidade de água, identificando os principais parâmetros de degradação	One-Way ANOVA; Post Hoc Tukey
Chettri, Chakrabaty Joshi, 2022	Rio Teesta, Índia	6 pontos de amostragem e 7 parâmetros Frequência: NA Período de monitoramento: 2018-2019	Avaliar as variações temporais, sazonais e espaciais na concentração de metais pesados em amostras de água e sedimentos.	CP, AC, ACP,
Zhou et al, 2023	Rio M, China	4 estações de monitoramento e 14 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: 2011-2020	Analisar os padrões espaciais e temporais de qualidade da água do Rio M, Avaliar a condição abrangente da qualidade da água e identificar os principais parâmetros de qualidade da água do Rio M Explorar as potenciais fontes de poluição na bacia hidrográfica e suas contribuições para a variação nos valores de IQA.	AM;PMF
Hong; Nguyen; 2023	Reserva Natural de Lung Ngoc Hoang; Vietnã	15 pontos de amostragens e 12 parâmetros Frequência: Bimestral Período de monitoramento: 2019-2020	Avaliar a qualidade das águas superficiais usando os métodos estatísticos e fornecer informações importantes para o desenvolvimento dos programas de monitoramento na Reserva Natural Lung Ngoc Hoang	AC; ACP; One-Way ANOVA
Mammeri et al, 2023	Koudiat Medouar, Argélia	4 pontos de amostragens e 7 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: 2019-2020	Identificar os parâmetros mais relevantes para a qualidade da água Identificar as estações de monitoramento que se diferenciam das demais	AD; ACP; AC; AF; CP
Le et al, 2023	Tra Vinh, Vietnã	30 pontos de amostragens e 10 parâmetros Frequência: Trimestral Período de monitoramento: 2016 - 2020	Avaliar de forma espaço-temporal a qualidade de água de uma região costeira. Quantificar as fontes de poluição do sistema de água Verificar as regiões que possuem pior qualidade de água superficial	AF; ACP; MRA

Referência	Local de Estudo	Dados analisados	Objetivos do estudo	Métodos utilizados
Balcerowska-Czerniak, Gorczyca, 2024	Rio Oder, Alemanha	30 estações de monitoramento e 7 parâmetros Frequência: Diária Período de monitoramento: 2023-2023	Desenvolver uma metodologia para monitoramento de vários parâmetros simultaneamente e detecção precoce de amostras fora do padrão em tempo real	ACP, Estatística Q, T ² de Hotelling
Barroso <i>et al</i> , 2024	Reservatório de abastecimento, MG, Brasil	Sete estações de monitoramento e 47 parâmetros Frequência: Mensal e anual Período: 2010 -2020	Avaliar a qualidade das águas em um reservatório de qualidade de águas, por meio do uso de indicadores físico-químicos, concentrações de metais e microbiológicos	KW; MW,
Santos <i>et al</i> , 2024	Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, Brasil	12 estações de monitoramento e 22 parâmetros Frequência: Semanal Período de monitoramento: 2019 - 2023	Caracterizar e relacionar a hidromorfologia da bacia com o tipo de solo, identificando as diversas fontes de poluição dentro da bacia e sua relação com a qualidade da água superficial; e estabelecer correlações entre parâmetros hidromorfológicos e qualidade da água tanto no rio principal quanto em seus tributários.	AC; KW; ACP
Silva <i>et al</i> , 2024	Mananciais de abastecimento, PA, Brasil	Cinco pontos de amostragem e 13 parâmetros Frequência: Mensal Período: 2010 -2020	Avaliar a qualidade das águas superficiais que abastecem a Região Metropolitana de Belém, por meio da aplicação de técnicas de análise multivariada.	ACP;
Kieu, Quoc, 2024	Dong Thap; Vietnã/ Camboja	42 estações de monitoramento e 22 parâmetros Frequência: Bimestral Período de monitoramento: NA	Avaliar a qualidade da água superficial usando índices de poluição. Analisar as variações espaciais e temporais na qualidade da água.	AC; ACP; One Way ANOVA
Brito <i>et al</i> , 2024	Rio Douro, Portugal	18 estações de monitoramento e 2 parâmetros Frequência: Mensal Período de monitoramento: 2002 - 213	Identificar os períodos mais arriscados de poluição da água anualmente. Classificar as estações de amostragem de água por risco de poluição	AC; VaR

AC - Análise de Cluster; ACP - Análise de Componentes Principais; AD – Análise de Discriminante; AF - Análise Fatorial; AM- Aprendizado de Máquina; CP – Análise de Correlação de Pearson; MK - Teste de Mann-Kendall; KW - Kruskal-Wallis; MW - Mann-Whitney; TCM - Teste de Comparações Múltiplas de Dunn; PMF: Fatoração de Matriz Positiva; PLS-PM: Modelagem de caminhos de mínimos quadrados parciais; RR: Risco- Relativo; VaR – Value at Risk

3.3 Normas balizadoras do licenciamento ambiental

A Lei nº 6.938/1981, conhecida como Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituiu os instrumentos para a sua execução, dentre eles, o licenciamento ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. De acordo com a PNMA, no art. 10, depende do prévio licenciamento ambiental a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental (BRASIL, 1981).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237/1997, o licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos ou atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (BRASIL, 1997). Esse procedimento é conduzido no âmbito do Poder Executivo, por meio de seus órgãos ambientais, que podem ser a União, Estados ou Município (BRASIL, 2011).

Em relação ao estado de Minas Gerais, têm-se na Deliberação Normativa COPAM nº 01/90 o primeiro normativo a estabelecer os critérios para a concessão de licenças ambientais no estado (MINAS GERAIS, 1990). Durante a sua vigência, até o ano de 2003, o procedimento de licenciamento ambiental em Minas Gerais era realizado de maneira centralizada e segmentada, sendo cada um dos entes vinculados à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) responsável por esse processo em sua respectiva área de atuação (RODRIGUES, 2010). Em 2003, a Lei Delegada nº 62/2003 estabeleceu a regionalização das análises de impacto ambiental e da concessão das licenças ambientais de forma unificada, através das Unidades Regionais Colegiadas do COPAM (MINAS GERAIS, 2003), iniciando o processo de descentralização na tomada de decisões.

Em 2004 é promulgada a Deliberação Normativa COPAM nº 74/2004, que representa um ponto de partida significativo na regulamentação do licenciamento ambiental em Minas Gerais. A normativa estabeleceu os critérios e procedimentos fundamentais para a realização do licenciamento ambiental no estado. A DN COPAM nº 74/2004 estabelece que as atividades passíveis de licenciamento ambiental ou regularização distribuem-se em sete listagens definidas de acordo com suas características (MINAS GERAIS, 2004), são elas: Listagem A – Atividades Minerárias, Listagem B - Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras, Listagem C -

Atividades Industriais / Indústria Química, Listagem D - Atividades Industriais / Indústria Alimentícia, Listagem E – Atividades de Infraestrutura, Listagem F - Serviços e Comércio Atacadista e Listagem G - Atividades Agrossilvipastoris

Esse instrumento normativo definiu ainda que a classe do empreendimento será obtida a partir da conjugação do porte do empreendimento com seu potencial poluidor/degradador (PPD) geral. Essa classificação varia em uma escala crescente de 1 a 6, isto é, um empreendimento Classe 1 possui porte e potencial poluidor pequeno enquanto um empreendimento Classe 6 possui porte e potencial poluidor grande ou significativo (SANTOS E BORGES, 2017).

De acordo com a DN COPAM nº74/2004 era sujeito ao licenciamento ambiental os empreendimentos classificados entre Classe 3 a 6. Por sua vez, aqueles enquadrados como Classe 1 ou 2 por serem considerados de impacto ambiental não significativo estavam dispensados da emissão da licença ambiental e sujeitos a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), procedimento autodeclaratório.

O modelo de licenciamento ambiental utilizado no estado de Minas Gerais, ainda que fosse pioneiro, também recebia críticas em decorrência da ausência de renovação, demora e inconstância em relação à análise dos processos (SANTOS E BORGES, 2017). O debate sobre a celeridade do procedimento ocorria também em nível nacional, sendo levantados questionamentos sobre os efeitos da morosidade no desenvolvimento econômico (BRAGAGNOLO *et al*, 2017; FONSECA, SÁNCHEZ e RIBEIRO, 2017). Nesse contexto, a Lei Estadual nº 21.972/2016, trouxe mudanças substanciais ao processo de licenciamento ambiental em Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2016).

Um dos aspectos mais notáveis da Lei Estadual nº 21.972/2016 foi a consolidação do Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) e do Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC) que permitiu a emissão de licenças em ato único (SANTOS E BORGES, 2017), excluindo a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) como instrumento de gestão ambiental. As alterações promovidas buscaram tornar esse procedimento mais célere e racionalizar o processo de forma a conciliar o desenvolvimento econômico e preservação ambiental, porém, sem considerar a efetividade sob a perspectiva socioambiental, finalidade primordial do referido instrumento regulatório. Essa atualização acabou por resultar em um processo de flexibilização do licenciamento e na ampliação da perspectiva econômica frente aos aspectos ambientais do procedimento (FIALHO, 2022).

Em 2017, foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, a qual revogou a DN COPAM nº 74/2004 e demais deliberações correlatas sobre o licenciamento ambiental e estabeleceu os atuais critérios para classificação, segundo o porte do potencial poluidor e os critérios locacionais a serem utilizados para definição de modalidades do licenciamento ambiental pelos empreendimentos no estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2017). Essa atualização promoveu alteração da nomenclatura na Listagem F que passou a ser nomeada como “Gerenciamento de Resíduos e Serviços”, no conteúdo das listagens de atividades, alterações dos códigos, mudança de listagem, alterações no potencial poluidor e alterações nos critérios de porte ou em sua redação. Assim, algumas atividades com pequeno potencial poluidor/degradador, porém de grande porte, passaram a ser enquadradas em classes menores, ao passo que algumas atividades com potencial poluidor/degradador maior, mesmo de pequeno porte, passam a ser enquadradas em classes maiores (ALMEIDA, MALVESTIO, BERNADI, 2019; FIALHO, 2022).

A DN COPAM nº 217/2017 implantou ainda o fator de restrição locacional para a definição da modalidade de licenciamento ambiental, após a definição da classe do empreendimento. Esse critério é responsável por avaliar a característica ambiental da área onde a atividade será implantada, considerando fatores como a proximidade de corpos hídricos, unidades de conservação, áreas urbanas e zonas de proteção ambiental. A inclusão desse critério para a triagem na fixação do licenciamento ambiental pode ser considerada um avanço, estando alinhado com boas práticas do segmento (ALMEIDA, MALVESTIO, BERNADI, 2019). Os critérios locacionais de enquadramento de um empreendimento são apresentados no Quadro 1 e a matriz para definição da modalidade de licenciamento ambiental a ser seguida pelo empreendimento é apresentada no Quadro 2.

Quadro 1. Critérios Locacionais de Enquadramento

Critérios Locacionais de Enquadramento	Peso
Localização prevista em Unidade de Conservação de Proteção Integral, nas hipóteses previstas em Lei	2
Supressão de vegetação nativa em áreas prioritárias para conservação, considerada de importância biológica “extrema” ou “especial”, exceto árvores isoladas	2
Localização prevista em áreas designadas como Sítios Ramsar	2
Supressão de vegetação nativa, exceto árvores isoladas	1
Localização prevista em zona de amortecimento de Unidade de Conservação de Proteção Integral, ou na faixa de 3 km do seu entorno quando não houver zona de amortecimento estabelecida por Plano de Manejo; excluídas as áreas urbanas.	1
Localização prevista em Unidade de Conservação de Uso Sustentável, exceto APA	1
Localização prevista em Reserva da Biosfera, excluídas as áreas urbanas	1
Localização prevista em Corredor Ecológico formalmente instituído, conforme previsão legal	1
Localização prevista em área de drenagem a montante de trecho de curso d’água enquadrado em classe especial	1

Captação de água superficial em Área de Conflito por uso de recursos hídricos.	1
Localização prevista em área de alto ou muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades, conforme dados oficiais do CECAV-ICMBio	1

Quadro 2. Matriz de fixação da modalidade de licenciamento

		Potencial Poluidor Degradador (PPD)					
		1	2	3	4	5	6
Critérios Locacionais de Enquadramento	0	LAS-Cadastro ¹	LAS-Cadastro ¹	LAS-RAS ²	LAC1 ³	LAC2 ⁴	LAC2 ⁴
	1	LAS-Cadastro ¹	LAS-RAS ²	LAC1 ³	LAC2 ⁴	LAC2 ⁴	LAT ⁵
	2	LAS-RAS ²	LAC1 ³	LAC2 ⁴	LAC2 ⁴	LAT ⁵	LAT ⁵
Legenda	¹ Licenciamento Ambiental Simplificado-Cadastro; ² Licenciamento Ambiental Simplificado-Relatório Ambiental Simplificado; ³ Licenciamento Ambiental Concomitante 1; ⁴ Licenciamento Ambiental Concomitante 2; ⁵ Licenciamento Ambiental Trifásico						

Fonte: Minas Gerais, 2017

No art. 17 da DN COPAM nº 217/2017 são estabelecidos os possíveis estudos ambientais que balizam os requerimentos de licenciamento ambiental dos empreendimentos, assim como, os objetivos de cada um desses estudos (Quadro 3).

Quadro 3. Estudos necessários durante o processo de licenciamento ambiental de acordo com a DN COPAM nº 217/2017

Estudo	Definição/Objetivo
Relatório Ambiental Simplificado - RAS	Identificar, de forma sucinta, os possíveis impactos ambientais e medidas de controle, relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de atividade.
Relatório de Controle Ambiental – RCA;	Visam à identificação dos aspectos e impactos ambientais inerentes às fases de instalação e operação da atividade e instruirão o processo de LP, conforme o caso
Estudo de Impacto Ambiental – EIA	
Plano de Controle Ambiental – PCA	Contém as propostas para prevenir, eliminar, mitigar, corrigir ou compensar os impactos ambientais detectados por meio do RCA ou do EIA e instruirá o processo de LL.

Destaca-se que a DN COPAM nº 217/2017 consolidou a reestruturação nas modalidades de licenciamento ambiental. A utilização da LAS e da LAC como modalidades principais para a realização do licenciamento ambiental promove a flexibilização dos estudos a serem utilizados como balizadores para a decisão de implantação ou não de um empreendimento em face de seu impacto ambiental potencial. As reduções de PPD e parâmetros de enquadramento de porte associadas à alteração das classes em função da conjugação de potencial PPD e porte levaram várias atividades a estarem sujeitas às modalidades de licenciamento ambiental mais simples, reduzindo o número de licenças por meio do procedimento trifásico (ALMEIDA, MALVESTIO, BERNADI, 2019).

O procedimento trifásico do licenciamento ambiental é composto por três etapas sequenciais: Licença Prévia (LP), que avalia a viabilidade ambiental do empreendimento; Licença de Instalação (LI), que autoriza a implantação das obras conforme o projeto aprovado; e Licença de Operação (LO), que permite o início das atividades, condicionado ao cumprimento das exigências anteriores.

As sucessivas alterações na legislação ambiental levaram a várias críticas de profissionais da área, sobretudo, em relação ao processo de licenciamento de projetos de mineração em Minas Gerais (MAGNO *et al*, 2024). Junto à flexibilização nos procedimentos e na classificação de empreendimentos com potencial poluidor ou degradador (MILANEZ, MAGNO; PINTO, 2019), os projetos do setor de mineração são frequentemente aprovados pelos conselhos de política ambiental sem oposição significativa dos conselheiros, sobretudo dos representantes do governo estadual e da sociedade civil (RAMANERY; MAGALHÃES JR.; COTA, 2021).

As sucessivas alterações no procedimento de licenciamento ambiental, com o objetivo de promover celeridade ao processo e flexibilizações aos empreendedores podem enfraquecer o instrumento de regularização em questão. As alterações, de modo a priorizar fatores econômicos em detrimento de fatores ambientais, faz com o licenciamento ambiental deixe de cumprir sua função precípua de ser um instrumento de avaliação da sustentabilidade socioambiental das obras para ser mero instrumento viabilizador de um projeto de sociedade que tem no meio ambiente um recurso material a ser explorado economicamente (ZHOURI, 2008).

Essas mudanças no normativo revelam um cenário de enfraquecimento dos instrumentos de licenciamento ambiental, com implicações diretas na qualidade das águas superficiais (RODRIGUES, 2010; MORAES, 2016; BATALHÃO *et al*, 2018). O licenciamento ambiental, que deveria ser uma ferramenta efetiva de controle e mitigação de impactos, passa a ser tratado apenas como entrave burocrático para os empreendedores e não mais para a proteção do meio ambiente (RODRIGUES, 2010; MORAES, 2016).

4 ÁREA DE ESTUDO

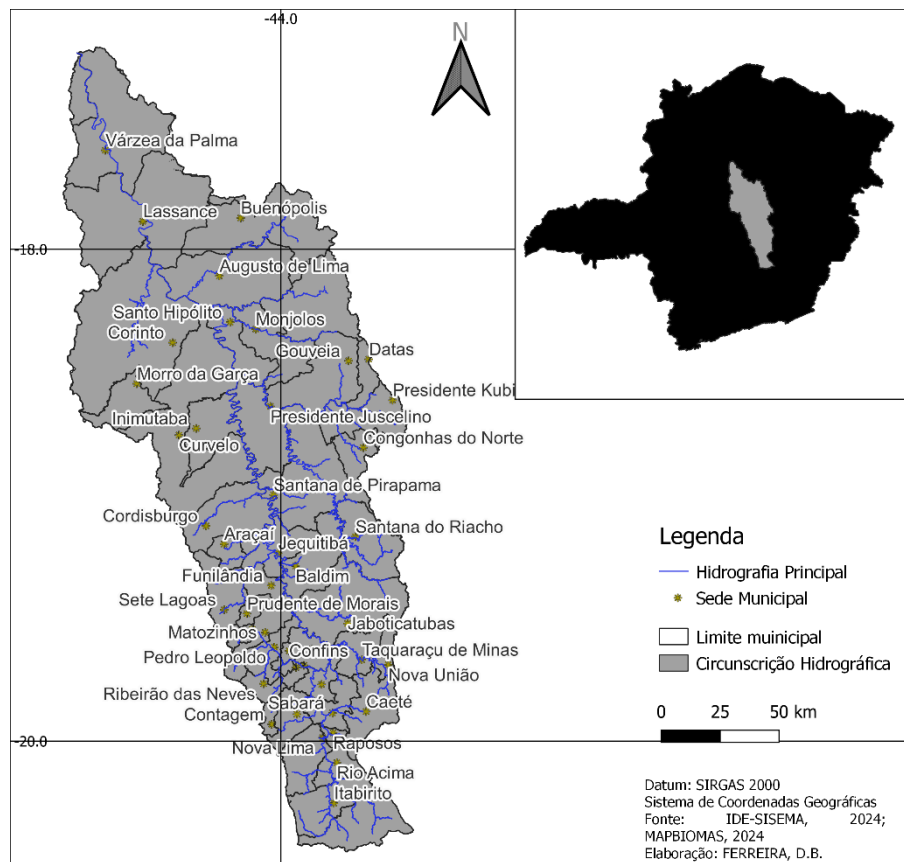
4.1 Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

Localizada na região central do estado de Minas Gerais, a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (BHRV) pertence a Unidade Estratégica de Gestão (UEG) 1, e, corresponde a Circunscrição Hidrográfica (CH) Rio das Velhas SF5 (São Francisco 5), uma unidade físico-territorial, dentro de uma Bacia Hidrográfica do estado de Minas Gerais com identidade regional caracterizada por aspectos físicos e socioeconômicos (IGAM, 2010; MINAS GERAIS, 2020).

Com uma área aproximada de 27.850 km², a BHRV corresponde a 11,88% do território mineiro da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, englobando 51 municípios, sendo que 44 possuem sede urbana nos limites da bacia (IGAM, 2022a). A Bacia abriga uma população de aproximadamente 4,8 milhões de habitantes, o que corresponde a 24% da população total de Minas Gerais (CBHRV, 2016). É segmentada em outras quatro regiões fisiográficas com distintas densidades populacionais e atividades econômicas preponderantes: Baixo Rio das Velhas, Médio Baixo, Médio Alto e Alto Rio das Velhas (Figura 1).

No que concerne à caracterização climática da bacia, de acordo com a classificação de Koppen é predominante o tipo (i) subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa), (ii) nas áreas de maior altitude, o subtropical úmido com inverno seco e verão ameno (Cwb), e, (iii) concentrado no Baixo Velhas, o clima tropical de inverno seco (Aw) (SILVA,2018).

Figura 1. Delimitação da área Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas



O Baixo Rio das Velhas é composto por oito municípios, mas nenhum possui 100% de seu território na área da bacia. É a segunda maior região em área da BHRV, com um total de 8.630,07 km², (31% do total da bacia), caracterizado pela baixa concentração populacional e predomínio econômico de atividades agrícolas e pecuárias (TRINDADE *et al.*, 2016; MELO *et al.*; 2019).

O trecho Médio Baixo Rio das Velhas possui 23 municípios, inseridos de forma parcial ou total na bacia. Representa a maior porção da BHRV, com extensão de 12.204,16 km² (43,8%). Apresenta baixa concentração populacional e intensa atividade agrícola e pecuária (CBHRV, 2016)

No Médio Alto Rio das Velhas, identifica-se menor concentração populacional do que no Alto rio das Velhas (PINTO; FARIA; ALMEIDA, 2021), sendo que, a maior parcela da população vive na zona rural. A atividade econômica predominante é a agropecuária, apesar de significativa importância dos setores de serviços e indústria, como a exploração de calcário, como matéria-prima para a indústria de cimento (TRINDADE *et al.*, 2016). Essa região possui área de 4.276,01 km² (15,4%) (CBHRV, 2016).

O Alto Rio das Velhas compreende de forma integral a área do Quadrilátero Ferrífero, limitado ao sul pelo município de Ouro Preto e ao norte por Belo Horizonte, Contagem e Sabará. Possui área total de 2.739,74 km² (9,7%), incluindo 10 municípios. É essa a região de maior densidade populacional e potencial econômico de toda a bacia, uma vez que, concentra cerca 80% do PIB da bacia (CORDOVA, 2020), destacando-se a expressiva atividade econômica principalmente na RMBH (PINTO; FARIA; ALMEIDA, 2021; MOURA *et al*, 2024).

Encontra-se na região do Alto rio das Velhas o sistema de abastecimento integrado Rio das Velhas, responsável por abastecer três quartos da população da cidade de Belo Horizonte, além de Raposos, Nova Lima, Sabará e Santa Luzia. Entretanto, essa também é a região mais crítica e preocupante da bacia em termos da qualidade das águas superficiais (PINTO; CALAZANS; OLIVEIRA, 2019). Os principais agentes poluidores são os efluentes industriais e domésticos não tratados, ou tratados insuficientemente (CBHRV, 2016); PINTO; FARIA; ALMEIDA, 2021).

Dentre os 51 municípios da BHRV, em 24 (47,1%) desses não há coleta e tratamento de esgotos, enquanto, 27 possuem alguma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) implementada, representando 52,9% do total de municípios. Desses 27 municípios, em Conceição do Mato Dentro, Esmeraldas e Pirapora, todos com uma ETE cada, o lançamento de efluente ocorre em corpo hídrico de outra bacia hidrográfica, enquanto, em Contagem, em uma das três ETE que atende o município também há essa situação. Alguns municípios com elevado índice de urbanização, como Belo Horizonte, Vespasiano e Santa Luzia, possuem mais de uma ETE, ao passo que, casos como da ETE Onça e Arrudas atendem mais de um município.

A Tabela AI.1, no ANEXO I apresenta a descrição dos sistemas de tratamento de esgoto em todos os municípios da BHRV, tal como, população urbana, índice de atendimento e tratamento empregado na ETE, quando existente.

A partir da Tabela AI.1, no ANEXO I, constata-se que o reator UASB junto ao pós-tratamento é o tratamento mais utilizado na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, em sequência, são as lagoas de estabilização, UASB sem tratamento e os lodos ativados. Assim como em nível estadual, na Bacia o pós-tratamento mais empregado são filtros biológicos percoladores, um sistema de tratamento secundário, insuficiente para a remoção de nutrientes e patógenos (CORDOVA, 2020).

4.2 Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (BHRP) pertence à Unidade Estratégica de Gestão (UEG) 1, e, definida como a Circunscrição Hidrográfica (CH) Rio Paraopeba SF3 (São Francisco 3), situa-se na região do Alto Rio São Francisco, na região central de Minas Gerais (IGAM, 2010; MINAS GERAIS, 2020).

A BHRP abrange uma área de 12.054 km², representando 5,14% do território mineiro da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, composta por 48 municípios dos quais 35 possuem sede urbana nos limites da bacia (Figura 2) (IGAM, 2022b). A bacia abriga uma população de aproximadamente 2,4 milhões de habitantes, o que corresponde a 11% da população total de Minas Gerais (COBRAPE, 2020).

Em relação a caracterização climática da bacia, de acordo com a classificação de Koppen são identificados dois subtipos: *Cwa* e *Cwb*, ambos correspondendo a clima temperado úmido com inverno seco, porém diferenciados quanto ao verão quente e temperado, respectivamente (ALVARES *et al*, 2013) Em relação aos biomas, a BHRP está localizada em uma área de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica (ACUÑA-ALONSO *et al*, 2024).

A área é segmentada em três regiões fisiográficas com distintas densidades populacionais e atividades econômicas preponderantes: Baixo, Médio e Alto Rio Paraopeba.

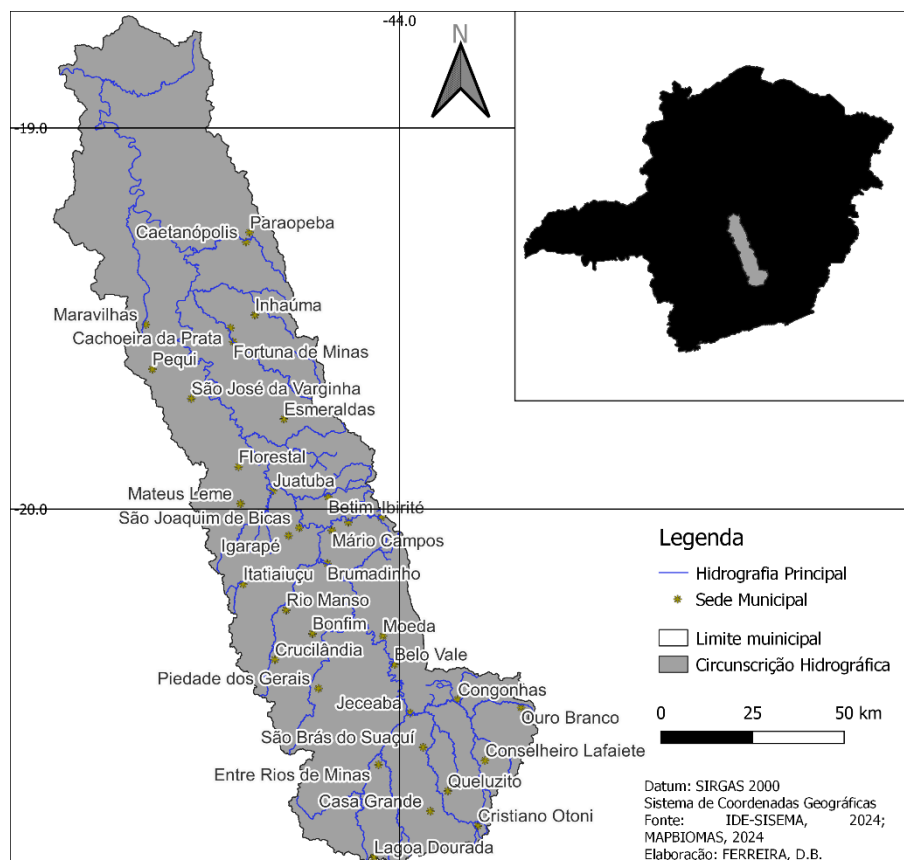
Com localização entre os municípios de Cristiano Ottoni a Belo Vale, no Alto Paraopeba estão inseridos municípios como Conselheiro Lafaiete, Congonhas, Ouro Branco, Jeceaba e Belo Vale. Essa é a região que possui a maior área da bacia dedicada às atividades agropecuárias. Evidencia-se também a ocorrência de atividades relacionadas com mineração e siderurgia. Algumas áreas dessa região estão inseridas no Quadrilátero Ferrífero, com jazidas de minerais, sobretudo o ferro (COBRAPE, 2020).

No trecho Médio Paraopeba, inserido entre o município de Belo Vale e o Ribeirão Grande em Esmeraldas, estão localizados 15 municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (. Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itatiaiuçu, Juatuba, Mário Campos, Mateus Leme, Rio Manso, São Joaquim de Bicas, Sarzedo.). Nessa região está concentrada a maior parcela da população da bacia hidrográfica, com quantitativo que representa 77,6% do total da bacia.

Na sub-bacia do Médio Paraopeba, a atividade econômica possui como característica a diversidade industrial existente, com a presença de indústrias dos ramos automobilístico, petroquímico, têxtil, metalúrgica e alimentício. A mineração de ferro também está presente nessa região, sobretudo nas serras de Itatiaiuçu, Serra Azul e Farofas, que ainda pertencem ao Quadrilátero Ferrífero. Há expressiva mineração de areia na região de Esmeraldas. Em relação a toda a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, essa região representa 81,2% do PIB total, evidenciando a sua grande relevância econômica (COBRAPE, 2020).

Na região do Baixo Paraopeba, entre Esmeraldas e a represa de Três Marias, estão localizados municípios como Sete Lagoas, Paraopeba, Caetanópolis, Fortuna de Minas, Maravilha, Pompéu e Felixlândia. É a região fisiográfica com a menor ocupação populacional da bacia, sendo que a sua maioria está localizada em áreas rurais. As atividades econômicas se relacionam com agropecuária, sobretudo a silvicultura, a extração de ardósia e produção de eucalipto para siderúrgicas da região (COBRAPE, 2020).

Figura 2. Delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba



Dentre os 48 municípios da BHRP, em 26 (54%) desses não há coleta e tratamento de esgotos, enquanto, 22 possuem alguma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) implementada, representando 46% do total de municípios. Desses 22 municípios, em Curvelo, Pará de Minas e Pompéu, todos com uma ETE cada, o lançamento de efluente ocorre em corpo hídrico de outra bacia hidrográfica, enquanto, em Contagem, em duas das três ETE's que atendem o município e Sete Lagoas em que as cinco ETE's também há essa situação.

A Tabela AI.2, no ANEXO I apresenta a descrição dos sistemas de tratamento de esgoto em todos os municípios da BHRP, tal como, população urbana, índice de atendimento e tratamento empedado na ETE, quando existente.

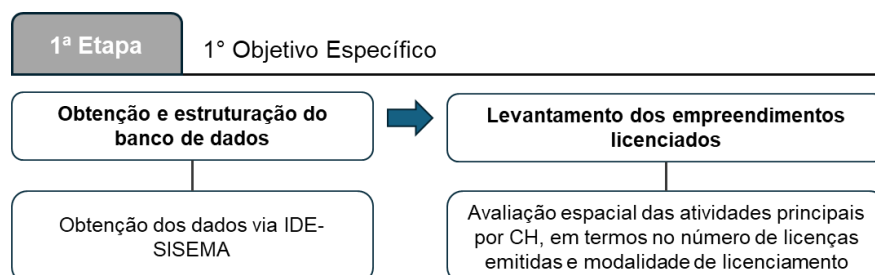
5 METODOLOGIA

5.1 Levantamento de atividades licenciadas pelo órgão ambiental estadual nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba

Os dados de licenciamento ambiental realizado pelo órgão ambiental estadual de Minas Gerais, fornecidos em duas bases de dados disponíveis na plataforma de Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA), são referentes a: (i) Histórico de licenças ambientais emitidas pela SEMAD entre 2013 e 2019, anteriormente à implementação do Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA), e (ii) Licenças Ambientais Emitidas pelo SLA atualizadas quadrimestralmente (IDE-SISEMA, 2024) Os dados foram sistematizados em uma única planilha eletrônica, sendo gerada uma série histórica completa com todos os empreendimentos licenciados desde a promulgação da DN COPAM n° 217/2017 até a dezembro de 2023.

O levantamento das licenças ambientais na área de estudo considerou: (i) o quantitativo das licenças ambientais emitidas por listagem do Anexo Único da DN COPAM n° 217/2017 e (ii) o quantitativo das modalidades de licenciamento (LAS, LAT e LAC) empregadas por empreendimento em cada listagem. Os dados obtidos foram espacializados, gerando mapas dos empreendimentos licenciados no período da pesquisa, considerando as classes estabelecidas na DN COPAM n° 217/2017. A partir da espacialização foram analisadas tendências e padrões geográficos gerais e específicos por circunscrição hidrográfica (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma dos procedimentos para obtenção e levantamento das atividades licenciadas na área de estudo



Evidencia-se que nesse estudo foram consideradas apenas as licenças ambientais emitidas pelo órgão estadual, ou seja, não foram contabilizados os empreendimentos cujo o licenciamento ocorre em nível municipal em razão convênio de cooperação técnica e administrativa para delegação de competências estaduais conforme a Lei Estadual n° 21.972, de 21 de janeiro de

2016 ou devido a competência originária dos municípios prevista na Lei Complementar nº 140/2011 e regulamentada pela Deliberação Normativa COPAM nº213/2017.

5.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais

A avaliação da qualidade das águas superficiais nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba foi fundamentada em análises estatísticas preliminares e descritivas, junto com a aplicação de testes não paramétrico para avaliação dos dados de monitoramento da qualidade das águas. A sequência das etapas é apresentada a seguir.

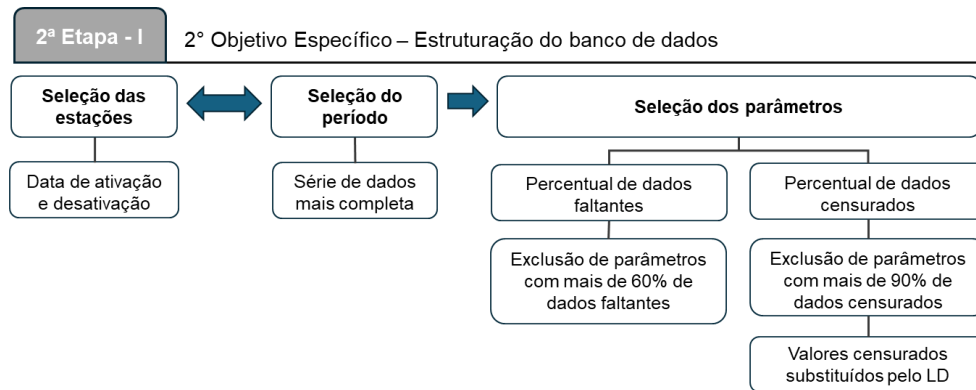
5.2.1 Obtenção e estruturação do banco de dados

O banco de dados de monitoramento disponibilizados pelo Igam, no escopo do Programa Águas de Minas, desde a implementação da primeira estação de monitoramento em 1997 até 2023 foi utilizado neste estudo. No total, foram analisados 94 parâmetros físico-químicos e biológicos monitorados em 160 estações de monitoramento ao longo da Bacia da Hidrográfica do Rio das Velhas e 49 estações na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, incluindo ativas e desativadas.

Os dados obtidos para a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas somam 371.826 observações em 10.553 campanhas de amostragem com frequência de coleta mensal, trimestral e semestral (variando conforme a estação do ano). Por sua vez, para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba foram identificadas 133.053 observações em 3.406 campanhas de amostragens.

O banco de dados disponibilizado é heterogêneo, visto que nem todos os parâmetros foram amostrados em todas as estações e campanhas, carecendo da aplicação de metodologias específicas, conforme os objetivos do estudo, para a avaliação de seus resultados. Nesse contexto, para a seleção dos parâmetros foi realizado um tratamento prévio para a seleção das estações, bem como da frequência de monitoramento, definição do período de estudo e a seleção dos parâmetros de qualidade da água (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma da organização e sistematização dos bancos de dados da Bacias Hidrográfica do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas



Os dados foram estruturados de acordo com as bacias hidrográficas, resultando em dois bancos de dados distintos. As etapas de seleção das estações de monitoramento e do período de estudo foram conduzidas de forma conjunta, determinadas a partir das estações que apresentavam o maior número de séries completas de dados.

Para a determinação dos parâmetros a serem analisados, calculou-se as porcentagens de dados faltantes (valores não computados quando da realização de uma coleta) para cada parâmetro do banco de dados estabelecido. Os parâmetros com mais de 60% dos dados faltantes foram excluídos, considerando que, nesta situação, haveria uma perda importante de informações que comprometeria a análise da sazonalidade, conforme metodologia aplicada anteriormente (CALAZANS *et al*, 2018).

Os dados censurados, aqueles com resultado superior ou inferior ao do limite de detecção do método analítico (LD), foram substituídos pelo próprio LD, uma vez que este caracteriza o cenário com maior deterioração em termos de qualidade das águas, conforme apresentado em estudos prévios (BARROSO *et al*, 2024; COSTA *et al*, 2017; EPA, 2000).

Evidencia-se que os parâmetros de coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli* foram analisados em conjunto como um único parâmetro, definido como Indicador Fecal. A partir da primeira coleta de 2013 o Programa Águas de Minas passou a utilizar *E. Coli* como indicador de contaminação fecal, em substituição aos coliformes termotolerantes, sendo que, os dados de coliformes foram multiplicados por 0,8 (IGAM, 2014; CETESB, 2017; MINAS GERAIS, 2022).

5.2.2 Análise preliminar e descritiva

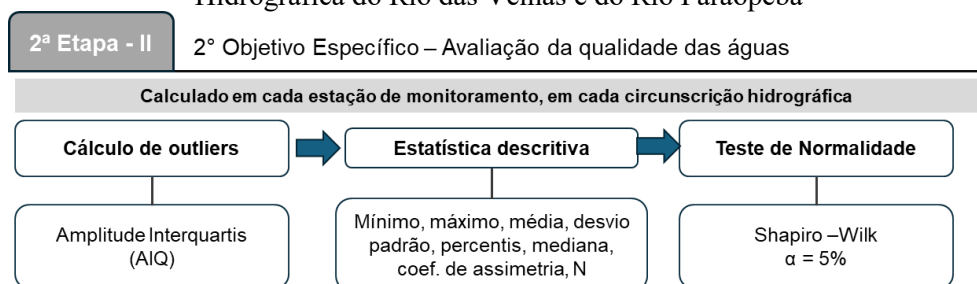
O cálculo da estatística descritiva foi realizado para os dados brutos de cada parâmetro da qualidade da água, em cada estação de monitoramento, em cada bacia hidrográfica avaliada,

identificando valores de média, média geométrica, mediana, mínimo e máximo, desvio padrão, percentis 25 e 75% e os coeficientes de assimetria e curtose.

Ademais, calculou-se o percentual de *outliers* pelo método exploratório da amplitude interquartis (AIQ), dado pela diferença entre o terceiro quartil (Q3 ou percentil 75%) e primeiro quartil (Q1 ou percentil 25%). Assim, foi considerado *outlier* superior todo dado maior que $Q3+1,5AIQ$ e *outlier* inferior todo valor menor que $Q1-1,5AIQ$ (NAGHETTINI; PINTO, 2007) e suas ocorrências foram analisadas individualmente para a decisão de manutenção ou retirada desses valores das análises. A análise individual foi efetuada para verificar se a observação era passível de ocorrência no contexto em estudo.

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) foi aplicado em cada parâmetro, ao nível de significância de 5%, para confirmação de que os dados não seguem a distribuição normal, conforme estudos já publicados, que utilizaram os mesmos dados de monitoramento (CALAZANS *et al*, 2018; SOARES *et al*, 2020; BARROSO *et al*, 2024) (Figura 5).

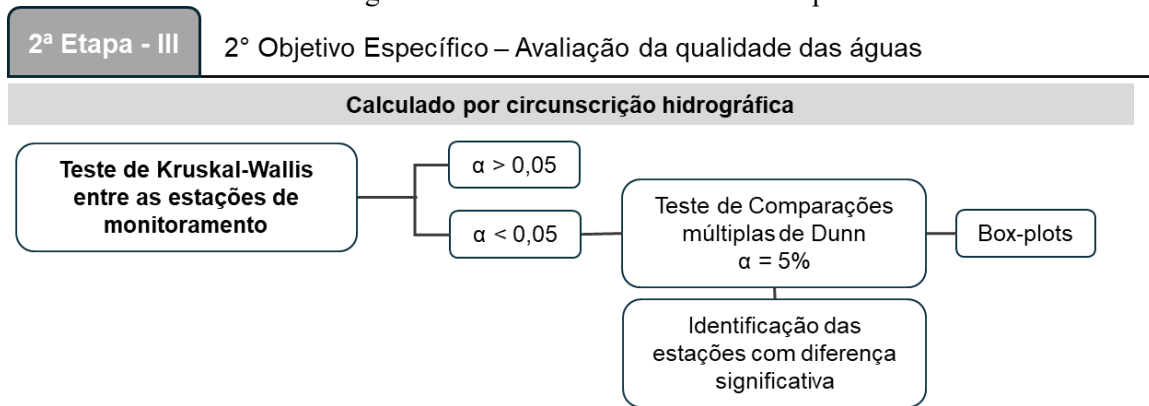
Figura 5. Fluxograma das análises preliminares e descritivas realizadas nos bancos de dados da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba



5.2.3 Aplicação de testes estatísticos não paramétricos

A avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando técnicas estatísticas, não paramétricas, foi realizada para a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba de modo separado, para identificar as estações mais impactadas. (Figura 6).

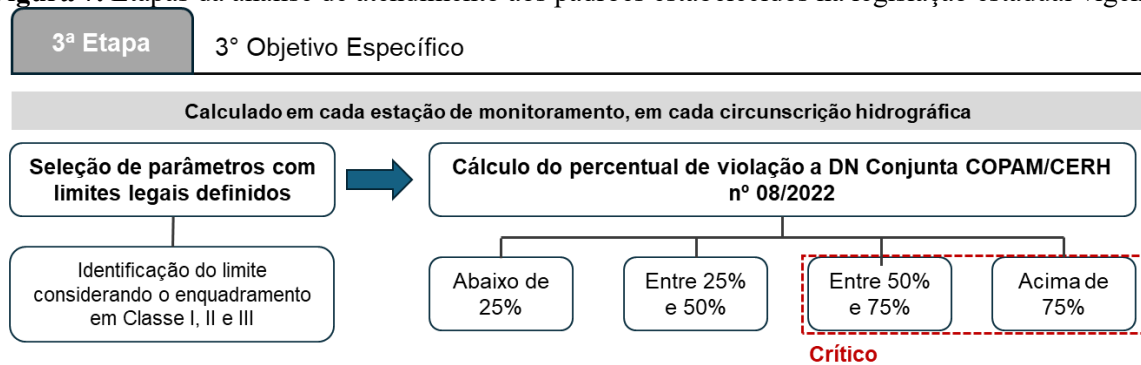
Figura 6. Fluxograma das análises não paramétricas realizadas nos bancos de dados da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Rio Paraopeba



Para melhor caracterizar as diferenças significativas nas concentrações dos parâmetros de qualidade de água entre as estações de monitoramento, foram aplicados o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952), seguido Teste de Comparações Múltiplas de Dunn ($\alpha = 5\%$) quando uma diferença significativa foi identificada no teste anterior (DUNN, 1964). Desta forma, foi possível identificar as estações mais impactadas dentro de cada bacia.

5.2.4 Violação dos parâmetros de qualidade de água aos limites legais

Para a avaliação da conformidade dos limites legais, calculou-se os percentuais de violação de cada parâmetro do banco de dados selecionado aos limites preconizados pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº08/2022, conforme a classe de enquadramento do corpo d'água em que estas estações de monitoramento se encontram (MINAS GERAIS, 2022). Foram analisados os 34 parâmetros que possuem limite legal definido para a classe de enquadramento do corpo d'água, em cada estação de monitoramento, de acordo com a Figura 7.

Figura 7. Etapas da análise de atendimento aos padrões estabelecidos na legislação estadual vigente

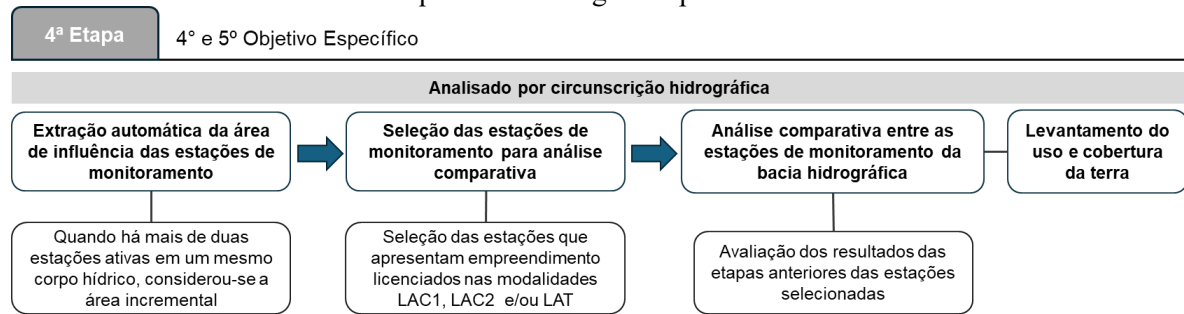
No intuito de identificar os parâmetros responsáveis pela maior degradação ambiental, e quantificar as faixas de violação, foram estabelecidos quatro intervalos de percentuais de violação do total de amostras, sendo eles: (i) percentual de violação de até 25%; (ii) entre 25% e 50%; (iii) entre 50% e 75%; e (iv) violação superior a 75%. Os parâmetros que apresentaram violação igual ou superior a 50% durante o período analisado, foram denominados parâmetros críticos, pois são considerados parâmetros mais impactantes para a qualidade da água superficial local (SOARES, OLIVEIRA e GOMES, 2022; CALAZANS *et al*, 2018; OIVEIRA *et al*, 2019b). Evidencia-se que o cálculo do percentual de violação foi efetuado considerando as estações secas e chuvosas, dado o efeito da sazonalidade nos dados de qualidade de água. Os limites considerados estão apresentados na Tabela AII.1 do Anexo II.

5.3 Avaliação da relação entre a qualidade das águas superficiais e o licenciamento ambiental

No intuito de identificar a relação entre o licenciamento ambiental e qualidade das águas superficiais, foi avaliado se as estações de monitoramento que possuem em sua área de influência empreendimentos licenciados sob as modalidades Licenciamento Ambiental Trifásico (LAT) e/ou Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC), desde a implementação da DN COPAM nº 217/2017, apresentam dados de qualidade de água superficial que indicam deterioração da sua condição.

Foram considerados apenas os empreendimentos cujas licenças ambientais emitidas nas modalidades LAT e LAC, pois essas modalidades estão associadas a empreendimentos de maiores classes de porte e potencial poluidor/degradador, conforme apresentado na tabela três do Anexo Único DN COPAM nº 217/2017 (Quadro 2). A sequência das etapas aplicadas é apresentada na Figura 8.

Figura 8. Fluxograma de etapas para a avaliação da relação entre o licenciamento ambiental e a qualidade das águas superficiais



A delimitação das áreas de influência de cada estação de monitoramento em cada bacia hidrográfica foi realizada a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) gerados a partir de imagens do *Copernicus DEM (Global and European Digital Elevation)*, sendo considerado como exutório a própria localização das estações. As imagens utilizadas apresentam resolução espacial de 30 metros, e foram obtidas por meio do acesso ao catálogo de imagens do *Open Topography* (ESA,2021) via QGIS plugin.

A própria estação de monitoramento foi considerada como o exutório para a extração da área de influência. Foram consideradas as estações localizadas tanto na calha do rio principal da bacia hidrográfica quanto a de seus afluentes. Quando há duas ou mais estações de monitoramento em um mesmo corpo hídrico, para a estação localizada mais a jusante foi considerada a área de influência incremental, dada pela diferença entre a área de influência calculada e a área de influência da estação de monitoramento imediatamente a montante.

Foi analisado os resultados de qualidade de água superficial obtidos nas etapas anteriores das estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba em relação as demais estações de monitoramento da respectiva bacia hidrográfica. De modo a identificar se há relação entre a qualidade da água superficial e a caracterização dos empreendimentos licenciados.

Junto às análises comparativas supracitadas, avaliou-se a evolução do uso e cobertura da terra, considerando os anos de 2008, 2013, 2018 e 2022 nas áreas de influência das estações de monitoramento associadas a empreendimentos licenciados no intuito de observar como essas variáveis poderiam influenciar a qualidade das águas superficiais ao longo do tempo.

Os usos e ocupação do solo foram obtidos na Coleção 8 da plataforma MapBiomas. As classes identificadas foram agrupadas em classes mais abrangentes, usando como referência o código

de legendas disponibilizada pela plataforma MAPBIOMAS 2024, ao passo que outras tiveram a nomenclatura adaptada (Quadro 4). Os dados de cada classe de uso do solo foram contabilizados em hectare, descrevendo assim as configurações da paisagem para cada área de influência das estações de monitoramento analisadas, em cada ano da série histórica.

Quadro 4. Correspondência entre a classificação do MapBiomas e a adaptação

Classe de uso e cobertura da terra do MapBiomas	Classe de uso e ocupação da terra agregadas
Pastagem	Agropecuária
Mosaico de Usos	
Silvicultura	
Outras Lavouras Temporárias	
Café	
Outras Lavouras Perenes	
Soja	
Citrus	
Cana	
Formação Savânica	Floresta
Formação Florestal	
Afloramento Rochoso	Formação Natural Não florestal
Formação Campestre	
Campo Alagado e Área Pantanosa	
Área Urbanizada	Área Urbanizada
Outras Áreas Não vegetadas	Outras Áreas Não vegetadas
Rio, Lago e Oceano	Corpo D'Água
Mineração	Mineração

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

6.1.1 Levantamento dos dados de licenciamento ambiental

A Tabela 3 apresenta o quantitativo de licenças ambientais concedidas pelo órgão estadual na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas desde a implementação da DN COPAM nº 217/2017 de acordo com a modalidade de licenciamento.

Tabela 3. Quantitativo de licenças ambientais emitidas pelo estado de Minas Gerais na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas entre 2018 e 2023 por modalidade do licenciamento

Modalidade do licenciamento	Quantidade de licenças emitidas	Percentual
LAS CADASTRO	721	72%
LAS RAS	219	22%
LAC1	43	4%
LAC2	18	2%
LAT	2	<1%
Total	1003	100%

Obs.: LAS CADASTRO: Licenciamento Ambiental Simplificado–Cadastro; LAS RAS: Licenciamento Ambiental Simplificado–Relatório Ambiental Simplificado; LAC1: Licenciamento Ambiental Concomitante 1; LAC2: Licenciamento Ambiental Concomitante 2; LAT: Licenciamento Ambiental Trifásico.

Identificou-se que 72% das licenças ambientais emitidas entre março de 2018 e dezembro de 2023 correspondem à modalidade LAS Cadastro e, em sequência, 22% dos licenciamentos ocorreram na modalidade LAS RAS. Assim, 94% dos procedimentos de licenciamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas ocorrerem na modalidade de Licenciamento Ambiental Simplificado.

A Licença Ambiental Trifásica (LAT), modalidade de licenciamento ambiental mais restritiva, foi representado por duas licenças no período estudado, o que equivale a menos de 1% do total de licenças concedidas.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas possui um importante papel no cenário econômico e isso se reflete no número de atividades licenciadas bem como no amplo rol de listagens (Tabela 4). Evidencia-se que a Listagem F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços (284 licenças) e a Listagem A – Atividades Minerárias (161 licenças), juntas representam mais de 44% do total de 1003 licenças emitidas. Em ambas as atividades há o predomínio da emissão de licenças por meio do licenciamento ambiental simplificado. Entretanto, para a Listagem A há o maior

número de licenças emitidas nas modalidades LAC1 e LAC2 na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, sendo que é a única a possuir licenças emitia através do procedimento trifásico (LAT) no período avaliado.

Tabela 4. Relação entre listagem de atividades e o número de atividades licenciadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas de acordo com a modalidade do licenciamento

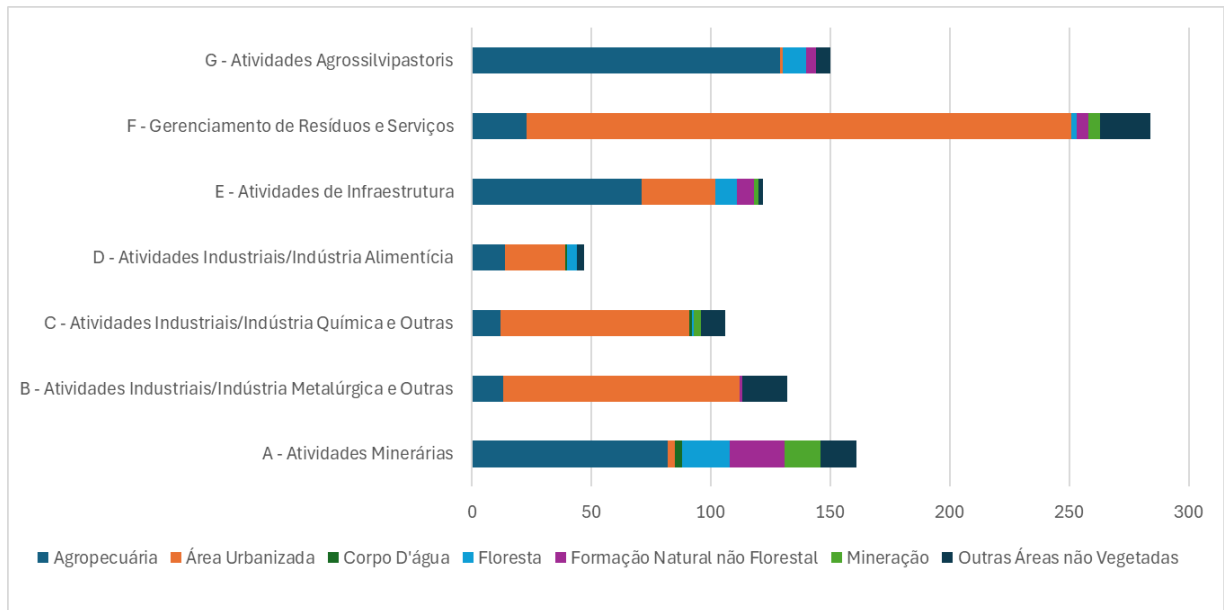
LISTAGEM	MODALIDADE LICENCIAMENTO					TOTAL
	LAS CADASTRO	LAS RAS	LAC1	LAC2	LAT	
A - Atividades Minerárias	42	82	26	9	2	161
B - Atividades Industriais/Indústria Metalúrgica e Outras	106	19	5	2		132
C - Atividades Industriais/Indústria Química e Outras	84	18	2	2		106
D - Atividades Industriais/Indústria Alimentícia	35	9	2	1		47
E - Atividades de Infraestrutura	89	29	1	3		122
F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços	252	30	2			284
G - Atividades Agrossilvipastoris	113	32	4	1		150
H - Outras atividades			1			1
Total	721	219	43	18	2	1003

Na Figura 9, têm-se o consolidado da análise do tipo de uso e cobertura da terra onde estão localizados os empreendimentos ambientais licenciados. Identifica-se que as atividades minerárias têm uma presença considerável em áreas agropecuárias e florestais, com 82 e 20 licenças, respectivamente, quantitativo superior ao número de licenças ambientais em locais com uso e cobertura da terra de mineração inclusive.

A presença de licenças ambientais da Listagem A em áreas consideradas agrícolas podem estar relacionadas ao tipo da atividade e pela metodologia empregada pelo MapBiomias. Tem-se que, das 82 licenças ambientais em área de agropecuária, 54 delas correspondem a atividades de extração de areia e cascalho, argila para cerâmica vermelha e água potável. De acordo com o MapBiomias, um dos critérios de classificação do uso e cobertura da terra como mineração é a que sejam consideradas áreas próximas a referências espaciais de recursos minerárias. Portanto, as áreas dedicadas à mineração, sobretudo de menor impacto ambiental, podem ser classificadas como agropecuária uma vez que essa classificação engloba áreas de pastagens e mosaico de uso, que assim como a mineração apresentam exposição do solo por atividade antrópica.

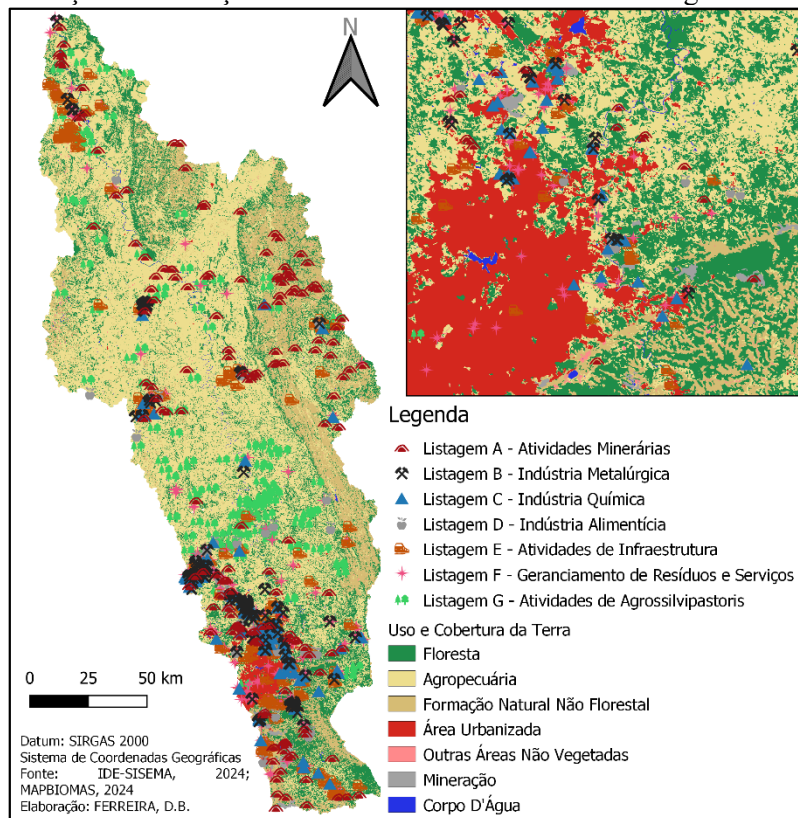
As atividades industriais, especialmente nas indústrias metalúrgica, química e alimentícia e de gerenciamento de resíduos e serviços, estão concentradas em áreas urbanizadas. Este resultado reflete a concentração das atividades industriais próximas a centros urbanos

Figura 9. Identificação do uso e cobertura da terra na localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas



A análise espacial dos dados referentes à emissão de licenças ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas aponta maior número de licenças ambientais emitidas na região do Alto Velhas (Figura 10). Esse resultado pode ser atribuído à proximidade da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que é a região com a maior concentração populacional da bacia, e, conseqüentemente, maior demanda por atividades econômicas que requerem regulamentação ambiental. Ademais, no Alto Velhas está localizado o Quadrilátero Ferrífero, uma área de intensa atividade minerária e industrial em razão de suas características.

Figura 10. Localização das licenças ambientais emitidas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas



Na Tabela 5, identifica-se que sete municípios se destacaram por terem emitido mais de 40 licenças ambientais cada um, após a DN COPAM nº 217/2017. Sete Lagoas apresenta um total de 140 licenças emitidas, sendo que a maioria está concentrada na Listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços, com 68 licenças. Além disso, as Listagens B – Indústria Metalúrgica e C – Indústria Química também apresentaram números expressivos, com 32 e 20 licenças, respectivamente.

Em sequência, o município de Nova Lima possui 73 licenças ambientais emitidas. A maior parte delas está concentrada na Listagem F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços, com 24 registros, seguida pela Listagem B – Indústria Metalúrgica com 13 licenças. Pedro Leopoldo emitiu 64 licenças ambientais e, assim como os municípios anteriores, há predominância na Listagem F, com 23 licenças, e na Listagem B, com 18 licenças.

Várzea da Palma possui o quarto maior número de licenças ambientais emitidas, com um total de 57, sendo que a Listagem E – Atividades de Infraestrutura apresentou maior quantitativo, acumulando 23 licenças. Os municípios de Corinto e Curvelo, contam cada um com 50 licenças ambientais. Em Corinto, há o destaque para a Listagem B – Indústria Metalúrgica com o total

de 20 licenças. Por sua vez, em Curvelo, a distribuição foi mais equânime/, com 16 licenças na Listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços.

Tabela 5. Número de licenças emitidas após a implementação da DN COPAM 214/2017 por município da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

MUNICÍPIO	LISTAGEM							TOTAL
	A	B	C	D	E	F	G	
Araçáí ¹	1	0	0	0	0	2	2	25
Augusto de Lima ¹	5	0	0	0	0	1	2	8
Baldim	1	0	0	2	1	2	14	20
Belo Horizonte ¹	1	1	0	0	4	7	0	13
Buenópolis ¹	2	0	0	0	0	0	0	2
Caeté	3	1	5	0	2	8	3	22
Capim Branco	1	0	0	1	1	2	1	6
Conceição do Mato Dentro ¹	2	0	0	0	0	0	0	2
Confins	0	0	1	0	3	1	0	5
Congonhas do Norte	3	0	2	0	0	1	0	6
Contagem I	0	0	1	0	0	7	1	9
Cordisburgo	0	1	0	0	0	4	9	14
Corinto	8	20	1	0	2	8	11	50
Curvelo	5	6	6	2	6	16	9	50
Datas	3	0	0	0	2	1	1	7
Diamantina ¹	22	0	1	0	0	0	3	26
Esmeraldas	1	0	1	0	0	2	0	4
Funilândia ¹	0	0	1	1	2	3	9	16
Gouveia	14	1	1	1	3	4	0	24
Inimutaba	3	0	0	0	1	1	1	6
Itabirito ¹	10	0	2	2	1	4	0	19
Jaboticatubas ¹	3	0	0	1	1	3	10	18
Jequitibá	1	0	0	0	1	1	31	34
Joaquim Felício	3	0	0	0	0	0	0	3
Lagoa Santa ¹	0	5	4	0	4	1	0	14
Lassance ¹	3	0	0	1	2	3	8	17
Matozinhos ¹	4	6	2	1	0	2	0	15
Monjolos	1	0	0	0	0	1	1	3
Morro da Garça	0	0	0	1	0	0	1	2
Nova Lima	8	13	9	7	11	24	0	73
Nova União	0	1	2	0	1	6	0	10
Ouro Preto	5	0	2	0	8	2	0	17
Paraopeba	0	0	0	0	0	0	3	3
Pedro Leopoldo ¹	7	18	10	2	4	23	0	64
Pirapora ¹	5	0	0	0	2	1	1	9
Presidente Juscelino	2	2	0	1	7	1	0	13
Presidente Kubitschek	2	0	0	0	0	1	0	3
Prudente de Moraes	5	2	0	1	0	9	0	17
Raposos	0	0	0	0	2	1	0	3

MUNICÍPIO	LISTAGEM							TOTAL
	A	B	C	D	E	F	G	
Ribeirão das Neves ¹	0	1	0	1	6	3	0	11
Rio Acima	2	1	0	3	0	2	0	8
Sabará ¹	2	4	11	7	7	15	0	46
Santa Luzia ¹	4	3	3	3	2	5	0	20
Santana de Pirapama	0	0	1	0	1	2	13	17
Santana do Riacho	0	0	0	1	2	2	1	6
Santo Hipólito	4	0	0	0	0	1	2	7
São José da Lapa ¹	3	0	3	1	0	3	0	10
Sete Lagoas ¹	3	32	20	6	7	68	4	140
Taquaraçu de Minas ¹	0	1	0	0	0	1	0	2
Várzea da Palma ¹	5	6	0	0	23	14	9	57
Vespasiano	4	7	17	1	3	15	0	47

¹Municípios que até dezembro do 2023 passaram a exercer a competência para realização do licenciamento ambiental de forma originária ou delegada, Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016 ou devido a competência originária dos municípios prevista na Lei Complementar nº 140/2011

Ao todo, no período de estudo 31 atividades foram licenciadas nas modalidades de LAC e LAT na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (Tabela 6). A maioria das licenças foram emitidas para a atividade de Lavra a céu aberto de rochas ornamentais e de revestimento (A-02-06-2), com 13 licenças emitidas, sendo que, uma delas foi na modalidade LAT. Em seguida, a extração de areia e cascalho (A-03-01-8) emitiu seis licenças ambientais e as atividades de Unidade de tratamento de minerais - UTM com tratamento a úmido (A-05-02-0) e Lavra a céu aberto de minerais não metálicos (A-02-07-0) emitiram quatro licenças ambientais cada. Evidencia-se que a segunda a atividade a possuir licença ambiental na modalidade LAT foi a de Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro (A-05-04-7).

Tabela 6. Descrição das licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT entre 2018 e 2023 na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

CÓDIGO	DESCRIÇÃO ATIVIDADE	NÚMERO DE LICENÇAS EMITIDAS
A-02-03-8	Lavra a céu aberto - Minério de ferro	1
A-02-06-2	Lavra a céu aberto - Rochas ornamentais e de revestimento	13
A-02-07-0	Lavra a céu aberto - Minerais não metálicos, exceto rochas ornamentais e de revestimento	4
A-03-01-8	Extração de areia e cascalho para utilização imediata na construção civil	6
A-03-01-9	Extração de cascalho, rocha para produção de britas, areia fora da calha dos cursos d'água e demais coleções hídricas, para aplicação exclusivamente em obras viárias, inclusive as executadas por entidades da Administração Pública Direta e Indireta Municipal, Estadual e Federal.	2
A-05-01-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a seco	1
A-05-02-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a úmido	4
A-05-04-5	Pilhas de rejeito/estéril	2
A-05-04-6	Pilha de rejeito/estéril de rochas ornamentais e de revestimento, pegmatitos, gemas e minerais não metálicos	3
A-05-04-7	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	1
B-02-01-1	Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	1

CÓDIGO	DESCRIÇÃO ATIVIDADE	NÚMERO DE LICENÇAS EMITIDAS
B-03-02-6	Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, com tratamento químico superficial	1
B-03-04-2	Produção de ligas metálicas (ferroligas), silício metálico e outras ligas a base de silício	1
B-04-01-4	Metalurgia dos metais não-ferrosos em formas primárias, inclusive metais preciosos	1
B-07-01-3	Fabricação de máquinas em geral e implementos agrícolas, bem como suas peças e acessórios metálicos	1
B-10-07-0	Tratamento químico para preservação de madeira	2
C-04-01-4	Produção de substâncias químicas e de produtos químicos inorgânicos, orgânicos, organo-inorgânicos, exceto produtos derivados do processamento do petróleo, de rochas oleígenas, do carvão-de-pedra e da madeira	1
C-05-01-0	Fabricação de produtos para diagnósticos com sangue e hemoderivados, farmoquímicos (matéria-prima e princípios ativos), vacinas, produtos biológicos e /ou aqueles provenientes de organismos geneticamente modificados	1
C-10-01-4	Usinas de produção de concreto comum	1
C-10-02-2	Usinas de produção de concreto asfáltico	1
D-01-02-3	Abate de animais de pequeno porte (aves, coelhos, rãs, etc.)	1
D-01-02-4	Abate de animais de médio porte (suínos, ovinos, caprinos, etc)	2
E-02-06-2	Usina solar fotovoltaica	1
E-03-04-2	Estação de tratamento de água para abastecimento	1
E-03-06-9	Estação de tratamento de esgoto sanitário	1
E-04-01-4	Loteamento do solo urbano, exceto distritos industriais e similares	1
F-06-01-7	Postos revendedores, postos ou pontos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas, postos flutuantes de combustíveis e postos revendedores de combustíveis de aviação	2
G-01-03-1	Culturas anuais, semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura	2
G-02-04-6	Suinocultura	2
G-02-07-0	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime extensivo	1
H-01-01-1	Atividades e empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão de vegetação primária ou secundária nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeita a EIA/RIMA nos termos da Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, exceto árvores isoladas	1
TOTAL		63

O número de licenças ambientais emitidas para as demais atividades variou entre um a três no período estudado. A análise mostra a diversidade econômica na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, uma vez que, apesar da grande relevância das atividades minerárias, há uma distribuição equânime na emissão de licenças dentre diversas atividades. No Apêndice I são apresentados a descrição completa das atividades licenciadas, considerando todas as modalidades.

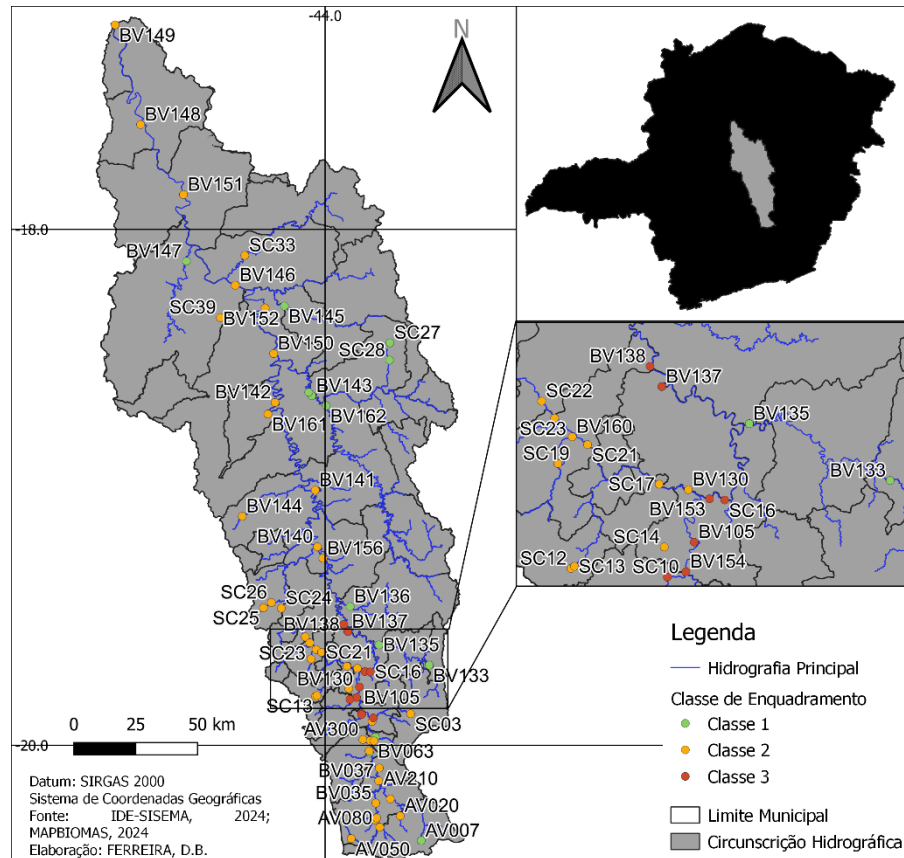
6.1.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

6.1.2.1 Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas para a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

O banco de dados completo da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas contempla 160 estações de monitoramento. Dessas, foram desconsideradas aquelas que são da rede dirigida, dedicada ao monitoramento na Lagoa da Pampulha e os seus afluentes e as direcionadas para atendimento às condicionantes do licenciamento ambiental da Cidade Administrativa de Minas Gerais (CALAZANS,2015; CORDOVA, 2020).

A partir dos dados da rede básica de monitoramento, foram consideradas aquelas que possuem um período contínuo de monitoramento entre 2008 e 2023, visando a obtenção de uma maior cobertura espacial no número de estações de monitoramento analisadas. Desta forma, foram selecionadas para análise 66 estações de monitoramento da BHRV (Figura 11), as quais, o descritivo das características de classe de enquadramento, curso d'água que está instalada, município de localização e coordenadas geográficas é apresentado na Tabela AIII.1 do Anexo III.

Figura 11. Localização das estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – SF5



O banco de dados para as estações selecionadas da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas apresentou 34 parâmetros com menos de 60% de dados faltantes. Os parâmetros cádmio total, cromo total, fenóis totais, mercúrio total e cobre dissolvido apresentaram ao menos 90% de dados censurados, logo, foram desconsiderados nas análises.

Os parâmetros de temperatura do ar, coliformes totais e condição de tempo foram excluídos das análises por não serem representativos para indicar a contaminação da água. A temperatura do ar e condição de tempo não retratam diretamente a qualidade da água. Os coliformes totais ocorrem em ambientes preservados, por representarem também bactérias de vida livre, não sendo bons indicadores de pressões antrópicas.

Desta forma, o banco de dados de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas possui dados de 38 parâmetros em 66 estações de monitoramento entre o período de 2008 a 2023. As características deste banco de dados estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros avaliados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

Parâmetro	Notação de referência	Unidade	Parâmetro	Notação de referência	Unidade
Alcalinidade de Bicarbonato	Al _{CB}	mg/L	Ferro dissolvido	Fe _{diss}	mg/L Fe
Alcalinidade total	Al _T	mg/L CaCO ₃	Fósforo total	P _T	mg/L P
Alumínio Dissolvido	Al _{diss}	mg/L	Manganês total	Mn _T	mg/L Mn
Arsênio total	As _T	mg/L As	Nitrato	N-NO ₃ ⁻	mg/L N
Bário Total	Ba _T	mg/L	Nitrito	N-NO ₂ ⁻	mg/L N
Cálcio total	Ca _T	mg/L Ca	Nitrogênio amoniacal total	N-NH ₄ ⁺	mg/L N
Chumbo total	Pb _T	mg/L Pb	Nitrogênio orgânico	N _{Org}	mg/L N
Cianeto livre	CN ⁻	mg/L CN	Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O ₂
Cloreto total	Cl _T	mg/L Cl	pH in loco	pH	mg/L
Clorofila a	Cl-a	µg/L	Potássio dissolvido	K _{diss}	mg/L
Indicador fecal	Ind. Fec.	NMP/100 ml	Sódio dissolvido	Na _{diss}	mg/L
Condutividade elétrica in loco	CE	µS/cm	Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg/L
Cor verdadeira	Cor	uC	Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO	mg/L O ₂	Sólidos totais	ST	mg/L
Demanda Química de Oxigênio	DQO	mg/L O ₂	Substâncias tensoativas	MBAS	mg/L LAS
Dureza de cálcio	Dur. _{Ca}	mg/L	Sulfato total	SO ₄ ⁻² _T	mg/L SO ₄
Dureza de magnésio	Dur. _{Mg}	mg/L	Temperatura da água	T _{H2O}	°C
Dureza total	Dur. _T	mg/L CaCO ₃	Turbidez	Turb.	UNT
Feoftina a	Feof. a	µg/L	Zinco total	Zn _T	mg/L Zn

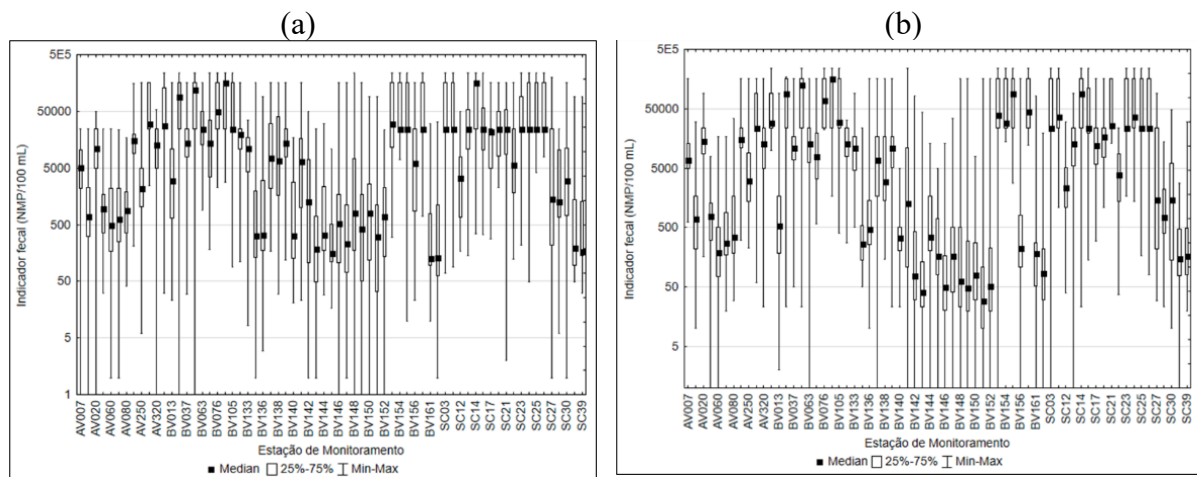
6.1.2.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos

A aplicação do teste de normalidade de Shapiro Wilk indicou que todos os parâmetros apresentam uma distribuição não normal. Na avaliação da qualidade das águas superficiais

utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foram identificadas diferenças significativas para as concentrações de todos os parâmetros de qualidade da água analisados, tanto no período seco quando no chuvoso, entre as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Em razão do grande número de estações de monitoramento da Bacia, optou-se por apresentar nessa seção os gráficos box-plots para apenas alguns parâmetros.

Identifica-se para o parâmetro de indicador fecal a alta concentração de *E. Coli* /Coliformes Termotolerantes em ambos os períodos seco e chuvoso. No entanto, ao analisar a Figura 12 têm-se no período chuvoso maior quantidade de estações com medianas mais elevadas.

Figura 12. Box-plot das concentrações do parâmetro indicador fecal, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b)

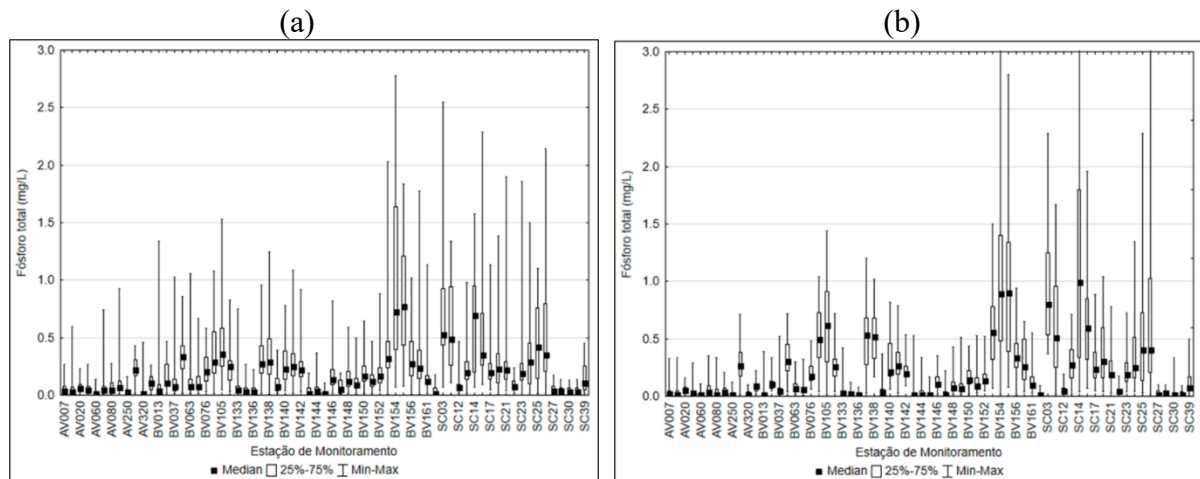


As estações que apresentaram as maiores medianas de indicadores fecais estão concentradas na região do Alto Velhas, em áreas com alto grau de urbanização e atividade industrial intensa, sobretudo minerária. As estações de monitoramento BV035 (Rio Itabirito, Itabirito), BV062 (Ribeirão Água Suja, Nova Lima), BV083 (Rio das Velhas, Sabará), BV155 (Ribeirão Arrudas, Sabará) e SC14 (Ribeirão Poderoso, Santa Luzia) foram aquelas que apresentaram as maiores medianas em ambos os períodos, ao passo que, no período seco também se destacam as estações BV076 (Ribeirão Sabará, Sabará) e BV135 (Ribeirão Taquaraçu, Jaboticatubas e Santa Luzia).

A Figura 13 apresenta os resultados para o fósforo total, indicando maiores medianas no período chuvoso. As estações de monitoramento BV154 (Ribeirão do Onça, Santa Luzia), BV155 (Ribeirão Arrudas, Sabará), SC03 (Córrego Caeté, Caeté), SC10 (Ribeirão do Onça, Santa Luzia), SC14 (Ribeirão Poderoso, Santa Luzia) apresentaram as maiores medidas em ambos os

períodos, e, no período seco também há BV105 (Rio das Velhas, Santa Luzia) e BV153 (Rio das Velhas, Santa Luzia)

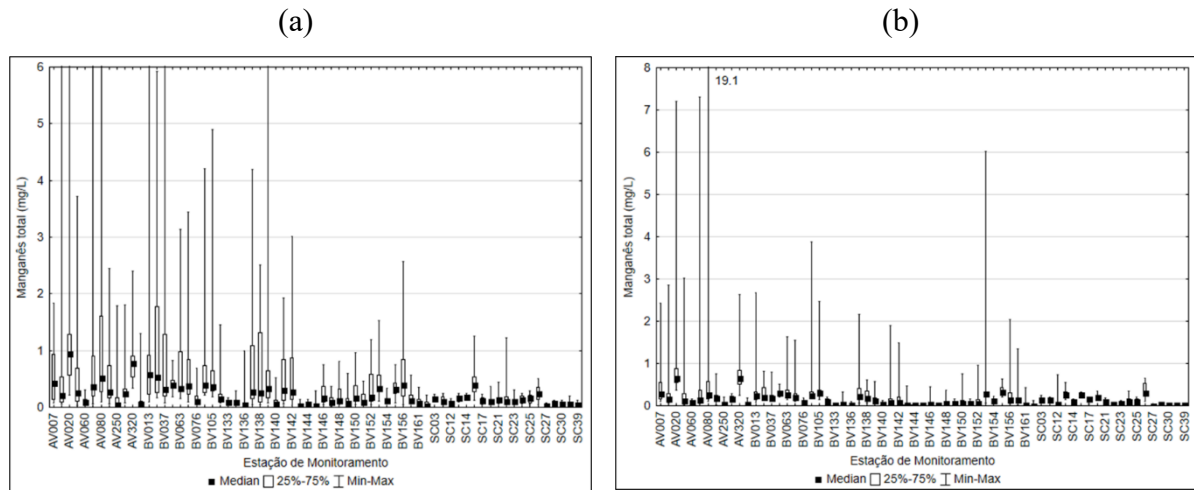
Figura 13. Box-plot das concentrações do parâmetro fósforo total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b)



Identifica-se que todas as estações de monitoramento destacadas estão localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, localizado na região fisiográfica do Alto Rio das Velhas. A alta concentração de fósforo total nessa região é ocasionada principalmente devido o lançamento de esgotos domésticos, evidenciando o impacto da urbanização sob a qualidade das águas superficiais.

As concentrações de manganês total apresentaram valores elevados tanto no período seco quanto no chuvoso em diversas estações ao longo da bacia do Rio das Velhas. Durante o período seco, as estações de monitoramentos apresentaram as maiores medianas incluem BV062 (Ribeirão Água Suja, Nova Lima), BV138 (Rio das Velhas, Lagoa Santa), BV154 (Ribeirão do Onça, Santa Luzia), BV155 (Ribeirão Arrudas, Sabará), BV156 (Rio das Velhas, Baldim), SC14 (Ribeirão Poderoso, Santa Luzia), SC25 e SC26 (ambas em Sete Lagoas, nos córregos do Diogo e do Matadouro, respectivamente). No período chuvoso, observou-se um padrão similar, com algumas variações. As estações BV062, BV154, BV155, SC14, SC25 e SC26 mantiveram altas medianas, indicando fontes persistentes de manganês. Adicionalmente, as estações BV105 (Rio das Velhas, Santa Luzia), BV160 (Ribeirão das Neves, Pedro Leopoldo), SC03 (Córrego Caeté, Caeté) e SC10 (Ribeirão do Onça, Santa Luzia) também apresentaram concentrações elevadas neste período (Figura 14).

Figura 14. Box-plot das concentrações do parâmetro manganês total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b)

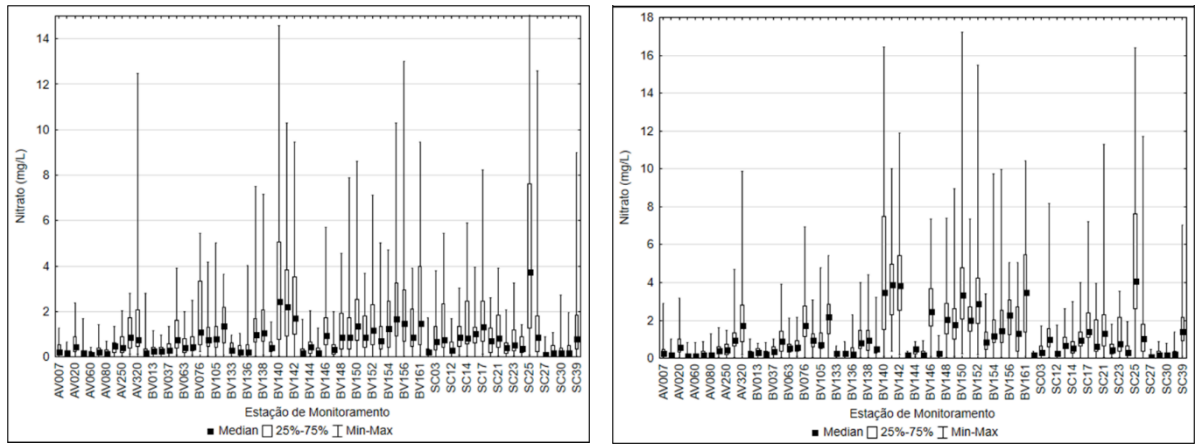


As maiores concentrações de manganês estão nas áreas urbanas e industrializadas, como Nova Lima, Santa Luzia, Sabará e Sete Lagoas. Destaca-se a estação AV320 (Córrego da Mina, Raposos), localizada em áreas historicamente associadas à mineração, é possível que haja uma forte influência desta atividade nos níveis de manganês observados

Em relação ao nitrato (Figura 15), durante o período chuvoso, as estações BV140 (Ribeirão Jequitibá, Jequitibá), BV141 (Rio das Velhas, Santana de Pirapama) e SC25 (Córrego do Diogo, Sete Lagoas) exibiram os níveis mais elevados. Por sua vez, no período seco, adiciona-se as estações BV142 (Rio das Velhas, Inimutaba/Presidente Juscelino), BV150 e BV152 (ambas no Rio das Velhas, Santo Hipólito), e BV161 (Ribeirão Santo Antônio, Inimutaba).

Figura 15. Box-plot das concentrações do parâmetro nitrato, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b)

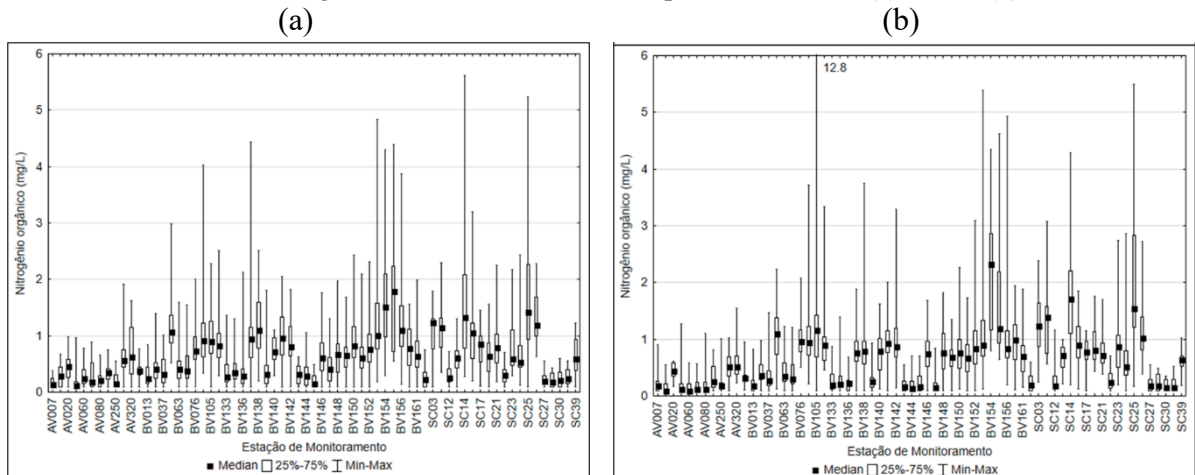
(a) (b)



A presença de altos níveis de nitrato em ambos os períodos nas estações BV140, BV141 e SC25 sugere fontes contínuas de contaminação, possivelmente relacionadas a atividades agrícolas ou descargas de efluentes domésticos. Nota-se que a maioria das estações que apresentaram altos maiores medianas de nitrato estão localizadas no médio e baixo curso do Rio das Velhas, em áreas com significativa atividade agropecuária.

Em relação ao nitrogênio orgânico (Figura 16), identifica-se maiores medianas, no período seco e chuvoso, nas estações AV020 e AV320, identificadas anteriormente a sua inserção em áreas destinadas a mineração.

Figura 16. Box-plot das concentrações do parâmetro nitrogênio orgânico, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período chuvoso (a) e seco (b)

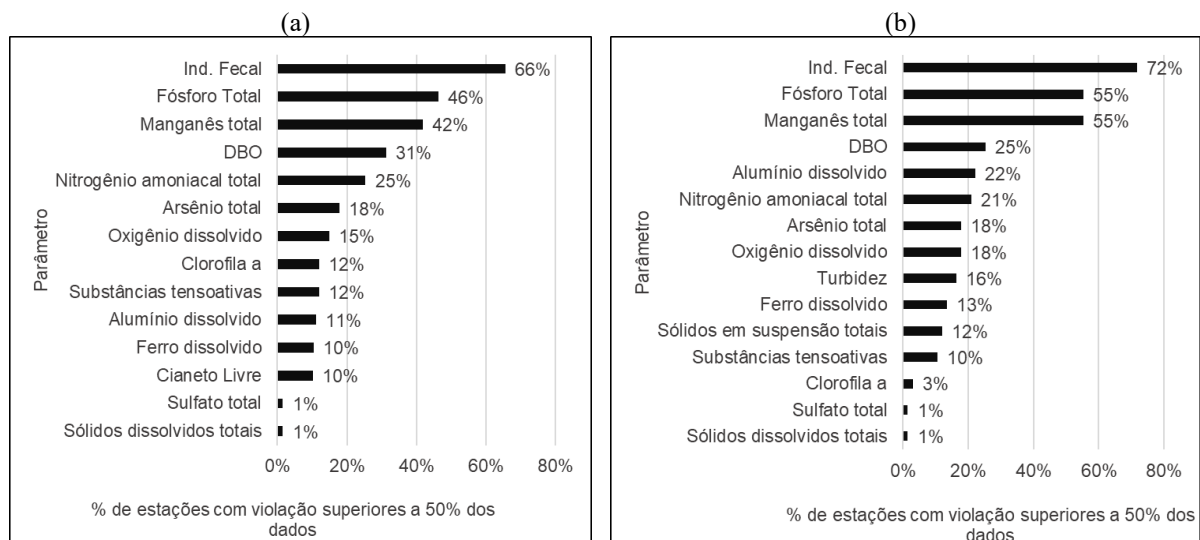


6.1.2.3 Avaliação da violação aos parâmetros de qualidade de água superficiais

Dentre os 34 parâmetros listados na legislação, 25 deles compunham o banco de dados e foram confrontados quanto à violação aos limites estabelecidos. No Apêndice I, são apresentados os resultados para violação de todos os parâmetros analisados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, em ambos os períodos.

Os parâmetros que apresentaram violações na faixa crítica (superior a 50% dos dados das estações de monitoramento) em ambas as estações do ano foram: Alumínio Dissolvido. Arsênio total; Clorofila a; DBO; Ferro dissolvido; Fósforo Total; Ind. Fecal; Manganês total. Nitrogênio Amoniacal total; Oxigênio dissolvido; Sólidos dissolvidos totais, Substâncias tensoativas e Sulfato Total. No período chuvoso, os parâmetros de Sólidos em Suspensão Totais e Turbidez também apresentaram estações com violações na faixa crítica. A Figura 17 expõe os percentuais de estações que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de estudo.

Figura 17. Percentuais de estações de monitoramento que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período seco (a) e período chuvoso (b) entre 2008 a 2022



Considerando o período seco e chuvoso, os parâmetros de SDT e SO_4^{2-} possuem violação em 1% das estações de monitoramento, equivalente a uma das 66 estações avaliadas. A MBAS violou mais de 50% das amostragens entre 9% a 12% das estações de monitoramento. Os parâmetros de Fe_{Diss} , Nitrogênio Amoniacal Total, OD, Turb. Al_{Diss} e As_T e possuem violação próximas, variando de 10 a 22% (6 a 12 estações). A DBO apresentou violação em percentuais críticos entre 31% (período seco) a 25% (período chuvoso) das estações de amostragem.

O P_T foi o parâmetro com o segundo maior número de estações de monitoramento com violações críticas, sendo que, no período chuvoso esse percentual foi de 55% (37 estações de monitoramento). O maior percentual de violação foi identificado para o indicador fecal, no qual 72% das estações violaram em mais de 50% dos seus dados o limite estabelecido para esse indicador, chegando a 48 das 66 estações.

Os parâmetros de Ind. fec., P_T , OD e DBO apontam que a descarga de efluentes domésticos sem o adequado tratamento é uma das principais fontes de impacto na qualidade das águas superficiais do Rio das Velhas (COSTA *et al*, 2017, CALAZANS *et al.*, 2018; DANTAS *et al.*, 2019; PINTO, CALAZANS, OLIVEIRA, 2019). Ademais, a ocorrência de violação aos parâmetros metálicos como Ferro Dissolvido e Arsênio Total estão relacionadas as atividades de mineração que ocorrem na área da bacia hidrográfica, sobretudo na região do Alto Velhas (COSTA *et al*, 2017; PINTO, CALAZANS, OLIVEIRA, 2019).

Dentre as 66 estações avaliadas para a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, têm-se que no período seco apenas oito estações de monitoramento (Tabela 8) e na período chuvoso quatro estações de monitoramento (Tabela 9) não apresentaram qualquer parâmetro com violação superior a 50% das amostragens, indicando que estes poluentes se distribuem por grande parte da bacia.

As estações BV154, BV155, SC03, SC14 e SC26 possuem o maior número de parâmetros críticos no período seco e chuvoso. Essas estações estão localizadas no Ribeirão do Onça, ribeirão Arrudas, córrego Caeté, Ribeirão Poderoso e Ribeirão Matadouro, corpos hídricos que possuem condições críticas por estarem localizados na região metropolitana e no colar metropolitano de Belo Horizonte cujo a principal fonte de poluição são os efluentes domésticos (DANTAS *et al*, 2020) e industriais sem o tratamento adequado (PINTO, CALAZANS, OLIVEIRA; 2019)

Tabela 8. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2023 no período seco

	Número de parâmetros críticos							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Estações de monitoramento	AV320	BV062	BV105	BV137	AV007	AV020	AV050	BV013
	BV154	BV130	SC10	BV141	AV010	AV080	AV060	BV145
	BV155	BV160	SC19	BV153	AV300	AV210	AV070	SC39
	SC03	SC14	SC25	SC13	AV340	AV250	BV037	
	SC26	BV062		SC16	BV035	BV063	BV067	
				SC21	BV076	BV136	BV138	
					BV083	BV139	BV143	
					BV133	BV140	BV144	
					BV135	BV148	BV147	
					BV142	BV151	BV149	
					BV146	SC12	BV161	
					BV150		BV162	
					BV152		SC22	
					BV156		SC27	
					SC17		SC28	
					SC23		SC30	
					SC24		SC33	

Tabela 9. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, considerando o período de 2008 a 2023 no período chuvoso

	Número de parâmetros críticos							
	7	6	5	4	3	2	1	0
Estações de monitoramento	AV320	BV062	BV130	AV020	AV007	AV050	BV013	BV145
	BV154	BV160	SC10	AV080	AV010	AV060	BV037	BV162
	BV155	SC14	SC19	AV340	AV300	AV070	BV143	
	BV156			BV035	BV063	AV210	BV144	
	SC03			BV141	BV076	AV250	BV149	
	SC26			BV142	BV105	BV067	SC22	
				SC13	BV133	BV083	SC27	
				SC16	BV135	BV140	SC28	
				SC17	BV136	BV146	SC30	
				SC21	BV137	BV151	SC33	
				SC24	BV138	SC12		
				SC25	BV139	SC23		
					BV147	SC39		
					BV148			
					BV150			
					BV152			
					BV153			
					BV161			

Estações com mesmo número de parâmetros críticos nas estações seca e chuvosa

A estação BV156, localizada na calha principal do Rio das Velhas, apresenta maior número de parâmetros críticos no período chuvoso, os quais, passaram a ser considerados os parâmetros de Ind.Fec., Turb, SST e OD

Três estações de monitoramento não possuem parâmetros com violação crítica no período seco, enquanto no período chuvoso esse quantitativo reduz para duas estações. Esse resultado é reflexo de maiores concentrações de parâmetros como SST, Turb. e o Ind. Fec, as quais, podem ocorrer devido as alterações no regime de precipitação e ao transporte de poluentes (MAULUD *et al*, 2021; LE *et al*, 2023).

6.1.3 Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e qualidade das águas superficiais

Conforme a Figura 18, que relaciona todos os empreendimentos licenciados e as estações de monitoramento, eles estão dispersos ao longo da área de influência de diversas estações de monitoramento. Esse volume de informações poderia constituir um desafio significativo para a análise, se todas as modalidades fossem consideradas simultaneamente.

Para tanto, conforme apresentado na metodologia, para análise da relação entre o licenciamento ambiental e a qualidade das águas superficiais, foram selecionadas aquelas estações de monitoramento que possuem empreendimentos em sua área de influência licenciados nas modalidades LAT, LAC1 e LAC2, por serem modalidades associadas a empreendimentos de maior impacto ambiental (Figura 19).

Figura 18. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas entre 2018 e 2023 (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)

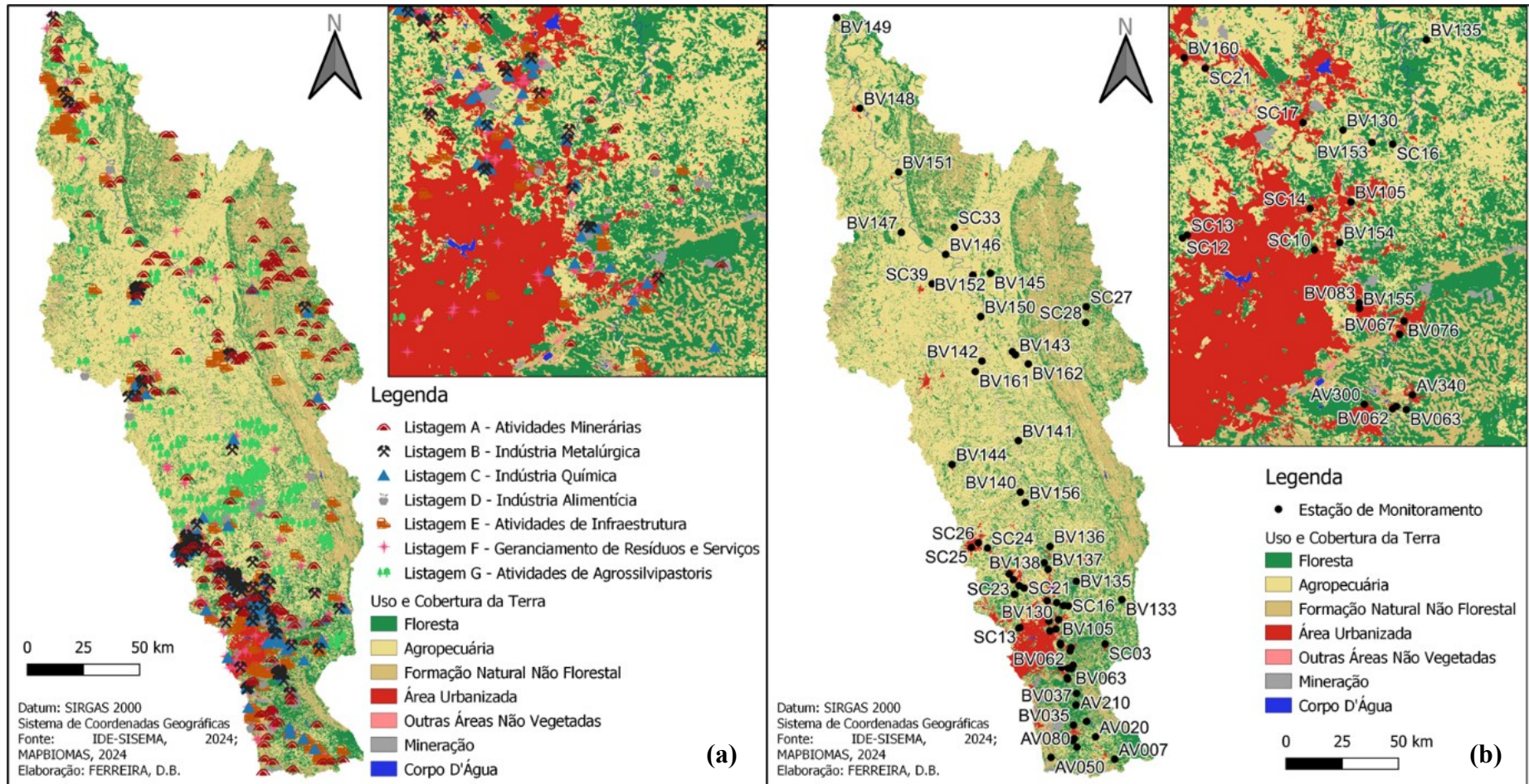
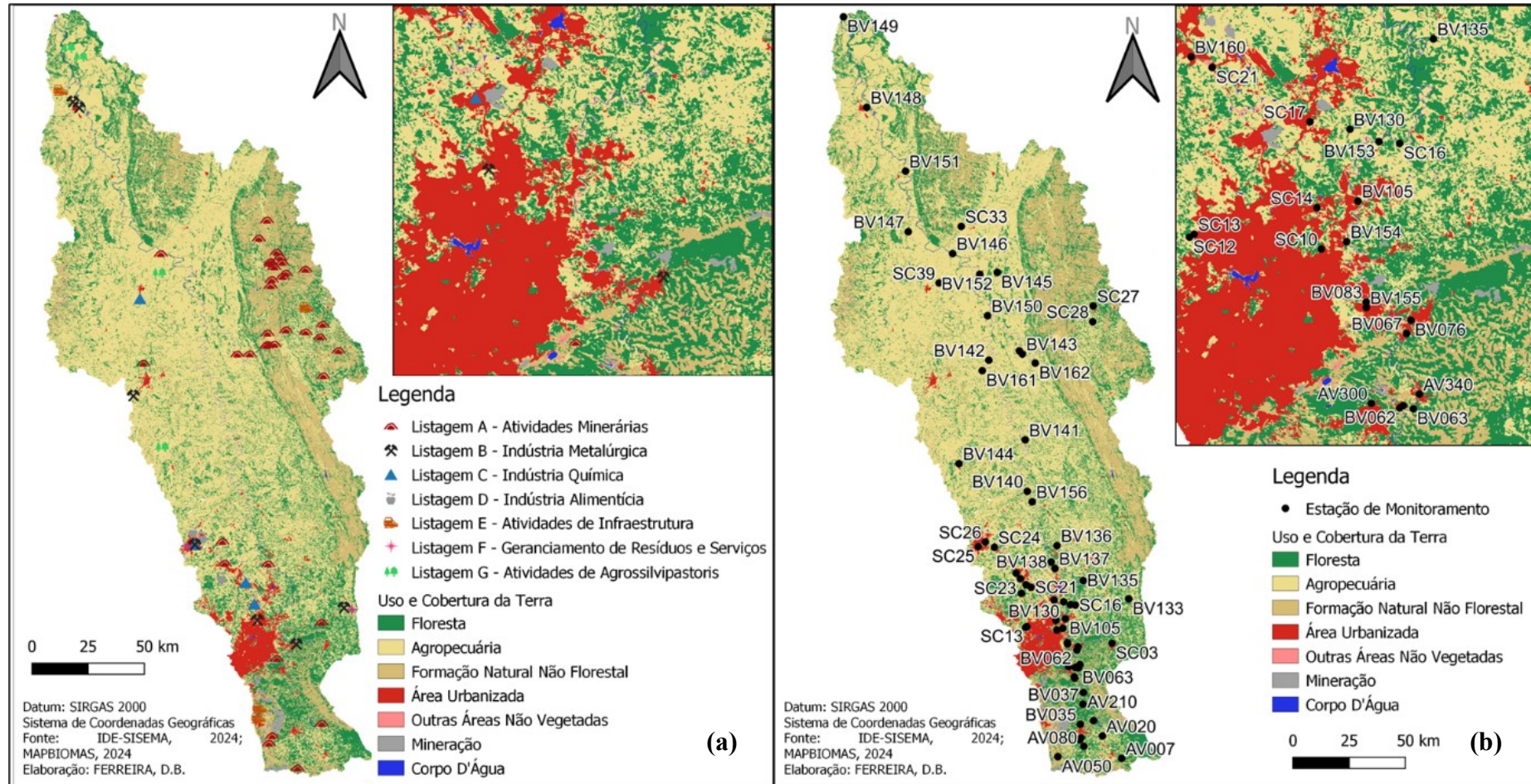


Figura 19. Empreendimentos licenciados na BHRV entre 2018 e 2023 sob as modalidades LAC1, LAC2 e LAT (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)



Nesse contexto, têm-se na Tabela 10 a lista das estações de monitoramento que possuem empreendimentos licenciados nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT assim como o quantitativo de empreendimentos e sua respectiva listagem.

Tabela 10. Relação de estações de monitoramento priorizadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e o número de licenças ambientais emitidas de acordo com a listagem da DN COPAM nº 217/2017

Estação de Monitoramento	Modalidade do Licenciamento			Observação
	LAT	LAC1	LAC2	
AV050	-	2 – Listagem A	-	
AV080	-	3 – Listagem A	-	Sobrepõe AV050
AV210	-	-	2 – Listagem E	
BV013	-	1 – Listagem A	-	
BV067	-	-	1 – Listagem A	
BV076	-	-	1 – Listagem B	
BV130	-	-	1 – Listagem B	
BV133	-	1 – Listagem F 1 – Listagem B	-	
BV135	-	1 – Listagem F 1 – Listagem B 1 – Listagem A		Sobrepõe a BV133
BV138	-	1 – Listagem A		
BV145	-	2 – Listagem A	-	
BV146	-	9 – Listagem A	4 – Listagem A	Sobrepõe a BV145
BV149	-	2 – Listagem B	2 – Listagem G 1 – Listagem E	
BV142	-	1 – Listagem B	1 – Listagem G	
SC25	-	1 – Listagem F	-	
SC26	-	1 – Listagem F 1 – Listagem C	1 – Listagem B	Sobrepõe a SC25
BV140	-	1 – Listagem F 1 – Listagem C 1 – Listagem D	1 – Listagem B 1 – Listagem D	Sobrepõe a SC26 e SC25
SC28	-	1 – Listagem E	-	
BV143	1 – Listagem A	1 – Listagem E 10 – Listagem A	2 – Listagem A	Sobrepõe a SC28
BV150	2 – Listagem A	1 – Listagem E 1 – Listagem G 11 – Listagem A	2 – Listagem A	Sobrepõe BV143 e SC28
BV147	-	1 – Listagem C	-	
BV151	-	1 – Listagem C 1 – Listagem A 1 – Listagem G	-	Sobrepõe BV147
BV156	-	-	1 – Listagem A	
SC17	-	-	1 – Listagem C	
SC21	-	-	1 – Listagem C	
SC22	-	1 – Listagem D	1 – Listagem A	

A análise da Tabela 10 evidencia aquelas estações que possuem maior número de empreendimentos licenciados em sua área de influência no período de estudo. A estação BV150 apresenta 15 licenças ambientais emitidas após a implementação da DN COPAM 217/2017, sendo este o maior número dentre todas as estações avaliadas. A maioria das licenças que foram emitidas na área de influência dessa estação foram na modalidade LAC1, na quais, a maioria são da Listagem A (11).

Destaca-se que a área de influência da estação BV150 sobrepõe outras duas estações de monitoramento, BV143 e SC28 que acumulam expressivo número de licenças ambientais emitidas. Essa estação também sobrepõe outras estações com número significativo de licenças, como BV143, que possui 10 licenças da Listagem A na modalidade de LAC1 e uma na modalidade LAT. Tais estações foram as únicas que apresentaram licenças ambientais emitidas na modalidade LAT.

Em 17 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas foram identificadas a emissão de licenças ambientais em uma única listagem. Apenas a estação BV140, que sobrepõe as estações SC26 e SC25 apresenta atividades licenciadas em quatro listagens diferentes (B, C, D e F), evidenciando maior diversidade econômica nessa região da bacia hidrográfica.

Para complementar essa análise, foi realizado um levantamento dos dados de uso e cobertura da terra na área de influência dessas estações selecionadas. Ao mapear a distribuição e a proporção dessas categorias de uso do solo nas proximidades das estações de monitoramento, verificou-se a relação do licenciamento ambiental com a área a qual ele está inserido assim como auxiliar na identificação de áreas com uso antrópico consolidado previamente ao período de concessão de licenças ambientais avaliado.

Desta feita, têm-se distribuição espacial das atividades econômicas em Minas Gerais sempre esteve ligada à exploração, como "recursos naturais", de sua extensa e diversificada base de condições naturais. Ao longo da história do estado, os elementos naturais, como minérios, florestas, solos e rios, deram suporte às atividades econômicas de subsistência, comerciais e industriais (CARNEIRO, 2004).

A análise das estações de monitoramento revela padrões distintos de uso e cobertura da terra, destacando a diversidade econômica e ambiental na BHRV no período de estudo (Tabela 11).

Tabela 11. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas em 2008 e 2022

Estação de Monitoramento	Agropecuária		Floresta		Formação Natural não Florestal		Área Urbanizada		Outras Áreas não Vegetadas		Corpo D'água		Mineração	
	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022
AV050	8,0%	5,8%	16,4%	15,7%	68,6%	62,6%	1,0%	2,1%	0,8%	2,3%	0,1%	0,1%	5,0%	11,4%
AV080	25,0%	23,0%	31,2%	31,0%	38,4%	37,5%	0,2%	0,5%	0,6%	1,1%	0,1%	0,1%	4,5%	6,8%
AV210	7,9%	6,7%	28,4%	26,4%	49,2%	42,4%	3,3%	6,4%	0,4%	1,4%	1,6%	1,4%	9,2%	15,2%
BV013	31,2%	28,9%	48,5%	48,9%	18,2%	19,6%	0,9%	1,4%	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%	0,4%	0,6%
BV067	15,4%	12,2%	48,0%	48,9%	34,7%	36,4%	1,1%	1,3%	0,4%	0,6%	0,3%	0,3%	0,1%	0,3%
BV076	24,4%	22,3%	53,4%	53,4%	16,2%	17,5%	4,1%	4,7%	0,6%	0,4%	0,1%	0,1%	1,2%	1,6%
BV130	55,6%	50,3%	21,9%	19,4%	0,6%	0,7%	18,7%	26,3%	0,5%	0,5%	0,0%	0,0%	2,7%	2,7%
BV133	47,3%	48,8%	50,4%	48,6%	1,8%	1,9%	0,3%	0,4%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
BV135	50,0%	49,8%	45,4%	45,2%	4,2%	4,3%	0,2%	0,4%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
BV138	60,6%	56,6%	20,3%	18,4%	1,9%	1,5%	14,7%	21,2%	0,1%	0,2%	2,3%	2,1%	0,0%	0,0%
BV140	73,1%	68,9%	14,8%	16,8%	2,2%	2,2%	8,4%	10,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,6%	0,6%	0,7%
BV142	85,0%	81,7%	10,8%	13,3%	2,9%	3,4%	0,7%	0,9%	0,2%	0,2%	0,4%	0,4%	0,0%	0,0%
BV143	44,7%	44,3%	23,8%	24,1%	31,0%	31,1%	0,1%	0,2%	0,3%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
BV145	38,9%	38,2%	20,8%	21,2%	39,7%	40,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
BV146	46,7%	45,5%	18,3%	19,2%	34,1%	34,4%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
BV147	75,2%	75,0%	15,5%	15,2%	8,5%	9,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,6%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%
BV149	67,9%	68,3%	28,1%	27,3%	2,6%	2,8%	0,3%	0,4%	0,3%	0,4%	0,7%	0,7%	0,0%	0,0%
BV150	54,6%	54,0%	20,4%	20,9%	24,4%	24,5%	0,1%	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
BV151	63,9%	64,4%	19,5%	19,0%	15,8%	15,8%	0,1%	0,1%	0,5%	0,4%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%
BV156	70,3%	68,0%	21,5%	22,7%	6,3%	6,4%	1,1%	1,9%	0,1%	0,2%	0,5%	0,5%	0,2%	0,3%
SC17	53,3%	52,0%	25,8%	23,7%	1,3%	1,0%	17,1%	20,5%	0,9%	0,9%	0,4%	0,5%	1,4%	1,4%
SC21	55,7%	52,4%	29,2%	29,0%	0,9%	1,0%	13,0%	16,3%	0,4%	0,5%	0,6%	0,6%	0,2%	0,3%
SC22	68,8%	64,8%	26,2%	28,9%	0,6%	0,7%	3,6%	4,8%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,2%	0,2%
SC23	66,7%	62,7%	23,6%	25,8%	0,7%	0,7%	0,8%	7,1%	0,6%	0,7%	0,4%	0,4%	1,0%	1,2%
SC25	28,6%	25,1%	10,4%	11,3%	5,5%	4,9%	52,8%	55,7%	1,6%	1,8%	0,5%	0,4%	0,7%	0,7%
SC26	50,4%	45,9%	9,9%	11,6%	2,3%	2,4%	31,5%	34,4%	2,3%	1,8%	0,5%	0,5%	3,1%	3,4%
SC28	54,1%	54,3%	33,0%	32,4%	12,2%	11,9%	0,8%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

A agropecuária, em que pese pequenas reduções na área destinada em 2022 em relação a 2008, é o uso predominante nas estações de monitoramento BV142, BV147, BV140, BV149, BV156, SC22 e SC23, onde o solo é majoritariamente destinado à produção agrícola e pecuária.

A floresta também ocupa uma parcela significativa do uso do solo em diversas estações. As estações BV013, BV067, BV076, BV133 e BV135 são aquelas que mantêm os maiores percentuais destinados a floresta na área de estudo, sendo que, ao longo de todo o período avaliado esse percentual se manteve entre 45 a 50%. Essa cobertura florestal sugere que essas áreas podem estar protegidas por políticas ambientais ou menor uso econômico, mantendo a biodiversidade local.

A formação natural não florestal, composta principalmente por áreas de vegetação campestre (i.e. cerrado), destaca-se, em ordem, nas estações de monitoramento AV050, AV210, BV145, BV146 e BV143, indicando a presença de biomas e ecossistemas típicos dessas regiões. Essas áreas estão associadas a formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre).

As áreas urbanizadas apresentam maior extensão nas estações de monitoramento SC25, SC26, BV130, BV138 e SC17, refletindo o processo de urbanização em nessas regiões da bacia, sobretudo relacionadas a Região Metropolitana de Belo Horizonte e o Quadrilátero Ferrífero.

A mineração apresenta maior proeminência na área de influência das estações de monitoramento AV210, AV050 e AV080. Diretamente impactada pela extração de minério, essas áreas representam a importância para economia da região ao entorno, sendo que, é evidenciado o aumento da área de mineração ao longo do período avaliado. Por fim, as outras áreas não vegetadas e os corpos d'água apresentam menor participação no uso do solo e cobertura do solo.

No conjunto, os dados revelam as diversas formas de como o solo é utilizado ao longo das estações de monitoramento, refletindo as tendências de desenvolvimento econômico e ocupação territorial na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com áreas voltadas para atividades econômicas como a agropecuária, mineração e urbanização.

Na Tabela 12, são agregados os resultados obtidos nas etapas anteriores, identificando os números de licenças ambientais nas estações selecionadas, os percentuais de uso e cobertura da terra no ano de 2022 e o número de parâmetros críticos por período

Tabela 12. Consolidado das estações de monitoramento com emissão de licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT em relação ao número de parâmetros críticos e uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	MODALIDADE DO LICENCIAMENTO			NÚMERO DE PARÂMETROS CRÍTICOS			PERCENTUAL DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 2022							OBSERVAÇÃO
	LAT	LAC1	LAC2	SECO	CHUVOSO	AGROPECUÁRIA	FLORESTA	FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL	ÁREA URBANIZADA	OUTRAS ÁREAS NÃO VEGETADAS	CORPO D'ÁGUA	MINERAÇÃO		
AV050	-	2 – Listagem A	-	1	1	6%	16%	63%	2%	2%	0%	11%		
AV080	-	3 – Listagem A	-	1	3	23%	31%	38%	0%	1%	0%	7% Sobreposição AV050		
AV210	-	-	2 – Listagem E	2	2	7%	26%	42%	6%	1%	1%	15%		
BV013	-	1 – Listagem A	-	1	2	29%	49%	20%	1%	0%	0%	1%		
BV067	-	-	1 – Listagem A	2	3	12%	49%	36%	1%	1%	0%	0%		
BV076	-	-	1 – Listagem B	2	2	22%	53%	18%	5%	0%	0%	2%		
BV130	-	-	1 – Listagem B	5	4	50%	19%	1%	26%	0%	0%	3%		
BV133	-	1 – Listagem F 1 – Listagem B	-	2	2	49%	49%	2%	0%	0%	0%	0%		
BV135	-	1 – Listagem F 1 – Listagem B 1 – Listagem A	-	2	2	50%	45%	4%	0%	0%	0%	0% Sobreposição a BV133		
BV138	-	1 – Listagem A	-	2	4	57%	18%	1%	21%	0%	2%	0%		
BV145	-	2 – Listagem A	-	0	0	38%	21%	40%	0%	0%	0%	0%		
BV146	-	9 – Listagem A	4 – Listagem A	3	3	45%	19%	34%	0%	0%	0%	0% Sobreposição a BV145		
BV149	-	2 – Listagem B	2 – Listagem G 1 – Listagem E	1	1	68%	27%	3%	0%	0%	1%	0%		
BV142	-	1 – Listagem B	1 – Listagem G	3	6	82%	13%	3%	1%	0%	0%	0%		
SC25	-	1 – Listagem F	-	7	6	25%	11%	5%	56%	2%	0%	1%		
SC26	-	1 – Listagem F 1 – Listagem C	1 – Listagem B	8	8	46%	12%	2%	34%	2%	0%	3% Sobreposição a SC25		
BV140	-	1 – Listagem F 1 – Listagem C 1 – Listagem D	1 – Listagem B 1 – Listagem D	1	1	69%	17%	2%	10%	0%	1%	1% Sobreposição a SC26 e SC25		
SC28	-	1 – Listagem E	-	1	1	54%	32%	12%	1%	0%	0%	0%		
BV143	1 – Listagem A	1 – Listagem E 10 – Listagem A	2 – Listagem A	0	0	44%	24%	31%	0%	0%	0%	0% Sobreposição a SC28		
BV150	2 – Listagem A	1 – Listagem E 1 – Listagem G 11 – Listagem A	2 – Listagem A	3	5	54%	21%	24%	0%	0%	0%	0% Sobreposição BV143 e SC28		
BV147	-	1 – Listagem C	-	0	1	75%	15%	9%	0%	1%	0%	0%		
BV151	-	1 – Listagem C 1 – Listagem A 1 – Listagem G	-	2	3	64%	19%	16%	0%	0%	0%	0% Sobreposição BV147		
BV156	-	-	1 – Listagem A	5	8	68%	23%	6%	2%	0%	1%	0%		
SC17	-	-	1 – Listagem C	4	5	52%	24%	1%	21%	1%	0%	1%		
SC21	-	-	1 – Listagem C	4	4	52%	29%	1%	16%	1%	1%	0%		
SC22	-	1 – Listagem D	1 – Listagem A	1	1	65%	29%	1%	5%	0%	0%	0%		

A estação SC26, no Ribeirão do Matadouro em Sete Lagoas, apresenta oito parâmetros críticos tanto no período seco quanto no chuvoso, incluindo indicadores de contaminação fecal, clorofila a, DBO, nutrientes (fósforo total e nitrogênio amoniacal total), manganês total, oxigênio dissolvido e substâncias tensoativas. Os parâmetros críticos nessa estação de monitoramento podem ser atribuídos à fontes múltiplas combinação de licenças das Listagens F (gerenciamento de resíduos), C (indústria química) e B (indústria metalúrgica). A diversidade da tipologia de atividades licenciadas reflete-se no uso do solo da área, que apresenta 46% de cobertura agropecuária, 34% de área urbanizada.

Além das licenças nas modalidades LAC e LAT na área de influência da estação de monitoramento SC26, soma-se 88 licenças ambientais que foram emitidas sob as modalidades LAS/Cadastro e LAS-RAS. Destacam-se as Listagens F (Gerenciamento de Resíduos) e B (indústria metalúrgica) com 47 e 22 licenças emitidas, respectivamente.

Antes e após a implementação da DN COPAM nº 217/2017, todos os parâmetros críticos mostraram aumento nos percentuais de violação, pelo menos uma vez, em períodos seco ou chuvoso (Tabela 13). Os parâmetros como indicador fecal, DBO, manganês total, nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido já apresentavam violações acima de 80% antes dos novos empreendimentos, e esses percentuais se mantiveram ou aumentaram. Isso sugere que a região está sob pressão antrópica, e, os novos empreendimentos podem potencializar os impactos cumulativos das atividades.

Tabela 13. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC26

Período	Clorofila a		Ind. Fecal		Demanda Bioquímica de Oxigênio		Fósforo Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	68%	27%	95%	100%	89%	91%	79%	91%
Chuvoso	79%	55%	100%	100%	80%	100%	90%	73%

Período	Manganês Total		Nitrogênio Amoniacal		Oxigênio Dissolvido		Substâncias Tensoativas	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	100%	100%	84%	82%	100%	82%	47%	73%
Chuvoso	100%	83%	70%	91%	80%	91%	55%	36%

A estação de monitoramento SC25, localizada no Córrego do Diogo em Sete Lagoas, está inserida na área de influência da estação SC26 e apresenta qualidade de água superficial semelhante. Com 56% de área urbanizada e uma licença da Listagem F (gerenciamento de resíduos), essa estação mostra parâmetros críticos associados à contaminação por efluentes

domésticos e industriais, incluindo indicadores fecais, DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido e manganês total.

Inserida na área de influência da estação SC26, a estação de monitoramento SC25, no Córrego do Diogo em Sete Lagoas, apresenta qualidade de água superficial semelhante. Com 56% de área urbanizada e uma licença da Listagem F (gerenciamento de resíduos), esta estação apresenta parâmetros críticos associados à contaminação por efluentes domésticos e industriais: indicadores fecais, DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido e manganês total.

O uso do solo e a cobertura da terra, com predominância de áreas urbanizadas, refletem a diversidade de licenças emitidas e o consequente número de parâmetros críticos. Identificou-se que os parâmetros de Indicador Fecal e DBO, antes e após a implementação de novos empreendimentos possuíam percentuais de violação, tanto no período chuvoso quanto seco superior a 90%, indicando que, essa é uma região sob intensa pressão antrópica. O manganês total apresentou aumento nos percentuais de violação de 20% no período seco e 17% no chuvoso. Parâmetros como nitrogênio amoniacal total e oxigênio dissolvido também registraram aumento após 2018 (Tabela 14).

Apesar de haver apenas uma licença ambiental na Listagem F, a estação de monitoramento SC25 possui 27 licenças ambientais emitidas no período pelo licenciamento ambiental simplificado, o que, conseqüentemente, leva ao acréscimo de pressão sob os recursos hídricos e com desconsideração dos efeitos cumulativos junto aos demais.

O fósforo total, contudo, teve redução nos percentuais de violação no período seco e chuvoso após novos empreendimentos, caindo de 89% para 73% e de 95% para 64%, respectivamente. Essa mudança pode estar relacionada à diminuição da área agrícola, conforme análise comparativa do uso do solo entre 2008 e 2022, e ao aumento da área urbanizada.

Tabela 14. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC25

Período	Alumínio Dissolvido		Ind. Fecal		Demanda Bioquímica de Oxigênio		Fósforo Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 100%	● 100%	● 89%	● 100%	● 100%	● 91%	● 89%	● 73%
Chuvoso	● 100%	● 50%	● 100%	● 100%	● 95%	● 100%	● 95%	● 64%

Período	Manganês Total		Nitrogênio Amoniacal Total		Oxigênio Dissolvido	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 60%	● 80%	● 74%	● 82%	● 68%	● 73%
Chuvoso	● 40%	● 67%	● 55%	● 73%	● 35%	● 36%

A estação BV156, no Rio das Velhas em Baldim, possui cinco parâmetros críticos no período seco e oito no período chuvoso. Esses incluem arsênio total, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, manganês total, em ambos os períodos, indicador fecal, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão total e turbidez no período chuvoso e nitrogênio amoniacal total apenas no período seco. Entre 2018 e 2023 foi emitida apenas uma licença ambiental na Listagem A (LAT, LAC1 ou LAC2) na área de influência dessa estação. Por sua vez, no mesmo período foram emitidas 39 licenças ambientais sob a modalidade de licenciamento ambiental simplificado (3 – Listagem A, 4 – Listagem B, 2 – Listagem C, 3 – Listagem E, 6 – Listagem F e 17 – Listagem G). O uso do solo e cobertura de terra na área é predominante agropecuário (68%).

Após a implantação de quatro empreendimentos minerário, houve aumento na violação do parâmetro de manganês total no período seco, de 53% para 82%. Arsênio total e fósforo total já atingiam mais de 90% de violações nas amostragens antes de novos empreendimentos e permanecem elevados, destacando a degradação pré-existente na qualidade da água (Tabela 15). O parâmetro de DBO apresentou o maior incremento de violação, possivelmente devido ao aumento de esgoto doméstico e industrial, além de resíduos agrícolas.

A persistência dos elevados percentuais de violação do parâmetro de fósforo total pode se relacionar aos 17 empreendimentos licenciados da Listagem G (atividades agrossilvipastoris) sob as modalidades de Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS), evidenciando a impacto cumulativo ambiental da implementação de tais empreendimentos mesmo que a implementação das atividades ocorra pelo rito simplificado do processo de licenciamento.

Embora as violações não tenham se alterado significativamente após a DN COPAM nº 217/2017, os resultados apontam que a implementação de novos empreendimentos necessita avaliação crítica, uma vez que a estação já exibe alto número de violações em mais de 50% das amostragens. Isso, aliado a novos empreendimentos, intensifica a pressão e os efeitos cumulativos ambientais.

Tabela 15. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV156

Período	Arsênio total		Ind. Fecal		Demanda Bioquímica de Oxigênio		Fósforo Total		Turbidez	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 100%	● 97%	● 24%	● 15%	● 54%	● 85%	● 96%	● 85%	● 7%	● 3%
Chuvoso	● 100%	● 100%	● 72%	● 76%	● 65%	● 64%	● 89%	● 97%	● 56%	● 52%

Período	Manganês Total		Nitrogênio Amoniacal Total		Oxigênio Dissolvido		Sólidos em Suspensão Totais	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 53%	● 82%	● 53%	● 64%	● 52%	● 15%	● 19%	● 9%
Chuvoso	● 85%	● 82%	● 24%	● 27%	● 63%	● 48%	● 63%	● 64%

A estação BV142, (Rio das Velhas, Inimutaba/ Presidente Juscelino), possui como parâmetros críticos em ambos os períodos os parâmetros de arsênio total e fósforo total, além de indicador fecal, manganês total, sólidos em suspensão totais e turbidez no período chuvoso e clorofila a no período seco. ilustra como a combinação de diferentes tipos de licenciamento pode resultar em impactos variados na qualidade da água. Durante o período foram licenciadas atividades na Listagem B e Listagem G, sendo uma em cada. O uso do solo identificado é predominantemente agropecuário (82%), o maior percentual dentre as estações avaliadas

Conforme a Tabela 16 os parâmetros de arsênio total, fósforo total e manganês total mantiveram altos percentuais de violação superior a 90% das amostragens antes e após novos empreendimentos, indicando que esses continuam a exercer pressão significativa na qualidade da água. Apesar de apenas um empreendimento ter sido implementado na Listagem G (Atividades Agropecuárias), o uso e cobertura da terra, juntamente com os resultados antes e após os novos empreendimentos, mostram que as atividades agropecuárias representam um fator de pressão relevante sobre os recursos hídricos na estação de monitoramento.

Tabela 16. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH n°08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM n° 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV142

Período	Arsênio total		Clorofila a		Ind. Fecal		Fósforo Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	98%	91%	54%	45%	17%	9%	96%	100%
Chuvoso	98%	100%	21%	55%	58%	45%	90%	100%

Período	Manganês Total		Sólidos em Suspensão Totais		Turbidez	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	42%	45%	21%	18%	8%	18%
Chuvoso	90%	82%	58%	36%	60%	36%

A estação de monitoramento SC21, localizada no Ribeirão da Mata em Pedro Leopoldo, apresenta quatro parâmetros críticos durante os períodos seco e chuvoso: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Indicador Fecal, Fósforo Total e Manganês Total. Após a implementação da DN COPAM n° 217/2017, foi licenciado apenas um empreendimento na modalidade LAC1, LAC2 ou LAT, na Listagem C.

Os parâmetros de Indicador Fecal e Fósforo Total mantiveram violações superiores a 90%. Após a instalação de novos empreendimentos, a DBO mostrou aumento significativo de violação, passando de 42% para 73% no período seco e de 45% para 65% no chuvoso (Tabela 17). Isso destaca que a pressão dos empreendimentos continua a impactar negativamente a qualidade da água na estação SC21.

Tabela 17. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH n°08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM n° 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento SC21

Período	Demanda Bioquímica de Oxigênio		Ind. Fecal		Fósforo Total		Manganês Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	42%	73%	100%	100%	89%	91%	60%	20%
Chuvoso	45%	64%	95%	100%	95%	100%	79%	50%

A estação de monitoramento BV143, embora não apresente parâmetros críticos, destaca-se por ter o maior número de empreendimentos licenciados nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT entre as estações selecionadas. Ademais, por meio do LAS-Cadastro e LAS-RAS a área de influência dessa estação possui empreendimentos licenciados em todas as listagens (11 – Listagem A, 2 – Listagem B, 3 – Listagem C, 4 – Listagem D, 7 – Listagem E, 7 – Listagem F e 11 – Listagem G) destacando a existência de múltiplas atividades que podem impactar a qualidade das águas superficiais na região.

Com 24 licenças ambientais emitidas ao todo na Listagem A, há um potencial influência das atividades minerárias na qualidade das águas. Conforme a Tabela 18, o parâmetro de Ferro Dissolvido mostrou alteração significativa após a implementação de novos empreendimentos, passando de 5% para 55% no período seco e de 20% para 45% no chuvoso. Outro parâmetro que apresentou aumento foi o Alumínio Dissolvido, com uma elevação de 7% para 20% das amostragens após novos empreendimentos. Esses resultados sugerem que, apesar da ausência de parâmetros críticos, os novos empreendimentos podem estar relacionados à deterioração da qualidade das águas superficiais.

Tabela 18. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH n°08/2022 dos parâmetros selecionados antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM n° 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BV143

Período	Arsênio total		Alumínio Dissolvido		Ind. Fecal		Ferro Dissolvido	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 0%	● 0%	● 0%	● 20%	● 21%	● 18%	● 5%	● 55%
Chuvoso	● 0%	● 0%	● 10%	● 17%	● 40%	● 45%	● 20%	● 45%

Período	Manganês Total		Sólidos em Suspensão Totais		Oxigênio Dissolvido		Turbidez	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 5%	● 0%	● 16%	● 0%	● 0%	● 0%	● 21%	● 9%
Chuvoso	● 10%	● 9%	● 30%	● 18%	● 0%	● 0%	● 30%	● 27%

6.2 Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

6.2.1 Levantamento dos dados de licenciamento ambiental

A Tabela 19 apresenta o quantitativo de licenças ambientais concedidas pelo órgão estadual na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba desde a implementação da DN COPAM n° 217/2017 de acordo com a modalidade de licenciamento.

Tabela 19. Quantitativo de licenças ambientais emitidas pelo estado de Minas Gerais na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 por modalidade do licenciamento

Modalidade do licenciamento	Quantidade de licenças emitidas	Percentual
LAS CADASTRO	772	80%
LAS RAS	156	16%
LAC1	21	2%
LAC2	12	1%
LAT	1	<1%
Total	962	100%

Obs.: LAS CADASTRO: Licenciamento Ambiental Simplificado–Cadastro; LAS RAS: Licenciamento Ambiental Simplificado–Relatório Ambiental Simplificado; LAC1: Licenciamento Ambiental Concomitante 1; LAC2: Licenciamento Ambiental Concomitante 2; LAT: Licenciamento Ambiental Trifásico.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba apresentou uma distribuição semelhante à do Velhas em relação à distribuição do número de licenças emitidas por modalidade. Tem-se que 96% dos empreendimentos foram licenciados via LAS, sendo que 80% são por LAS CADASTRO e 16% por LAS-RAS. A Licença Ambiental Trifásica (LAT), modalidade de licenciamento ambiental mais restritiva, foi emitida apenas uma vez no período estudado, o que equivale a menos de 1% do total de licenças concedidas.

Conforme apresentado na Tabela 20, têm-se que as atividades de Gerenciamento de Resíduos e Serviços e as Atividades Minerárias são predominantes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, com 264 e 236 licenças emitidas, respectivamente. Em ambas as categorias a maioria das licenças foram emitidas na modalidade LAS CADASTRO, indicando uma quantidade significativa de atividades operando na modalidade mais simplificada de licenciamento.

Também se destaca na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba a Listagem B - Indústria Metalúrgica e Outras, com 188 licenças emitidas no período de estudo, evidenciando a presença marcante dessas indústrias na região. Novamente há uma concentração de licenças emitidas na modalidade LAS CADASTRO.

A Indústria Alimentícia e Outras e as Atividades de Infraestrutura apresentam os menores quantitativos, com 53 e 51 registros de licenças ambientais emitidas, respectivamente. Por fim, as Atividades Agrossilvipastoris e a Indústria Química e Outras com 100 e 70 licenças ambientais emitidas. Tal como as demais listagens, a maioria das licenças foram emitidas por meio do licenciamento ambiental simplificado.

Tabela 20. Relação entre listagem de atividades e o número de atividades licenciadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba de acordo com a modalidade empregada

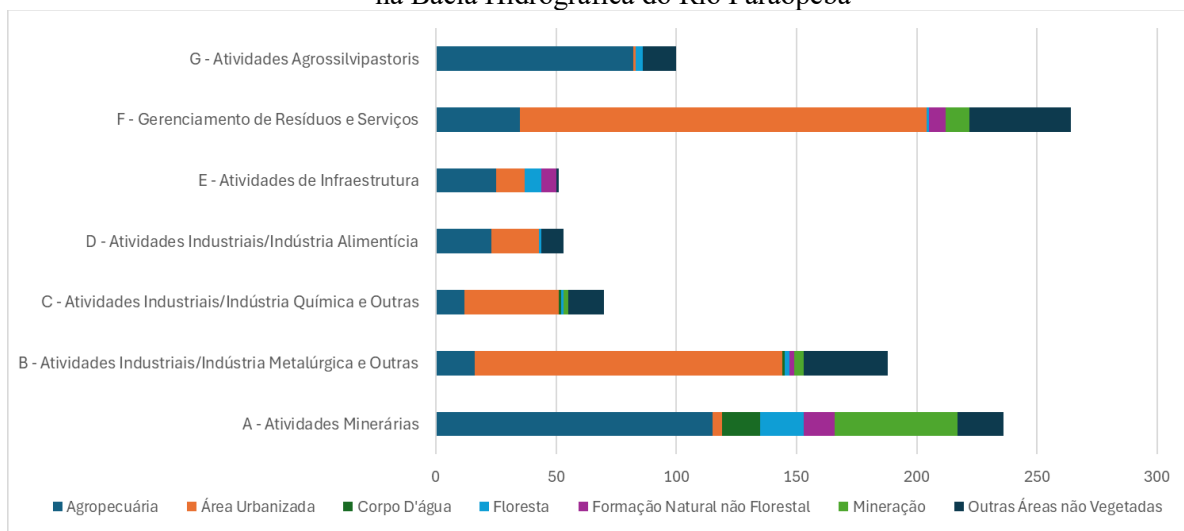
LISTAGEM	MODALIDADE LICENCIAMENTO					TOTAL
	LAS CADASTRO	LAS RAS	LAC1	LAC2	LAT	
A - Atividades Minerárias	147	75	10	4		236
B - Atividades Industriais/Indústria Metalúrgica e Outras	164	18	4	2		188
C - Atividades Industriais/Indústria Química e Outras	64	4	1		1	70
D - Atividades Industriais/Indústria Alimentícia	47	3	2	1		53
E - Atividades de Infraestrutura	34	17				51
F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços	232	28	1	3		264
G - Atividades Agrossilvipastoris	84	11	3	2		100

LISTAGEM	MODALIDADE LICENCIAMENTO					TOTAL
	LAS CADASTRO	LAS RAS	LAC1	LAC2	LAT	
Total	772	156	21	12	1	962

Na Figura 20, têm-se o consolidado da análise do tipo de uso e cobertura da terra onde estão localizados os empreendimentos ambientais licenciados. Identifica-se que as atividades minerárias têm uma presença considerável em área de agropecuária, com 115 licenças ambientais emitidas, em quantitativo superior ao número de licenças ambientais em locais com uso e cobertura da terra predominante é a mineração.

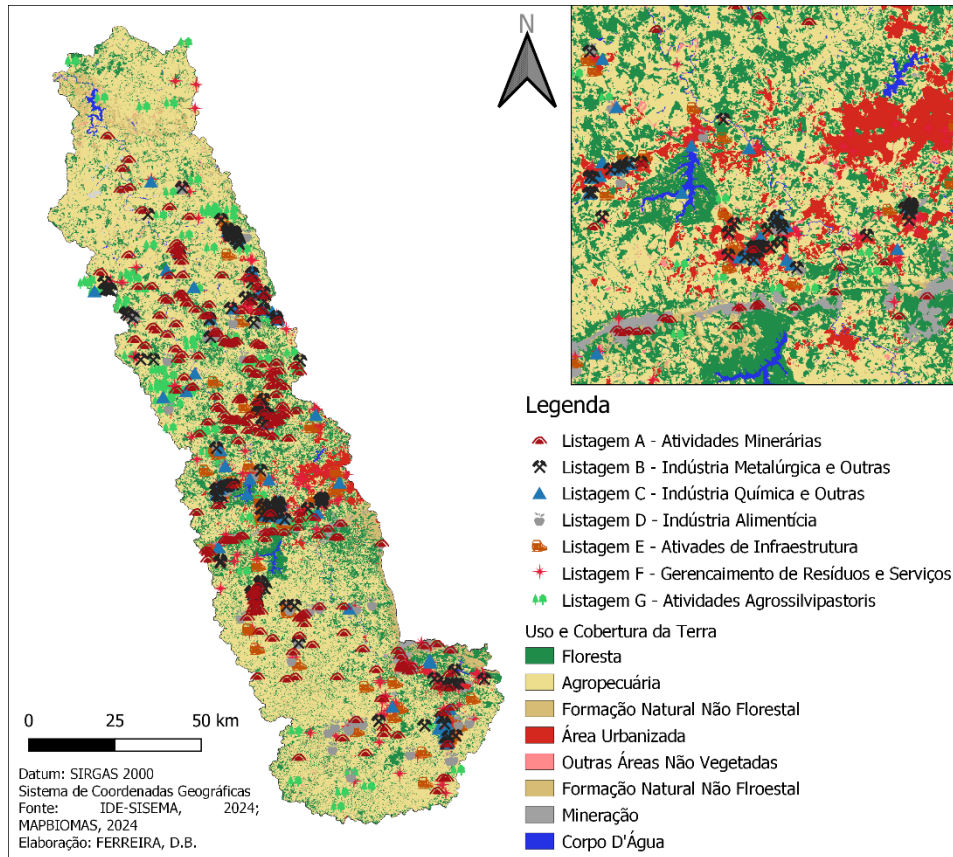
De modo similar à BHRV, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba a maioria das licenças ambientais dos empreendimentos minerários onde o solo é classificado como “agropecuária” são de atividades de extração de areia e cascalho, argila para cerâmica vermelha e água potável, correspondendo a 99 licenças ambientais. Identificou-se também a concentração das atividades industriais próximas a centros urbanos, uma vez que as atividades industriais, especialmente as indústrias metalúrgica, química e alimentícia e de gerenciamento de resíduos e serviços, estão concentradas em áreas urbanizadas.

Figura 20. Identificação do uso e cobertura da terra na localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba



A análise espacial dos dados referentes à emissão de licenças ambientais na BHRP aponta maior número de licenças ambientais emitidas na região do Alto e Médio Paraopeba, próximo em regiões que apresentam uso e cobertura da terra de forma concentrada em área urbanizada, agropecuária e mineração (Figura 21).

Figura 21. Localização dos empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba



A avaliação do quantitativo de licenças ambientais emitidas por município da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (Tabela 21), indica que Esmeraldas e Conselheiro Lafaiete são os municípios com o maior número de licenças emitidas, totalizando 103 e 71, respectivamente. Em Esmeraldas, a maioria das licenças está concentrada em Atividades Minerárias (65) e Gerenciamento de Resíduos e Serviços (12), destacando a relevância dessas atividades no município. Em Conselheiro Lafaiete a maior parte das licenças emitidas foram relacionadas a Listagem F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços (30).

Os municípios de Paraopeba e São Joaquim de Bicas apresentaram resultados semelhantes, sendo que, foram emitidas 65 e 64 licenças ambientais, respectivamente. Em ambos, as licenças emitidas foram sua maioria na Listagem B- Indústria Metalúrgica e Outras e Listagem F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços.

Tabela 21. Número de licenças emitidas após a implementação da DN COPAM 217/2017 por município da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

MUNICÍPIO	LISTAGEM							TOTAL
	A	B	C	D	E	F	G	
Belo Vale ¹	5	0	0	0	0	0	0	5
Betim ¹	0	0	1	0	2	12	0	15
Bonfim	10	2	0	3	3	3	0	21
Brumadinho ¹	10	0	0	0	0	3	0	13
Cachoeira da Prata	3	2	1	0	0	1	0	7
Caetanópolis	1	20	3	1	1	5	2	33
Casa Grande	0	0	0	0	0	1	0	1
Congonhas ¹	10	4	2	0	0	12	0	28
Conselheiro Lafaiete	4	9	11	8	7	30	2	71
Contagem ¹	0	0	0	0	0	1	0	1
Cristiano Ottoni	3	0	0	0	1	3	0	7
Crucilândia	4	0	0	1	3	4	0	12
Curvelo	5	2	1	1	0	7	7	23
Desterro de Entre Rios	1	0	0	0	0	0	0	1
Entre Rios de Minas ¹	3	0	0	9	1	9	2	24
Esmeraldas	65	9	3	1	5	12	8	103
Felixlândia ¹	0	0	0	0	0	0	2	2
Floresta ¹	4	1	1	1	2	5	5	19
Fortuna de Minas	13	1	0	3	1	1	4	23
Ibirité ¹	0	0	0	0	1	0	0	1
Igarapé ¹	0	8	3	0	5	14	3	33
Inhaúma ¹	5	2	2	2	1	7	2	21
Itatiaiuçu ¹	10	2	1	0	1	5	2	21
Itaúna ¹	0	0	0	0	0	0	0	0
Itaverava	0	0	0	0	0	0	0	0
Jeceaba	3	0	0	0	2	4	0	9
Juatuba ¹	0	1	3	2	2	7	1	16
Lagoa Dourada	0	0	0	0	0	1	3	4
Maravilhas	4	3	0	2	0	3	3	15
Mário Campos	3	1	1	0	0	6	2	13
Mateus Leme ¹	4	12	10	2	4	5	0	37
Moeda	0	0	1	2	0	1	0	4
Ouro Branco ¹	0	2	0	0	1	8	0	11
Ouro Preto	3	1	0	0	0	1	0	5
Papagaios	9	21	2	0	0	4	8	44
Pará de Minas ¹	1	0	0	0	0	0	2	3
Paraopeba	7	27	1	1	1	16	12	65
Pequi	6	2	0	0	0	3	2	13
Piedade dos Gerais	5	1	0	4	1	2	0	13
Pompéu ¹	1	0	0	0	0	0	0	1
Queluzito	1	0	0	1	1	1	0	4

MUNICÍPIO	LISTAGEM							TOTAL
	A	B	C	D	E	F	G	
Resende Costa	1	0	0	0	0	0	1	2
Rio Manso	11	11	0	2	1	5	1	31
São Brás do Suaçuí ¹	2	2	1	0	2	9	0	16
São Joaquim de Bicas	3	23	9	3	1	22	3	64
São José da Varginha	6	0	3	2	0	2	19	32
Sarzedo	1	11	4	2	1	16	0	35
Sete Lagoas ¹	9	8	6	0	0	13	4	40

¹Municípios que até dezembro do 2023 passaram a exercer a competência para realização do licenciamento ambiental de forma originária ou delegada, Lei Estadual nº 21.972, de 21 de janeiro de 2016 ou devido a competência originária dos municípios prevista na Lei Complementar nº 140/2011

Ao todo, no período de estudo 21 atividades foram licenciadas nas modalidades de LAC e LAT na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba (Tabela 22). A maioria das licenças foram emitidas para a atividade de Pilha de Rejeito/Estéril de minério de ferro (A-05-04-7), com seis licenças ambientais emitidas. Em seguida, a atividade de Unidade de tratamento de minerais - UTM com tratamento a úmido (A-05-02-0) emitiu quatro licenças ambientais. A única atividade licenciada na modalidade de LAT foi Acabamento de fios e/ou tecidos planos ou tubulares (C-08-09-1)

Tabela 22. Descrição das licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT entre 2018 e 2023 na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

CÓDIGO	ATIVIDADE	NÚMERO DE LICENÇAS EMITIDAS
A-02-03-8	Lavra a céu aberto - Minério de ferro	2
A-02-06-2	Lavra a céu aberto - Rochas ornamentais e de revestimento	1
A-05-02-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a úmido	5
A-05-04-7	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	6
B-01-02-3	Fabricação de cal virgem	1
B-02-01-1	Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	1
B-02-01-2	Sinterização de minério de ferro e outros resíduos siderúrgicos	1
B-03-03-4	Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, sem tratamento químico superficial	1
B-09-05-9	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores e/ou ferroviários, exceto embarcações e estruturas flutuantes	1
B-10-07-0	Tratamento químico para preservação de madeira	1
C-04-21-9	Fabricação de outros produtos químicos não especificados ou não classificados	1
C-08-09-1	Acabamento de fios e/ou tecidos planos ou tubulares	1
D-01-02-3	Abate de animais de pequeno porte (aves, coelhos, rãs, etc.)	1
D-01-02-5	Abate de animais de grande porte (bovinos, equinos, bubalinos, muares, etc)	1
D-01-05-8	Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha	1
F-01-09-5	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de outros resíduos não listados ou não classificados	1

CÓDIGO	ATIVIDADE	NÚMERO DE LICENÇAS EMITIDAS
F-05-07-2	Reciclagem ou regeneração de outros resíduos classe 1 (perigosos) não especificados	1
F-06-01-7	Postos revendedores, postos ou pontos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas, postos flutuantes de combustíveis e postos revendedores de combustíveis de aviação	2
G-02-02-1	Avicultura	1
G-02-04-6	Suinocultura	3
G-02-08-9	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime de confinamento	1
TOTAL		34

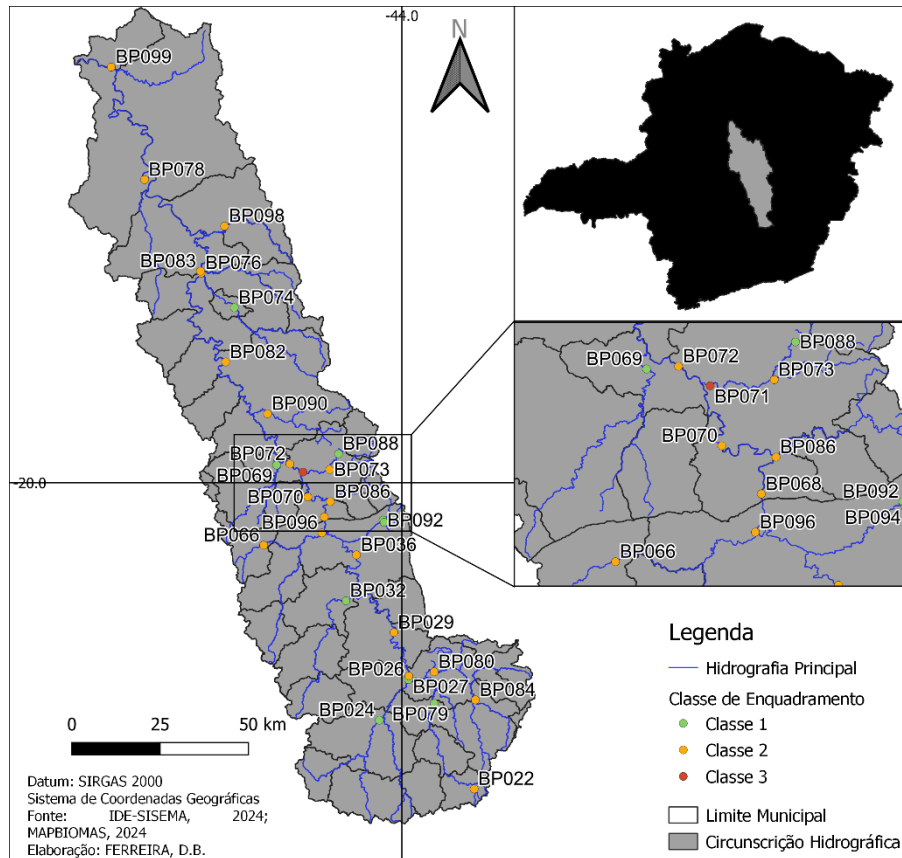
O número de licenças ambientais emitidas para as demais atividades nessas modalidades variou entre um a três no período estudado. A análise mostra que assim como para a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, a Bacia do Paraopeba apresenta a diversidade econômica. No Apêndice I são apresentadas a descrição completa das atividades licenciadas, considerando todas as modalidades.

6.2.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

6.2.2.1 Organização dos dados de monitoramento da qualidade das águas para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Das 49 estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, 19 delas foram excluídas do banco de dados por terem iniciado o monitoramento após 2008. O período de monitoramento contínuo e comum entre as 30 estações de monitoramento analisadas e ativas é de 2008 a 2023. A relação das estações selecionadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, com sua respectiva localização é apresentada na Figura 22, e, na Tabela AIII.2, do Anexo III é apresentado o descritivo das características de classe de enquadramento, curso d'água que está instalada, município de localização e coordenadas geográficas.

Figura 22. Localização das estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba – SF3



O banco de dados para as estações selecionadas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba apresentou 47 parâmetros com menos de 60% de dados faltantes. Os parâmetros cádmio total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total e selênio total apresentaram ao menos 90% de dados censurados, sendo também eliminados.

Desta forma, o banco de dados de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba é composto por 40 parâmetros em 30 estações de monitoramento, entre o período de 2008 a 2023. As características deste banco de dados estão apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23. Nome, notação de referência e unidade dos parâmetros avaliados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Parâmetro	Notação de referência	Unidade	Parâmetro	Notação de referência	Unidade
Alcalinidade de Bicarbonato	Alc _B	mg/L	Fósforo total	P _T	mg/L P
Alcalinidade total	Alc _T	mg/L CaCO ₃	Magnésio total	Mg _T	mg/L Mg
Alumínio dissolvido	Al _{diss}	mg/L Al	Manganês total	Mn _T	mg/L Mn
Arsênio total	As _T	mg/L As	Níquel total	Ni _T	mg/L Ni
Bário total	Ba _T	mg/L	Nitrato	N-NO ₃ ⁻	mg/L N
Cálcio total	Ca _T	mg/L	Nitrito	N-NO ₂ ⁻	mg/L N

Parâmetro	Notação de referência	Unidade	Parâmetro	Notação de referência	Unidade
Chumbo total	Pb _T	mg/L Pb	Nitrogênio amoniacal total	N-NH ₄ ⁺	mg/L N
Cianeto Livre	CN ⁻	mg/L CN	Nitrogênio orgânico	N _{Org}	mg/L N
Cloreto total	Cl _T	mg/L Cl	Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O ₂
Clorofila a	Cl-a	µg/L	pH in loco	pH	mg/L
Indicador fecal	Ind. Fec.	NMP/100 ml	Potássio dissolvido	K _{diss}	mg/L
Condutividade elétrica in loco	CE	µS/cm	Sódio dissolvido	Na _{diss}	mg/L
Cor verdadeira	Cor	uC	Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO	mg/L O ₂	Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L
Demanda Química de Oxigênio	DQO	mg/L O ₂	Sólidos totais	ST	mg/L
Dureza de cálcio	Dur. _{Ca}	mg/L	Substâncias tensoativas	MBAS	mg/L LAS
Dureza de magnésio	Dur. _{Mg}	mg/L	Sulfato total	SO ₄ ⁻² _T	mg/L SO ₄
Dureza total	Dur. _T	mg/L CaCO ₃	Sulfeto total	S ₂ ⁻	
Fenóis totais	Fen _T	mg/L C ₆ H ₅ OH	Temperatura da água	T _{H2O}	°C
Feoftina a	Feof. a	µg/L	Turbidez	Turb.	UNT
Ferro dissolvido	Fe _{diss}	mg/L Fe	Zinco total	Zn _T	mg/L Zn

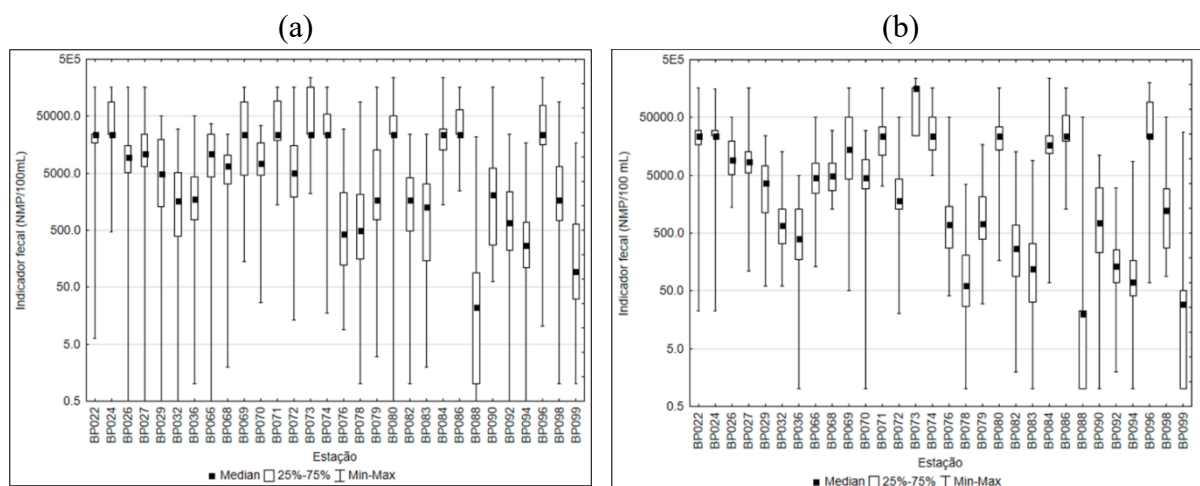
6.2.2.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais, em função das concentrações de parâmetros físicos, químicos e biológicos

A aplicação do teste de normalidade de Shapiro Wilk indicou que todos os parâmetros apresentam uma distribuição não normal. Na avaliação da qualidade das águas superficiais utilizando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foram identificadas diferenças significativas para as concentrações de todos os parâmetros de qualidade da água analisados entre as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, com variação de concentrações entre

os períodos seco e chuvoso. Em função do grande número de estações de monitoramento da bacia, optou-se por apresentar no corpo do texto os gráficos box-plots para apenas alguns parâmetros.

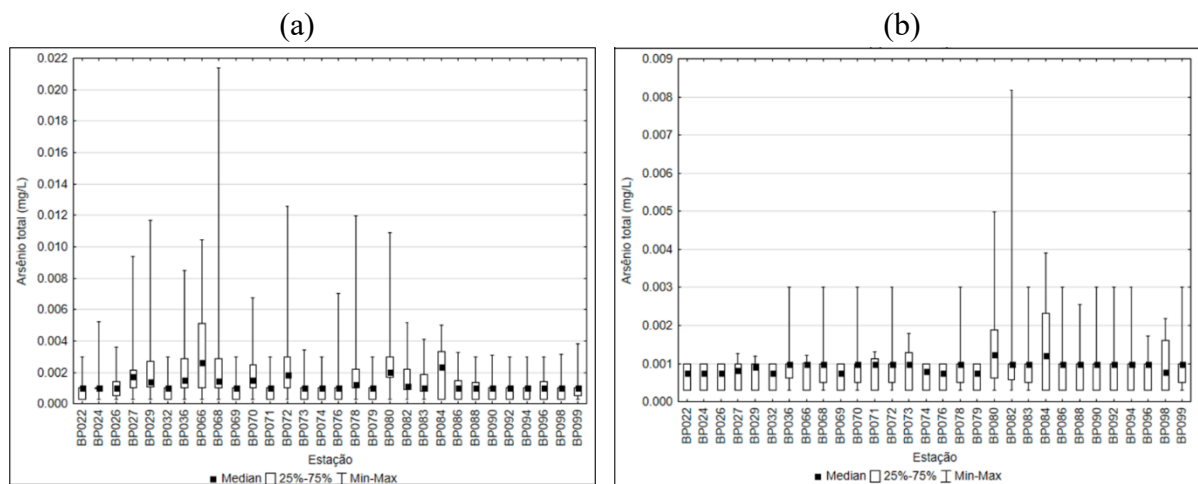
Para o indicador fecal, observou-se uma tendência de maiores concentrações durante o período chuvoso em diversas estações (Figura 23). Em Betim, as estações BP071 (Rio Betim) e BP073 (Ribeirão das Areias) apresentaram valores elevados, com a BP073 mantendo altas concentrações também no período seco, sugerindo uma contaminação fecal persistente. A estação BP086 (Ribeirão Sarzedo), localizada entre Betim e Mário Campos, também mostrou altos valores. Em Juatuba, a estação BP069 (Ribeirão Serra Azul) apresentou concentrações significativas. Outras estações com medianas elevadas incluem a BP024 (Rio Brumado, Entre Rios de Minas), BP074 (Ribeirão dos Macacos, Cachoeira da Prata), BP080 (Rio Maranhão, Congonhas) e BP096 (Rio Manso, Brumadinho). Esta distribuição espacial indica uma ampla variação na qualidade da água ao longo da bacia, com focos de contaminação em diferentes sub-bacias e municípios.

Figura 23. Box-plot das concentrações do parâmetro indicador fecal, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)



Em relação ao arsênio total, as estações BP066 (Rio Veloso, Itatiaiuçu), BP080 (Rio Maranhão, Congonhas) e BP084 (Rio Maranhão, Conselheiro Lafaiete) exibiram as concentrações mais elevadas durante o período chuvoso (Figura 24). A estação BP080, em particular, manteve a maior mediana também no período seco, embora com valores inferiores aos observados no período chuvoso. A elevada concentração do arsênio pode estar relacionada a características geológicas da região ou a atividades antrópicas, como mineração.

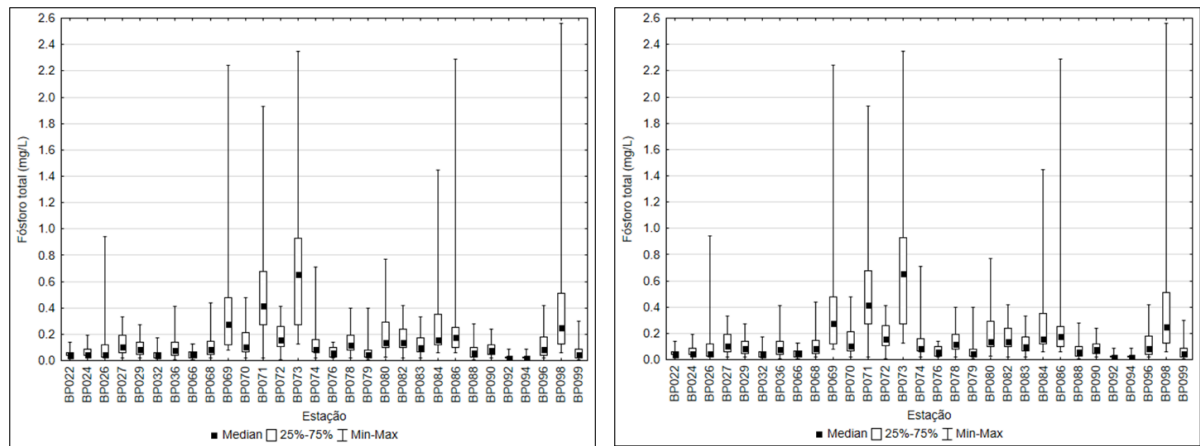
Figura 24. Box-plot das concentrações do parâmetro de arsênio total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (acima) e seco (abaixo)



As concentrações de fósforo total apresentaram altos valores tanto no período chuvoso quanto no seco. Localizadas na RMBH, as estações BP071 (Rio Betim) e BP073 (Ribeirão das Areias), ambas em Betim, e BP069 (Ribeirão Serra Azul) em Juatuba, apresentaram mediana acima do limite estabelecido na DN COPAM nº08/2022 em ambos os períodos (Figura 25). Ao norte da bacia, a estação BP098 no Ribeirão do Cedro, entre Caetanópolis e Paraopeba, também apresentou níveis consistentemente altos. Adicionalmente, na porção sul da bacia, no Alto Paraopeba a estação BP084 no Rio Maranhão, em Conselheiro Lafaiete, possui alta concentração do parâmetro no período seco.

Figura 25. Box-plot das concentrações do parâmetro de Fósforo total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)

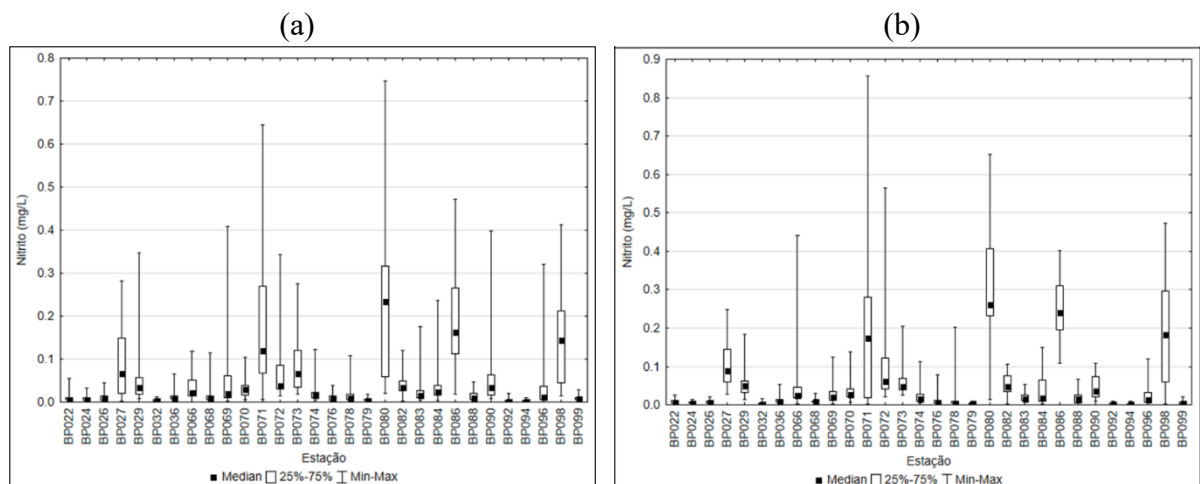
(a) (b)



A presença do fósforo está relacionada, principalmente, às descargas de esgotos sanitários além de em alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, agrotóxicos, indústrias químicas em geral, indústrias alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

As concentrações de nitrito apresentaram medianas elevadas tanto no período chuvoso quanto no seco em quatro estações específicas. Na região metropolitana de Belo Horizonte, a estação BP071 (Rio Betim) em Betim e a BP086 (Ribeirão Sarzedo) na divisa entre Betim e Mário Campos. Ademais, as estações BP080 (Rio Maranhão) em Congonhas e BP098 (Ribeirão do Cedro) entre Caetanópolis e Paraopeba completam o grupo (Figura 26).

Figura 26. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrito, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)



As estações BP073 (Ribeirão das Areias) e BP071 (Rio Betim), ambas localizadas em Betim, apresentaram em ambos os períodos as maiores medianas para os parâmetros de nitrogênio amoniacal total (Figura 27), nitrogênio orgânico (Figura 28) e cloreto total (Figura 29). O nitrogênio amoniacal total e o cloreto total exibiram um padrão similar, com as medianas mais elevadas observadas durante o período seco.

Figura 27. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrogênio Amoniacal Total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)

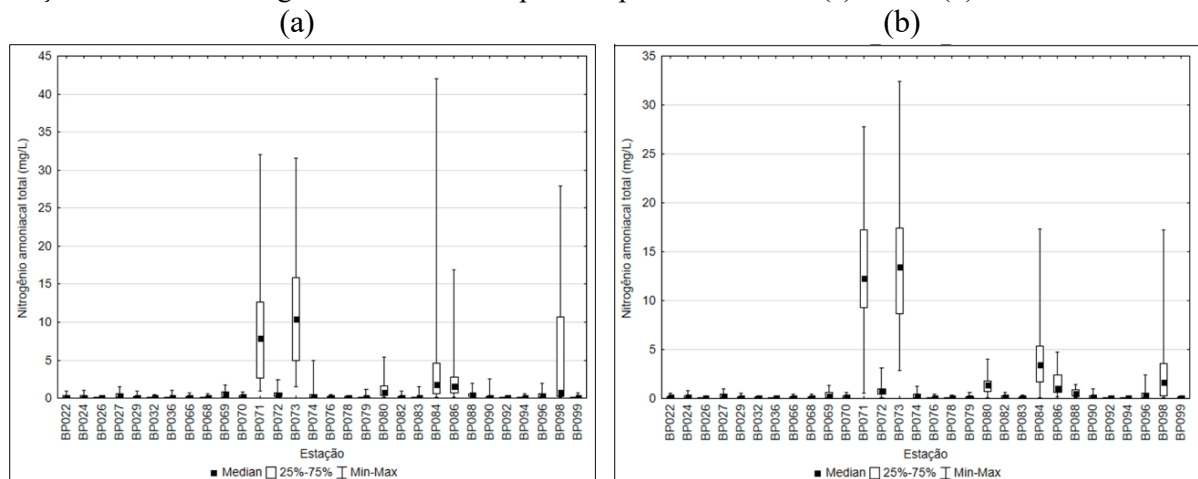


Figura 28. Box-plot das concentrações do parâmetro de Nitrogênio Orgânico, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (a) e seco (b)

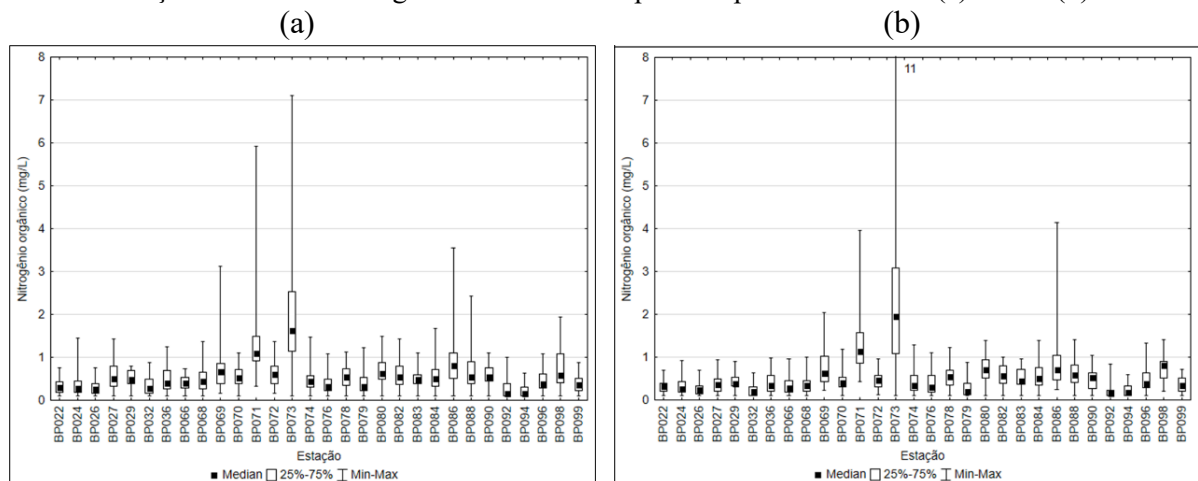
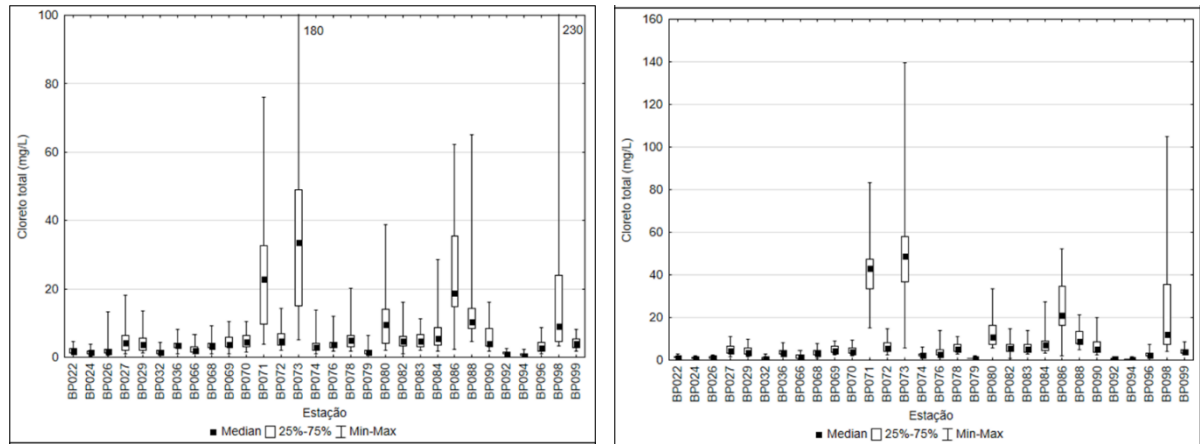


Figura 29. Box-plot das concentrações do parâmetro de Cloreto Total, considerando as estações da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período chuvoso (acima) e seco (abaixo)

(a) (b)



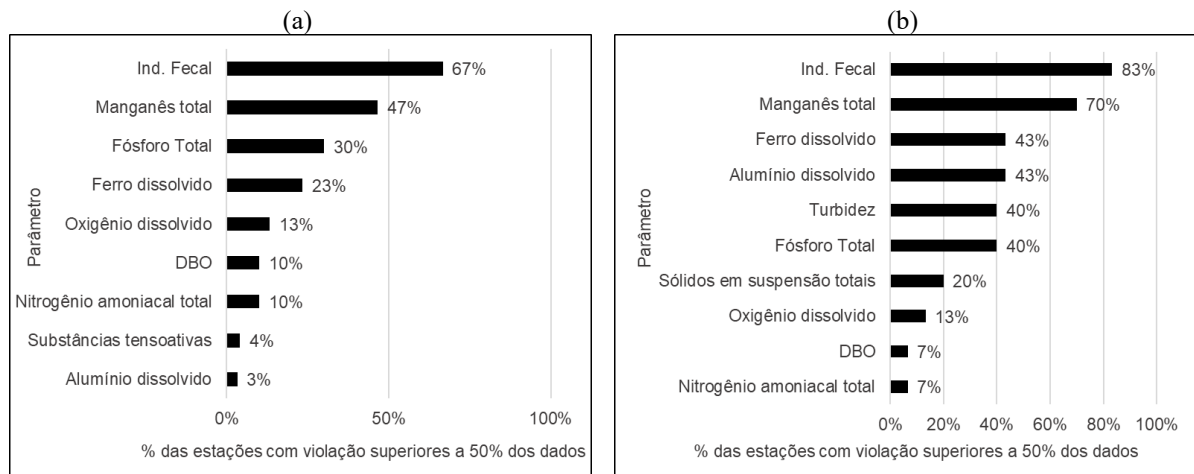
As estações BP073 e BP071, estão localizadas no município de Betim, uma região que o principal fator de pressão são as descargas de esgotos sanitários e alguns efluentes industriais cujos são as principais fontes de cloreto total e nitrogênio amoniacal total nas águas superficiais.

6.2.2.3 Avaliação da violação aos parâmetros de qualidade de água superficiais

O cálculo da porcentagem de violação dos parâmetros em relação à Deliberação Normativa COPAM/CERH n° 08/22 foi realizado para os parâmetros em cada estação, considerando a classe de enquadramento de cada corpo hídrico. Após análise do percentual de violação dos 28 parâmetros, os resultados referentes às 30 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba são apresentados no Apêndice III.

Os parâmetros que apresentam o maior percentual de violação em níveis críticos nas estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, no período seco e chuvoso, são o indicador fecal, manganês total, o fósforo total, o manganês total, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, oxigênio dissolvido, DBO e nitrogênio amoniacal total. Assim como na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, os parâmetros de turbidez e sólidos em suspensão totais apresentaram violações em níveis críticos apenas no período chuvoso. A Figura 30 mostra os percentuais de estações que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período de estudo.

Figura 30. Percentuais de estações de monitoramento que violaram, em mais de 50% dos dados, os limites preconizados para cada parâmetro na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba no período seco (a) e período chuvoso (b) entre 2008 a 2022



Os dados sobre a qualidade da água nos períodos seco e chuvoso evidenciam padrões semelhantes no número de estações com violações aos parâmetros estabelecidos na legislação ambiental, entretanto, com maior quantitativo de estações no período chuvoso. No período seco, observa-se os maiores índices de estações com violações críticas para os parâmetros de Fe_{Diss} (23%), P_T (30%) e Mn_T (47%). A contaminação fecal, representada pelo indicador fecal, atinge em níveis críticos no período seco 67% das estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, evidenciando a presença significativa de esgoto não tratado ou tratado de forma inadequada (CALAZANS *et al*, 2018; SOARES *et al*, 2020).

No período chuvoso, parâmetros, como $N-NH_4^+$ (7%) e DBO (7%), registram uma ligeira redução no quantitativo de estações com violação crítica em comparação ao período seco, o que pode ser atribuído à maior capacidade dos rios de diluir as cargas orgânicas e amoniacais. Por outro lado, identificou-se o aumento no número de estações críticas para parâmetros como a Turb. (40%), os SST (20%), P_T (40%), Al_{Diss} (43%) e Mn_T (70%). O Ind. Fecal no período chuvoso é considerado crítico em 83% das estações de monitoramento.

Dentre as 30 estações avaliadas para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, apenas as estações BP092 e BP099 não apresentaram nenhum parâmetro considerado crítico em relação ao percentual de violação em ambos os períodos, e, enquanto no seco esse quantitativo aumenta para sete com a inclusão BP076, BP078, BP083, BP090 e BP094.

Assim como na BHRV, a BHRP apresenta o indicador de contaminação fecal como principal parâmetro de impacto em suas águas superficiais. Dantas *et al.* (2019), apontou que, as maiores concentrações do indicador fecal nas da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco em Minas Gerais estão nas sub- bacias dos rios Pará, Paraopeba e Velhas.

A Tabela 24 e Tabela 25 apresentam o número de parâmetros com violações críticas por estação de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, tanto no período seco quanto no período chuvoso.

Tabela 24. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2023 no período seco

Estações de monitoramento	Número de parâmetros críticos							
	8	7	5	4	3	2	1	0
	BP073	BP084	BP086	BP071	BP069	BP027	BP022	BP076
				BP072	BP079	BP029	BP024	BP078
					BP080	BP066	BP026	BP083
					BP096	BP068	BP032	BP092
					BP098	BP070	BP036	BP094
						BP074	BP082	BP099
							BP088	
							BP090	

Tabela 25. Número de parâmetros críticos (50% ou mais de violação) nas estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, considerando o período de 2008 a 2023 no período chuvoso

Estações de monitoramento	Número de parâmetros críticos							
	7	6	5	4	3	2	1	0
	BP072	BP036	BP027	BP024	BP029	BP022	BP076	BP092
		BP070	BP079	BP026	BP066	BP088	BP094	BP099
		BP073	BP084	BP032	BP074	BP096		
		BP082		BP068	BP080			
				BP069	BP090			
				BP071				
				BP078				
				BP083				
				BP086				
				BP098				

Estações com mesmo número de parâmetros críticos nas estações seca e chuvosa

No período seco, as estações BP073, BP084 e BP086 apresentam o maior número de parâmetros críticos, com oito, sete e cinco parâmetros violando os limites estabelecidos, respectivamente. As estações BP073 e BP086 estão localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com poluição proveniente de fontes industriais e domésticas.

No período chuvoso, há um aumento no número de estações com parâmetros críticos. A estação BP072 apresenta o maior número, com sete parâmetros violando os limites, e, em sequência, as estações BP036, BP070, BP073 e BP082, com seis parâmetros críticos

A estação BP073, localizada no ribeirão das Areias ou riacho das Pedras no município de Betim, foi a estação que apresentou o maior número de parâmetros com concentrações que violaram os limites preconizados na legislação, no período seco e chuvoso, sendo eles: Ind. Fec., CN⁻, DBO, P_T, Mn_T, N-NH₄⁺, OD e MBAS. Essa estação está localizada no município de Betim é aquele que contribui mais expressivamente no lançamento de esgotos sanitários na estação localizada no riacho das Pedras ou ribeirão das Areias em Betim, a montante de sua foz no rio Betim (CALAZANS *et al*, 2018; SOARES *et al*, 2020; COSTA *et al*, 2024).

6.2.3 Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e qualidade das águas superficiais -Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

A Figura 31 relaciona todos os empreendimentos licenciados e as estações de monitoramento, apresentando que eles estão dispersos ao longo da área de influência de diversas estações de monitoramento. Esse volume poderia constituir um desafio significativo para a análise, se todas as modalidades de licenciamento ambiental fossem consideradas simultaneamente.

Tal como realizado na BHRV, para análise da relação entre o licenciamento ambiental e a qualidade das águas superficiais, foram selecionadas aquelas estações de monitoramento que possuem empreendimentos em sua área de influência licenciados nas modalidades LAT, LAC1 e LAC2, por serem modalidades associadas a empreendimentos de maior impacto ambiental (Figura 32).

Figura 31. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)

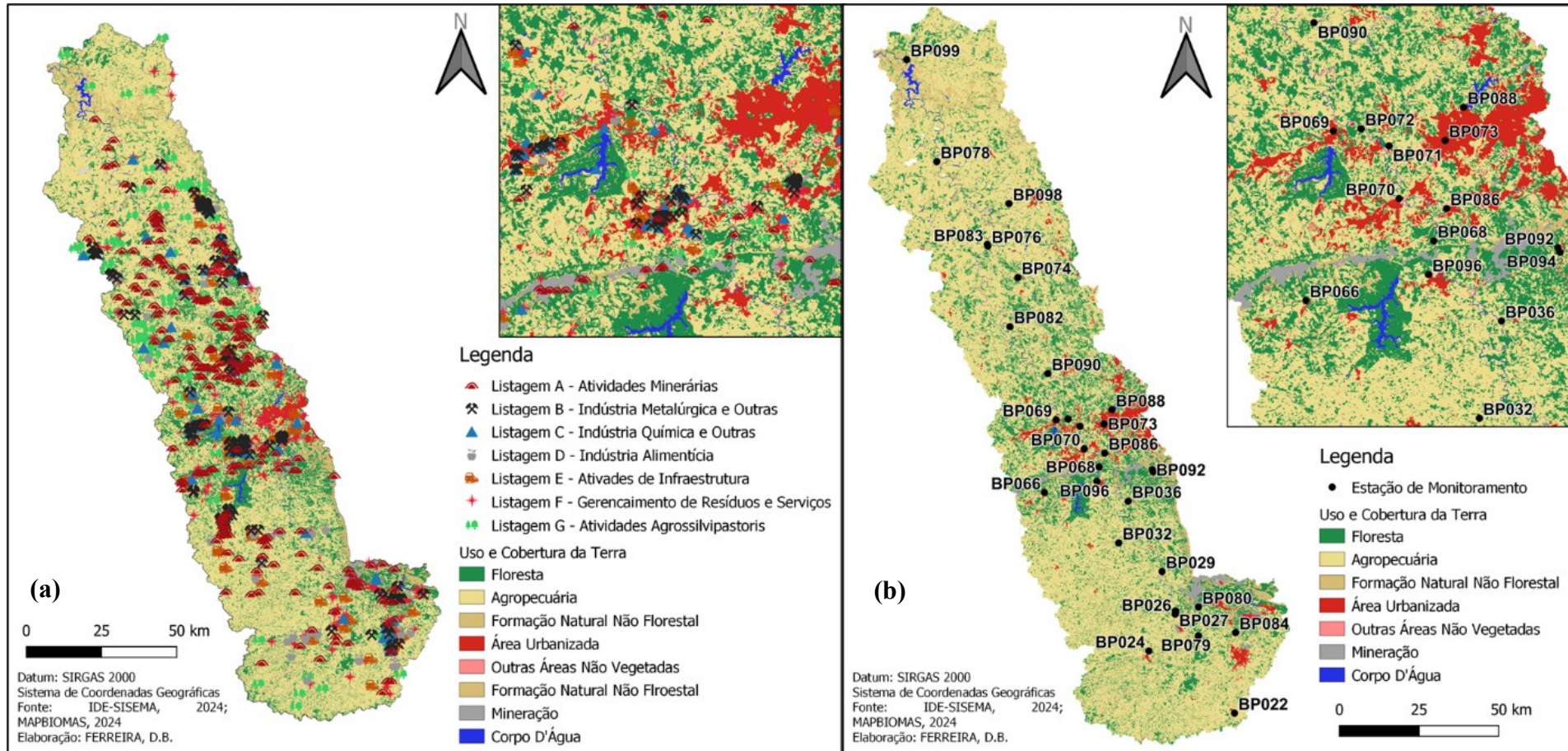
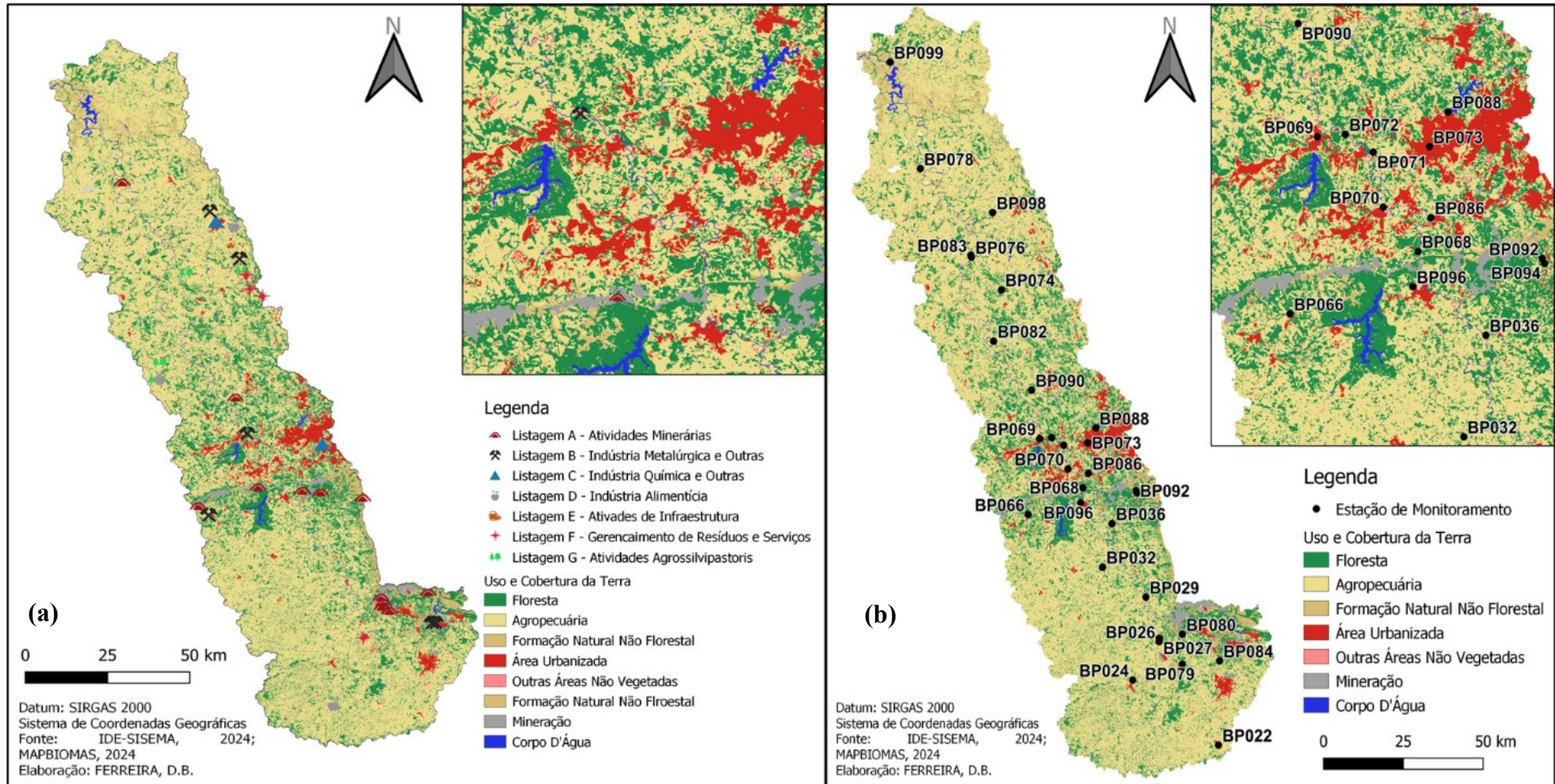


Figura 32. Empreendimentos licenciados na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2018 e 2023 sob as modalidades LAC1, LAC2 e LAT (a) e estações de monitoramento na área estudo (b)



Assim, na Tabela 26 é apresentado a lista das estações de monitoramento que possuem empreendimentos licenciados nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT assim como o quantitativo de empreendimentos e sua respectiva listagem.

Tabela 26. Relação de estações de monitoramento priorizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba e o número de licenças ambientais emitidas de acordo com a listagem da DN COPAM 217/2017.

ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	MODALIDADE DO LICENCIAMENTO			OBSERVAÇÃO
	LAT	LAC1	LAC2	
BP090		1 – Listagem A		
BP082		1 – Listagem A		Sobrepõe a BP090
		1 – Listagem B		
		1 – Listagem D		
		2 – Listagem G		
BP024		1 – Listagem D		
BP026		1 – Listagem D		Sobrepõe BP024
		1 – Listagem F		
BP080		2 – Listagem B	3 – Listagem A	
		3 – Listagem A		
BP066		1 – Listagem A	1 – Listagem B	
BP096		1 – Listagem A	1 – Listagem B	Sobrepõe a BP066
			1 – Listagem A	
BP068		5 – Listagem A	1 – Listagem B	Sobrepõe a BP096 e BP066
			1 – Listagem A	
BP098	1 – Listagem C	1 – Listagem B	1 – Listagem D	
BP086		1 – Listagem C		
BP076			1 – Listagem B	
			2 – Listagem G	
			3 – Listagem F	

Conforme apontado anteriormente, têm-se que a maioria das licenças emitidas se enquadram na modalidade LAC1, com algumas ocorrências na modalidade LAC2 e apenas uma na modalidade LAT.

As estações BP068 e BP080 destacam-se por apresentarem o maior número de licenças ambientais emitidas em suas respectivas áreas de influência, com sete e oito empreendimentos, respectivamente. A estação BP068 apresenta predominância de atividades relacionadas a mineração, com cinco licenças da Listagem A na modalidade LAC1 e duas na modalidade LAC2 (sendo uma da Listagem A e outra da Listagem B). Evidencia-se uma sobreposição às áreas de influência de duas estações: BP096 e BP066.

De maneira similar, a estação BP080 apresenta seis licenças emitidas na modalidade LAC1 (duas da Listagem B e três da Listagem A) e duas na LAC2 (duas da Listagem A). Esta concentração de empreendimentos, especialmente aqueles relacionados à Listagem A, ressalta

que a atividade minerária pode ser dos principais fatores de pressão sob a qualidade das águas superficiais dessa região.

Por outro lado, na estação de monitoramento BP082 identificou-se a maior variedade de listagens, apresentando empreendimentos em quatro listagens diferentes (A, B, D e G), todos na modalidade LAC1. Há uma sobreposição com a área de influência da estação BP090, que possui apenas uma licença da Listagem A.

De modo complementar, têm-se na Tabela 27, o levantamento dos dados de uso e cobertura da terra na área de influência dessas estações selecionadas, propiciando a verificação das dinâmicas de variação do solo entre 2008 e 2022.

Tabela 27. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba entre 2008 e 2022

Estação de Monitoramento	Agropecuária		Floresta		Formação Natural não Florestal		Área Urbanizada		Outras Áreas não Vegetadas		Corpo D'água		Mineração	
	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022	2008	2022
BP024	79,1%	75,8%	16,9%	18,9%	3,3%	4,0%	0,5%	0,6%	0,2%	0,6%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
BP026	81,0%	78,1%	15,9%	17,9%	2,4%	3,0%	0,3%	0,4%	0,1%	0,4%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
BP066	54,4%	48,0%	30,0%	32,0%	5,3%	5,7%	2,1%	3,5%	0,4%	0,8%	0,1%	0,1%	7,7%	10,0%
BP068	60,7%	57,6%	28,7%	29,9%	5,9%	6,0%	1,0%	1,7%	0,1%	0,3%	1,1%	1,2%	2,4%	3,3%
BP076	72,6%	69,0%	23,4%	25,3%	1,7%	2,7%	1,0%	1,4%	0,4%	0,5%	0,4%	0,6%	0,4%	0,4%
BP080	29,6%	26,0%	34,3%	34,2%	18,7%	19,0%	6,1%	7,3%	0,5%	0,8%	1,1%	1,1%	9,7%	11,7%
BP082	64,9%	62,9%	29,8%	29,6%	1,2%	1,5%	2,7%	4,1%	0,1%	0,4%	1,0%	1,0%	0,2%	0,4%
BP086	38,3%	35,6%	27,8%	26,0%	8,4%	8,2%	20,0%	24,1%	0,7%	1,2%	1,2%	0,2%	3,6%	4,7%
BP090	62,0%	59,2%	32,3%	32,3%	1,1%	1,3%	3,9%	5,7%	0,2%	0,1%	0,5%	0,6%	0,0%	0,9%
BP096	65,8%	62,3%	26,4%	28,3%	2,8%	3,0%	0,9%	1,4%	0,2%	0,4%	1,7%	1,8%	2,2%	2,8%
BP098	78,4%	75,0%	13,7%	15,2%	2,0%	2,5%	5,4%	6,5%	0,3%	0,5%	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%

A análise dos dados de uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, entre 2008 e 2022, apontam para uma tendência de estabilidade em relação ao uso do solo ao longo do tempo, sem variações significativas quanto ao uso em todas as categorias. A agropecuária se destacou como a principal forma de uso da terra, a qual, foi o principal uso do solo em todas as estações durante todo o período analisado. Evidenciam-se as estações de monitoramento BP024, BP026, BP076 e BP098, as quais, apesar de pequenas reduções na cobertura dedicada a esse uso possuem percentual de ao menos 69% dedicado a agropecuária em 2022.

Em relação as florestas, ao longo da série histórica têm-se uma variação entre 14% e 34% em sua área dentre as estações de monitoramento. Identifica-se que as estações BP080 e BP066, aquelas que apresentaram o maior percentual de cobertura de floresta possuem valores estáveis desde 2008.

As áreas urbanizadas apresentam uma expansão contínua ao longo do período analisado, evidenciando a urbanização na BHRP. A estação BP086, possui o maior percentual de área urbanizada, com valor 24% no ano de 2022, um crescimento de 4% em relação a 2008. Em sequência, as estações BP080, BP090 e BP096, possuem a maior área urbanizada, com percentuais entre 6% e 7%.

No que concerne a mineração, em cinco das 11 estações foram apresentadas cobertura da terra dedicada a atividade, sendo que, em todas houve aumento da área entre 2008 e 2022. As estações BP080 e BP066 possuem o maior percentual de cobertura da terra dedicado a mineração no escopo avaliado, os quais, em 2022, correspondem a 12% e 10% do total da área de influência, respectivamente.

Na Tabela 28, são agregados os resultados obtidos nas etapas anteriores, identificando os números de licenças ambientais nas estações selecionadas, os percentuais de uso e cobertura da terra no ano de 2022 e o número de parâmetros críticos por período.

Tabela 28. Consolidado das estações de monitoramento com emissão de licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1, LAC2 e LAT em relação ao número de parâmetros críticos e uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO	MODALIDADE DO LICENCIAMENTO			NÚMERO DE PARÂMETROS CRÍTICOS		PERCENTUAL DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 2022								OBSERVAÇÃO
	LAT	LAC1	LAC2	SECO	CHUVOSO	AGROPECUÁRIA	FLORESTA	FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL	ÁREA URBANIZADA	OUTRAS ÁREAS NÃO VEGETADAS	CORPO D'ÁGUA	MINERAÇÃO		
BP090		1 – Listagem A		1	3		59%	32%	1%	6%	0%	1%	1%	
BP082		1 – Listagem A		1	6		63%	30%	2%	4%	0%	1%	0%	Sobrepe a BP090
		1 – Listagem B												
		1 – Listagem D												
		2 – Listagem G												
BP024		1 – Listagem D		1	4		76%	19%	4%	1%	1%	0%	0%	
BP026		1 – Listagem D		1	4		78%	18%	3%	0%	0%	0%	0%	Sobrepe BP024
		1 – Listagem F												
BP080		2 – Listagem B	3 – Listagem A	3	4		26%	34%	19%	7%	1%	1%	12%	
		3 – Listagem A												
BP066		1 – Listagem A	1 – Listagem B	2	3		48%	32%	6%	3%	1%	0%	10%	
BP096		1 – Listagem A	1 – Listagem B	3	2		62%	28%	3%	1%	0%	2%	3%	Sobrepe a BP066
		1 – Listagem A												
BP068		5 – Listagem A	1 – Listagem B	2	4		58%	30%	6%	2%	0%	1%	3%	Sobrepe a BP096 e BP066
		1 – Listagem A												
BP098	1 - Listagem C	1 – Listagem B	1 – Listagem D	3	4		75%	15%	3%	6%	1%	0%	0%	
BP086		1 – Listagem C		5	4		36%	26%	8%	24%	1%	0%	5%	
BP076		1 – Listagem B		0	1		69%	25%	3%	1%	1%	1%	0%	
		2 – Listagem G												
		3 – Listagem F												

A estação BP082, localizada no Rio Paraopeba (Esmeraldas/São José da Varginha), registrou seis parâmetros críticos no chuvoso e um no seco, incluindo alumínio dissolvido, indicador fecal, ferro dissolvido, fósforo total, sólidos em suspensão totais e turbidez. Evidencia-se que esses parâmetros críticos podem estar relacionados às atividades licenciadas na área de influência dessa estação, destacado pela emissão de licenças das Listagens A e G e do uso da terra dedicado prioritariamente para a agropecuária (63%).

Ao considerar as licenças ambientais concedidas por meio das modalidades de Licenciamento Ambiental Simplificado, evidencia-se um aumento significativo no número de empreendimentos licenciados em todas as listagens. Entre 2018 e 2023, apenas na Listagem A (atividades minerárias) foram concedidas 48 licenças ambientais, o que ressalta o papel das atividades minerárias como fator de pressão ambiental na área de influência da estação de monitoramento BP082. Ademais, destacam-se com mais de 20 licenças ambientais emitidas por meio do LAS as listagens F (gerenciamento de resíduos e serviços), G (atividades agrossilvipastoris) e B (indústria metalúrgica), com 29, 25 e 23 licenças respectivamente.

Observou-se um aumento do percentual de violação dos parâmetros críticos para a estação BP082 antes da implementação da DN COPAM nº 217/2017 (2008 a 2017) e após (2018 a 2023), tanto no período seco quanto no chuvoso (Tabela 29). Os parâmetros de Alumínio Dissolvido e Ferro Dissolvido, possuíam percentual de violação respectivo entre 20% e 40% das amostragens, atingiram, no período chuvoso pós-implementação, 90% e 59% de violação, respectivamente. Esses resultados apontam uma possível relação entre o licenciamento ambiental e a qualidade da água superficial, considerando que esses parâmetros são típicos em efluentes de atividades industriais das Listagens A e B. Ademais, apesar da presença histórica da agricultura na região, a implementação de novos empreendimentos da Listagem G coincidiu com um aumento na violação do parâmetro de fósforo total, sobretudo no período chuvoso, a qual alterou de 50% para 86% após novos empreendimentos, agravando uma situação previamente crítica.

Tabela 29. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP082

Período	Alumínio Dissolvido		Ind. Fecal		Ferro Dissolvido		Fósforo Total		Sólidos em Suspensão Totais		Turbidez	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	0%	63%	32%	7%	5%	45%	47%	52%	5%	3%	0%	3%
Chuvoso	40%	90%	55%	66%	20%	59%	50%	86%	40%	59%	45%	55%

A estação BP086 (Ribeirão Sarzedo, Betim/Mário Campos) apresentou cinco parâmetros críticos no período seco e quatro no chuvoso. Os parâmetros críticos incluem indicador fecal, manganês total, fósforo total, DBO e ferro dissolvido. Na área dessa estação foi licenciado apenas um empreendimento da Listagem C. Dentre as estações avaliadas, esta possui o maior percentual de área urbanizada dentre as avaliadas 24% de área urbanizada, além de 26% de agropecuária e 36% de floresta. A elevada urbanização e a proximidade de atividades industriais contribuem para a alta carga de nutrientes e metais nos corpos d'água.

Ao comparar antes e após a promulgação da DN COPAM nº217/2017, identificou-se uma variação ao percentual de violação de maior intensidade apenas para o parâmetro de Ferro Dissolvido, sobretudo no período seco, a qual, era de 42% e passou para 73% das amostragens (Tabela 30). Evidencia-se que, conforme apontado na Figura 31, na área de influência dessa estação houve a emissão duas licenças ambientais para empreendimento na listagem A e onze na listagem B, o que podem ter influenciado nesse resultado, apesar de serem licenciados pelo procedimento simplificado.

Tabela 30. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP086

















Período	Demanda Bioquímica de Oxigênio		Ind. Fecal		Ferro dissolvido		Fósforo total		Manganês Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	● 58%	● 55%	● 100%	● 100%	● 42%	● 73%	● 79%	● 91%	● 100%	● 100%
Chuvoso	● 50%	● 55%	● 100%	● 100%	● 35%	● 45%	● 70%	● 82%	● 100%	● 100%

A estação BP068 (Rio Paraopeba, Mário Campos/São Joaquim de Bicas) apresentou quatro parâmetros críticos no chuvoso e dois no seco, incluindo alumínio dissolvido, indicador fecal, manganês total e turbidez. Esta estação apresentou o maior número de licenças ambientais emitidas nas modalidades LAC1 e LAC2 na BHRP no período de estudo, sendo que, todas foram da Listagem A ou B, associadas as atividades minerárias.

Ademais, na estação BP068 houve a concessão de 33 licenças ambientais da Listagem A e 13 na Listagem B nas modalidades LAS-Cadastro ou LAS-RAS as quais, junto aos empreendimentos de maior impacto ambiental exercem efeitos cumulativos sob a qualidade das águas superficiais da região. Além desses, por meio do licenciamento simplificado foram emitidas licenças ambientais para todas as listagens.













Após a implementação de novos empreendimentos sob a DN COPAM n° 217/2017 observou-se o aumento na violação dos padrões de qualidade de água para manganês total e alumínio dissolvido. O manganês total, já considerado crítico anteriormente, apresentou no período seco maior impacto, a qual, aumentou o percentual de violação de 63% para 79%. Por sua vez, o alumínio dissolvido, no período chuvoso apresentou após 2018 percentual de violação de 79% no período chuvoso. A implementação desses empreendimentos acompanhada piora em relação a violação, indica a possível influência exercida por essas atividades na qualidade da água (Tabela 31).

Tabela 31. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH n°08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM n° 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP068

Período	Alumínio Dissolvido		Ind. Fecal		Manganês Total		Turbidez	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	 10%	 22%	 100%	 100%	 63%	 79%	 0%	 10%
Chuvoso	 33%	 79%	 100%	 93%	 95%	 100%	 32%	 64%

A estação BP096 (Rio Manso, Brumadinho), inserida na área de influência da estação BP068 apresentou como parâmetros críticos o fósforo total, indicador fecal e o manganês total. Os resultados da Tabela 32 evidenciam que, assim como a estação anterior, após a implementação de novos empreendimentos das Listagem A e B houve mais amostragens com violação a norma estadual para o parâmetro de manganês total.

















Tabela 32. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH n°08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM n° 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP096

Período	Fósforo Total		Ind. Fecal		Manganês Total	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	 32%	 36%	 84%	 100%	 63%	 100%
Chuvoso	 35%	 64%	 95%	 91%	 45%	 82%

A estação BP080 (Rio Maranhão, Congonhas) apresenta como parâmetros críticos indicador fecal e manganês total, fósforo total e o alumínio dissolvido. Assim como a estação BP068, ela apresenta sete licenças ambientais emitidas após a implementação da DN COPAM n° 217/2017 sendo cinco na Listagem A e duas na Listagem B. Conforme apresentado na Tabela 33, a violação do parâmetro de Manganês Total antes dos novos empreendimentos, considerando o

período seco e chuvoso se manteve idêntica, em 100% das amostragens, indicando que essa região possui uma pressão antrópica significativa das atividades minerárias. O parâmetro de fósforo total apresentou elevação no percentual de violação entre os períodos secos e chuvoso, de 79% e 65%, e, para valores entre 82% e 91%.

Tabela 33. Comparativo do percentual de violação a DN Conjunta COPAM/CERH nº08/2022 dos parâmetros críticos antes e após a implementação de empreendimentos licenciados sob a DN COPAM nº 217/2017 na área de influência da estação de monitoramento BP080

Período	Fósforo Total		Ind. Fecal		Manganês Total		Alumínio Dissolvido	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Seco	 79%	 82%	 95%	 100%	 100%	 100%	 20%	 0%
Chuvoso	 65%	 91%	 100%	 100%	 100%	 100%	 40%	 71%

6.3 Análise comparativa entre a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e a Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

6.3.1 Levantamento dos dados de licenciamento Ambiental

Os resultados da emissão das licenças ambientais emitidas nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba evidenciam a importância socioambiental de ambas. A análise dos dados de licenciamento ambiental entre 2018 e 2023, baseados na Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, apontou que em ambas as bacias, o Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) foi a modalidade predominante de licenciamento com mais de 95% das licenças. Este dado reforça tendência de simplificação dos processos de licenciamento, no intuito de promover maior celeridade no processo em prol do desenvolvimento econômico, entretanto, levando a um risco de redução eficácia do processo de licenciamento (SCHIAVO, BUSSINGER, 2020).

A baixa incidência de Licenciamento Ambiental Concomitante ou Trifásico, em ambas as bacias, com menos de 5% do total. A predominância do licenciamento simplificado, embora possa facilitar o desenvolvimento econômico, pode ocasionar em uma eventual subavaliação dos impactos ambientais, com riscos a proteção ambiental a longo prazo.

A aplicação de modelos simplificados de licenciamento ambiental tende a não realizar a análise de efeitos sinérgicos e cumulativos com os empreendimentos anteriores, e em caso de inadequação do monitoramento o impacto pode ser agravado, inclusive por empreendimentos de baixo impacto (OLIVEIRA *et al*, 2016). A má aplicação das regulamentações ambientais

podem comprometer a conservação da biodiversidade em biomas brasileiros (MIOLA *et al*, 2019; KAMINO *et al*, 2020).

Em ambas as bacias, houve predominância da emissão de licenças de atividades relacionadas ao gerenciamento de resíduos e à mineração o que reflete o papel do setor mineral na dinâmica socioeconômica e ambiental em Minas Gerais. Um dos principais usos do solo em Minas Gerais é a mineração (JACOBI *et al*, 2011).

A distribuição geográfica das licenças ambientais, indicou uma concentração na emissão de licenças no Alto Velhas e no Alto e Médio Paraopeba, em sua maioria em áreas com uso e cobertura do solo dedicado a atividade urbana ou agropecuária, é influenciada por fatores históricos e geográficos, como a proximidade da Região Metropolitana de Belo Horizonte e o Quadrilátero Ferrífero. Esta localização intensifica a pressão sobre os recursos hídricos, em áreas que já estão sob pressão dado as atividades antrópicas.

6.3.2 Avaliação da qualidade das águas superficiais

Nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e na do Paraopeba foi identificada grande variabilidade da qualidade das águas na bacia, sendo que as estações de monitoramento próximas as regiões urbanizadas, principalmente em regiões mais adensadas, com maior degradação da qualidade da água. Em ambas as bacias, a descarga de efluentes doméstico e industrial sem tratamento adequado é apontado como um dos principais fatores de pressão. Isso é evidenciado por altas concentrações de indicadores fecais e compostos químicos, como fósforo total e nitrogênio amoniacal. As atividades agropecuárias também são fatores de pressão sob a qualidade de ambas as bacias, evidenciado pela violação aos parâmetros de fósforo total e nitrogênio total.

A análise dos dados em ambas as bacias indicou que, durante os períodos chuvosos, há um aumento no número de parâmetros e de estações que violam os limites estaduais estabelecidos.

Na BHRV, no período seco três estações de monitoramento (BV013, BV145 e SC39) e no chuvoso duas (BV145 e BV162) não apresentaram parâmetros críticos. Os parâmetros de Ind. Fecal, Fósforo Total, Manganês Total, Alumínio Dissolvido, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, Ferro Dissolvido, Sólidos em Suspensão Totais e Clorofila a apresentaram maior número de estações críticas no período chuvoso. Na BHRP, durante o período seis estações de

monitoramento não apresentaram parâmetros com violação crítica (BP076, BP078, BP083, BP092, BP094 e BP099), enquanto no período seco esse quantitativo reduz para duas estações (BP092 e BP099). Apontou-se que os parâmetros de Indicador Fecal, Manganês Total, Ferro dissolvido, Alumínio Dissolvido, Turbidez, Fósforo Total e Sólidos em Suspensão Totais apresentaram maior número de estações críticas no período chuvoso.

6.3.3 Avaliação da relação entre o Licenciamento Ambiental e a qualidade das águas superficiais

Os resultados do estudo indicam uma possível relação entre a implementação de novos empreendimentos licenciados e o aumento nas violações dos padrões de qualidade da água em ambas as Bacias Hidrográficas. Nas Bacias Hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba, parâmetros como indicadores fecais, fósforo total, manganês total e DBO frequentemente se apresentam como críticos em áreas onde novos empreendimentos estão sendo implementados. A comparação entre os períodos pré e pós-implementação da DN COPAM nº 217/2017 aponta para um cenário de deterioração da qualidade da água. O aumento no número da violação aos padrões de qualidade de parâmetros como alumínio, ferro dissolvido e fósforo total, indica não apenas uma possível influência das novas atividades licenciadas, mas também um potencial agravamento dos impactos de atividades preexistentes, como a agropecuária e mineração.

Este estudo fornece subsídios aos tomadores de decisão para identificar áreas críticas que podem ser continuamente afetadas por novos empreendimentos, apontando locais que necessitam de medidas mitigadoras adequadas à realidade local e ações de restauração. Buscou-se identificar a relação entre variáveis qualitativas (listagem, localização, modalidade do licenciamento) e quantitativas (concentração de parâmetros de qualidade de água). O material oferece base para estudos futuros que busquem aprofundar a compreensão da relação entre essas variáveis ambientais, podendo abordar aspectos adicionais como licenças ambientais concedidas por municípios e efeitos sobre a qualidade das águas em áreas de influência de estações onde foram licenciados empreendimentos por meio do LAS.

Novas medidas podem ser implementadas visando otimizar o processo de licenciamento ambiental. Dentre os instrumentos já considerados na DN COPAM nº 217/2017 para fixação da modalidade do licenciamento, há o critério locacional de enquadramento. Deve-se avaliar a inclusão de um novo critério com objetivo de ponderar a qualidade da água onde novos

empreendimentos com grande impacto sobre a qualidade das águas. podem ser inseridos, visando que no processo sejam avaliadas plano de controle ambiental adequada a realidade local.

Outra medida a ser considerada é a inclusão da avaliação da qualidade das águas como componente do Índice de Desempenho Ambiental (IDAL) para o licenciamento ambiental, visando avaliar os efeitos da operação desse desses empreendimentos durante o processo de renovação de licenças. Por fim, ressalta-se a necessidade de monitoramento contínuo da qualidade das águas superficiais, visto que esses resultados fundamentam a avaliação e reavaliação periódica das condições de licenciamento.

7 CONCLUSÕES

O estudo identificou que nas Bacias Hidrográficas do Rio Paraopeba e do Rio das Velhas a o licenciamento simplificado, pelas modalidades LAS-RAS e LAS-Cadastro foram predominantes, superior a 90% das licenças ambientais emitidas no período de análise. Nota-se que há uma consolidação nas estratégias de promover maior celeridade ao procedimento de licenciamento ambiental, sendo que, foram emitidas três licenças ambientais na modalidade trifásica na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, ao passo que, em cinco anos, apenas uma licença foi emitida nessa modalidade no Paraopeba. Tal inclinação para procedimentos mais celeres suscita questionamentos sobre o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental adequada.

A pesquisa também identificou padrões distintos na distribuição geográfica das licenças emitidas nestas bacias. Em ambos os casos, as atividades relacionadas a Listagem F - Gerenciamento de Resíduos e Serviços e à Listagem A - Atividades Minerárias destacaram-se com o maior número de empreendimentos licenciados. Na BHRV, observou-se uma concentração de licenças nas áreas do médio alto e alto curso, próximas a centros urbanos, enquanto na BHRP, na região do alto curso.

No que concerne a violação dos parâmetros de qualidade de água aos padrões ambientais vigentes, identificou-se que ambas bacias hidrográficas são fortemente impactadas por esgoto doméstico, efluentes industriais, mineração, agricultura e áreas de pastagens. Aponta-se a contaminação por esgoto doméstico é uma preocupação para a gestão dos recursos hídricos em ambas bacias, visto que, o parâmetro de Indicador Fecal apresentou violação crítica para a maioria das estações avaliadas, tanto no período seco quanto no chuvoso. Destarte, tornam-se necessárias ações mais efetivas em saneamento básico, contemplando coleta e tratamentos eficientes.

A análise realizada nas Bacias Hidrográficas do Paraopeba e do Rio das Velhas aponta para uma possível correlação entre o licenciamento ambiental e a qualidade das águas. Nas estações de monitoramento localizadas próximas a empreendimentos com licenças da Listagem A e B, observou-se uma maior violação dos limites legais para metais como ferro, manganês, alumínio. Esta constatação é especialmente evidente em regiões como o alto curso do Paraopeba e o médio alto curso do Rio das Velhas, onde há concentração de atividades de mineração.

Os resultados dessa pesquisa apresentam importantes subsídios para os estudos de qualidade das águas superficiais ao realizar a caracterização do panorama de licenças ambientais em duas importantes bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais e caracterizar o uso e cobertura da terra na área de drenagem daquelas bacias que apresentam empreendimentos associados a maior classe de impacto ambiental. Esses dados poderão auxiliar no planejamento de uso da terra e na gestão dos recursos hídricos, servindo de subsídio também para a promoção de políticas ambientais visando a redução dos problemas de qualidade da água recorrentemente encontrados nas bacias hidrográficas brasileiras.

8 RECOMENDAÇÕES

- Avaliar, as variações das concentrações dos parâmetros de qualidade de água antes e após a implementação de empreendimentos.
- Identificar e avaliar o efeito de empreendimentos licenciados anteriormente a DN COPAM nº 2017/2017.
- Analisar, o uso e cobertura da terra e empreendimentos licenciados na área de influência de estações que possuam empreendimentos licenciados nas modalidades do licenciamento ambiental simplificado.
- Utilização de cargas, e não de concentrações, dos parâmetros de qualidade de água.
- Utilizar os dados de autormonitoramento dos empreendimentos para avaliação do impacto sob a qualidade das águas superficiais após a sua implementação.
- Identificar e avaliar o efeito dos critérios locacionais de enquadramento dos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ACHIENG', A.O., RABURU, P.O., KIPKORIR, E.C. *et al.* Assessment of water quality using multivariate techniques in River Sosiani, Kenya. *Environ Monit Assess* v.189, n.280, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5992-5>

ACUNA-ALONSO, Carolina; VALLE JUNIOR, Renato Farias do; SILVA, Mayte Maria Abreu Pires de Melo; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; MELO, Marília Carvalho de; VALERA, Carlos Alberto; FERNANDES, Luis Filipe Sanches; PACHECO, Fernando António Leal; ÁLVAREZ, Xana. Sediment source fingerprints of natural processes and anthropogenic pressures: a contribution to manage the paraopeba river basin impacted by the b1 tailings dam collapse. *Journal Of Environmental Management*, [S.L.], v. 356, p. 120590, abr. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120590>.

AKOTO, Osei; ADOPLER, Albert; TEPKOR, Hanson Edward; OPOKU, Francis. A comprehensive evaluation of surface water quality and potential health risk assessments of Sisa river, Kumasi. *Groundwater For Sustainable Development*, [S.L.], v. 15, p. 100654, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100654>.

ALMEIDA, Maria Rita Raimundo; MALVESTIO, Anne Caroline; BERNADI, Yara Rosa. Modificações do licenciamento ambiental em Minas Gerais: avanço ou retrocesso?. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [S.L.], v. 52, p. 91-113, 30 dez. 2019. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v52i0.66068>

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

ANA. *Conjuntura Recursos Hídricos no Brasil: 2021*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/quantitativo>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ANA. *O que é o PNQA ?*. 2022. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2024

BALCEROWSKA-CZERNIAK, Grażyna; GORCZYCA, Beata. Rapid assessment of surface water quality using statistical multivariate analysis approach: oder river system case study. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 912, fev. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168754>.

BARROSO, Gabriela Rodrigues; PINTO, Carolina Cristiane; GOMES, Lenora Nunes Ludolf; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa. Assessment of water quality based on statistical analysis of physical-chemical, biomonitoring and land use data: Manso river supply reservoir. *Science Of*

The Total Environment, [S.L.], v. 912, p. 169554, fev. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169554>

BATALHÃO, André Cavalcante da Silva; CHACON, Alessandra; GODOI, Emiliano Lôbo de; TEIXEIRA, Denílson. Types of Environmental Licensing: an analysis of the temporal evolution in Brazil. *International Journal Of Environmental Protection And Policy*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 9-12, 2018. Science Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.11648/j.ijcpp.20180601.12>.

BEHMEL, S.; DAMOUR, M.; LUDWIG, R.; RODRIGUEZ, M.J.. Water quality monitoring strategies. A review and future perspectives. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 571, p. 1312-1329, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.235>

BRAGAGNOLO, Chiara; LEMOS, Clara Carvalho; LADLE, Richard J.; PELLIN, Angela. Streamlining or sidestepping? Political pressure to revise environmental licensing and EIA in Brazil. *Environmental Impact Assessment Review*, [S.L.], v. 65, p. 86-90, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2017.04.010>.

BRASIL. Lei Complementar Nº 140, de 8 de dezembro de 2011. *Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.* 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 10 abr. 2024

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.* 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 23 abr. 2024.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. *Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.* 1997. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_siskonama&task=arquivo.download&id=237. Acesso em: 23 abr. 2024

BRITO, Irene; GONÇALVES, A. Manuela; PEDRA, Ana. Risk assessment for the surface water quality evaluation of a hydrological basin. *Stochastic Environmental Research And Risk Assessment*, [S.L.], v. 38, n. 11, p. 4527-4553, 15 out. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00477-024-02817-w>.

CALAZANS, Giovanna Moura; PINTO, Carolina Cristiane; COSTA, Elizângela Pinheiro da; PERINI, Anna Flávia; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa. The use of multivariate statistical methods

for optimization of the surface water quality network monitoring in the Paraopeba river basin, Brazil. *Environmental Monitoring And Assessment*, [S.L.], v. 190, n. 8, , 28 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-018-6873-2>.

CHETTRI, Upashna; CHAKRABARTY, T.K.; JOSHI, S.R.. Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, [S.L.], v. 18, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100742>

CHIDIAC, Sandra; NAJJAR, Paula El; OUAINI, Naim; RAYESS, Youssef El; AZZI, Desiree El. A comprehensive review of water quality indices (WQIs): history, models, attempts and perspectives. *Reviews In Environmental Science And Bio/Technology*, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 349-395, 11 mar. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-023-09650-7>.

COBRAPE. *Plano diretor de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do rio paraopeba – sf3*. Belo Horizonte, 2020.

COELHO, Marcelo; FERNANDES, Cristovão Vicente Scapulatempo; DETZEL, Daniel Henrique Marco; MANNICH, Michael. Statistical validity of water quality time series in urban watersheds. *Brazilian Journal of Water Resources*, [S.L.], v. 22, e.51, 2017. doi.org/10.1590/2318-0331.0217160071

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS. *Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas: Volume 1 | Diagnóstico*. Belo Horizonte: CBH Rio das Velhas/IGAM/SEMAD/ AGB Peixe Vivo, 2015. 319p

CORDOVA, J. E. Análise integrada da influência das alterações do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pará e das Velhas – MG. 2020. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

COSTA, David de Andrade; AZEVEDO, José Paulo Soares de; SANTOS, Marco Aurélio dos; ASSUMP, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes. Water quality assessment based on multivariate statistics and water quality index of a strategic river in the Brazilian Atlantic Forest. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 26860-26876, 16 dez. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-78563-0>.

COSTA, E. P.; PINTO, C. C.; SOARES, A. L. C.; MELO, L. D. V.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Evaluation of violations in water quality standards in the monitoring network of São Francisco River basin, the third largest in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 11, p. 590, 2017.

COSTA, Renata Cristina Araújo; SANTOS, Regina Maria Bessa; FERNANDES, Luís Filipe Sanches; PACHECO, Fernando António Leal; MELO, Marília Carvalho de; VALERA, Carlos Alberto; VALLE JUNIOR, Renato Farias do; SILVA, Maytê Maria Abreu Pires de Melo; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé. The modelling of river water contamination by tailings mudflows: the case of phosphorus in the paraopeba river basin. *Case Studies In Chemical And Environmental Engineering*, [S.L.], v. 9, p. 100701, jun. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100701>.

DANTAS, Marina Salim; OLIVEIRA, Josiani Cordova de; PINTO, Carolina Cristiane; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa. Impact of fecal contamination on surface water quality in the São Francisco River hydrographic basin in Minas Gerais, Brazil. *Journal Of Water And Health*, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 48-59, 9 dez. 2019. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wh.2019.153>.

DUNN, S. M.; TOWERS, W.; DAWSON, J. J. C.; SAMPLE, J. MCDONALD, J. A pragmatic methodology for horizon scanning of water quality linked to future climate and land use scenarios. *Land Use Policy*, v. 44, p. 131–144, 2015

EPA. *Guidance for data quality assessment: Practical methods for data analysis*. Washington, DC, 2000. 291p

ESA,. *Copernicus Global Digital Elevation Model*. Distributed by OpenTopography, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>. Acesso em: 07 mai 2024

FIALHO, Sara. *A flexibilização da política ambiental no estado de Minas Gerais: uma análise da deliberação normativa COPAM nº 217/2017 e sua repercussão no licenciamento ambiental de empreendimentos minerários*. 2022. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Extensão Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022

FONSECA, Alberto; SÁNCHEZ, Luis Enrique; RIBEIRO, José Claudio Junqueira. Reforming EIA systems: a critical review of proposals in Brazil. *Environmental Impact Assessment Review*, [S.L.], v. 62, p. 90-97, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2016.10.002>.

HONG, Hong Thi Kim; NGUYEN, Giao Thanh. Recommending Surface Water Quality Monitoring for the Nature Reserve Using Multivariate Statistical Methods. *Civil Engineering Journal*, [S.L.], v. 9, p. 192-201, 25 dez. 2023. Ital Publication. <http://dx.doi.org/10.28991/cej-sp2023-09-015>

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. Belo Horizonte: IGAM, 2013. 41p

IGAM. *Conheça a Bacia*. 2022a. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf5>. Acesso em: 23 abr. 2024

IGAM. *Conheça a Bacia*. 2022b. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf3>. Acesso em: 23 abr. 2024

IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio São Francisco e seus afluentes em 2009*. Belo Horizonte: IGAM, 2010. 287p.

IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio São Francisco e seus afluentes em 2009*. Belo Horizonte: IGAM, 2010.

IGAM. *Resumo Executivo Anual: Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais em Minas Gerais 2020*. Belo Horizonte: IGAM/SEMAD, 2021. 212p

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2022: Resumo Executivo Anual*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2023. 74 p. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/4559>.

JACOBI, Claudia M.; CARMO, Flávio F. do; CAMPOS, Iara C. de. Soaring Extinction Threats to Endemic Plants in Brazilian Metal-Rich Regions. *Ambio*, [S.L.], v. 40, n. 5, p. 540-543, 13 abr. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-011-0151-7>.

JONES, Edward R.; BIERKENS, Marc F. P.; VAN VLIET, Michelle T. H.. Current and future global water scarcity intensifies when accounting for surface water quality. *Nature Climate Change*, [S.L.], v. 14, n. 6, p. 629-635, 23 maio 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-024-02007-0>.

KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino; PEREIRA, Eric Oliveira; CARMO, Flávio Fonseca do. Conservation paradox: Large-scale mining waste in protected areas in two global hotspots, southeastern Brazil. *Ambio*, [S.L.], v. 49, n. 10, p. 1629-1638, 16 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-020-01326-8>.

KIEU, Le Diem; QUOC, Pham Nguyen. Spatial and Temporal Analysis of Surface Water Pollution Indices Using Statistical Methods. *Civil Engineering Journal*, [S.L.], v. 10, n. 6, p. 1828-1841, 1 jun. 2024. Ital Publication. <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2024-010-06-07>.

KOZAK, Caroline; FERNANDES, Cristovão Vicente Scapulatempo; BRAGA, Sérgio Michelotto; PRADO, Luciane Lemos do; FROEHNER, Sandro; HILGERT, Stephan. Water quality dynamic during rainfall episodes: integrated approach to assess diffuse pollution using automatic sampling. *Environmental Monitoring And Assessment*, v. 191, n. 6., 28 mai 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-019-7537-6>

KRUSKAL, W. H; WALLIS, W. A. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 47, n. 260, p. 583–621, 1952.

LIMA, R. N. S.; RIBEIRO, C. B. M.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de Funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em Sistema de Informação Geográfica. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n° 1, p. 139150, 2016.

MAGNO, Lucas; GOUVÊA, Yasmin Amarante Rodrigues; OLIVEIRA, Leonardo Rodrigues de; PENIDO, Marina. Norma, território e fronteira a política ambiental e a expansão da mineração em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 1-26, 14 mar. 2024. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)*. <http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202409pt>.

MAMMERI, Asma; TIRI, Ammar; BELKHIRI, Lazhar; SALHI, Hichem; BRELLA, Djouhaina; LAKOUAS, Elhadj; TAHRAOUI, Hichem; AMRANE, Abdeltif; MOUNI, Lotfi. Assessment of Surface Water Quality Using Water Quality Index and Discriminant Analysis Method. *Water*, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 680, 9 fev. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w15040680>.

MAPBIOMAS – *Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*, 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 07 mai. 2024

MELO, Larissa Silva; BORGES JÚNIOR, João Carlos Ferreira; SILVA, Ana Paula Coelho Madeira. Flow distribution and trends in the Das Velhas River Basin. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1, 20 maio 2019. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.2289>.

MILANEZ, Bruno; MAGNO, Lucas; PINTO, Raquel Giffoni. Da política fraca à política privada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em minas gerais, brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, [S.L.], v. 35, n. 5, p. 1-7, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00051219>

MINAS GERAIS. Deliberação normativa CERH-MG N° 66, de 17 de novembro de 2020. *Estabelece as Unidades Estratégicas de Gestão do Estado de Minas Gerais*. 2020. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52900>. Acesso em: 23 abr. 2024

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 1, de 22 de março de 1990. *Estabelece os critérios e valores para indenização dos custos de análise de pedidos de licenciamento ambiental, e dá outras providências*. 1990. Disponível em: https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=95#_ftnref2. Acesso em: 10 nov. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 8, de 21 de novembro de 2022. *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.* 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 10 nov. 2023

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 217, de 6 de dezembro de 2017. *Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.* 2017. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 8, de 21 de novembro de 2022. *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.* 2022. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM N° 74, de 9 de setembro de 2004. *Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências.* 2004. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37095>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MINAS GERAIS. Lei Delegada n° 62, de 29 de janeiro de 2003. *Dispõe sobre a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e dá outras providências.* 2003. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5301>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MINAS GERAIS. Lei N° 21.972, de 21 de janeiro de 2016. *Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema – e dá outras providências.* 2016. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37095>. Acesso em: 10 nov. 2023

MIOLA, Deise Tatiane Bueno; MARINHO, Ana Paula; DAYRELL, Roberta Lima Campos; SILVEIRA, Fernando Augusto Oliveira. Silent loss: misapplication of an environmental law compromises conservation in a brazilian biodiversity hotspot. *Perspectives In Ecology And Conservation*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 84-89, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2019.04.001>.

MOURA, Máise Soares de; SILVA, Victor Cordeiro da; PACHECO, Fernando António Leal; FERNANDES, Luís Filipe Sanches; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; COSTA, Adriana

Monteiro da. Beyond land use planning and ecosystem services assessment with the conservation use potential framework: a study in the upper rio das velhas basin, brazil. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 923, p. 171437, maio 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171437>.

MORAES, Luís Carlos. LICENCIAMENTO AMBIENTAL DO PROGRAMÁTICO AO PRAGMÁTICO. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 215-226, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160203>.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

NGUYEN, Thuy Hoang; HELM, Björn; HETTIARACHCHI, Hiroshan; CAUCCI, Serena; KREBS, Peter. The selection of design methods for river water quality monitoring networks: a review. *Environmental Earth Sciences*, [S.L.], v. 78, n. 3, p. 78-96, fev. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-019-8110-x>

LE, Thang Viet; NGUYEN, Duong Thuy Phuc; NGUYEN, Binh Thanh. Spatial and temporal analysis and quantification of pollution sources of the surface water quality in a coastal province in Vietnam. *Environmental Monitoring And Assessment*, [S.L.], v. 195, n. 3, 17 fev. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-023-11026-x>.

LIN, Tao; YU, Huiqing; WANG, Qi; HU, Lin; YIN, Jing. Surface water quality assessment based on the Integrated Water Quality Index in the Maozhou River basin, Guangdong, China. *Environmental Earth Sciences*, [S.L.], v. 80, n. 10, p. 1-16, maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-021-09670-y>.

OLIVEIRA, Francysmary Sthéffany Dias; PRADO FILHO, José Francisco do; ROCHA, Caroline Fan; FONSECA, Alberto. Licenciamento ambiental simplificado na região sudeste Brasileira: conceitos, procedimentos e implicações. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [S.L.], v. 38, p. 461-479, 31 ago. 2016. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v38i0.42297>.

OLIVEIRA, Josiani Cordova ; MAIA, Kelly Prado; CASTRO, Nara Linhares Borges de; OLIVEIRA, Sílvia Maria Alves Corrêa. Spatial-temporal analysis of the surface water quality of the Pará River Basin through statistical techniques. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, [S.L.], v. 14, n. 1, 21 jan. 2019. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2322>

OLIVEIRA, Karla Lorraine de; RAMOS, Ramatisa Ladeia; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa; CHRISTOFARO, Cristiano. Spatial variability of surface water quality in a large Brazilian semiarid reservoir and its main tributaries. *Environmental Monitoring And Assessment*, [S.L.], v. 193, n. 7, p. 1-15, 10 jun. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-021-09194-9>.

PASSOS, J. B. de M. C.; TEIXEIRA, D. B. de S.; CAMPOS, J. A.; LIMA, R. P. C.; FERNANDES-FILHO, E. I.; DA SILVA, D. D. Multivariate statistics for spatial and seasonal quality assessment of water in the Doce River basin, Southeastern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 193, n. 3, p. 125, 2021. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-021-08918-1>.

PEREIRA, Silvio B.; PRUSKI, Fernando F.; SILVA, Demetrius D. da; RAMOS, Márcio M.. Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 11, n. 6, p. 615-622, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662007000600010>.

PINTO, C. C.; ALMEIDA, K. de B.; OLIVEIRA, S. C. AVALIAÇÃO ESPACIAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA CALHA DO RIO DAS VELHAS, ESTADO DE MINAS GERAIS. *Tchê Química*, v. 15, n. 30, p. 75–86, 2018.

PINTO, C. C.; CALAZANS, G. M.; OLIVEIRA, S. C. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 191, n. 3, p. 164, 2019

PINTO, C. C.; CALAZANS, G. M.; OLIVEIRA, S. C. Assessment of spatial variations in the surface water quality of the Velhas River Basin, Brazil, using multivariate statistical analysis and nonparametric statistics. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 191, n. 3, p. 164, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-019-7281-y>.

RAMANERY, Giovanna Soares; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; COTA, Guilherme Eduardo Macedo. Licenciamento ambiental de atividades minerárias em Minas Gerais. *Revista Geografias*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 95-118, 6 jan. 2022. Universidade Federal de Minas Gerais - Pro-Reitoria de Pesquisa. <http://dx.doi.org/10.35699/2237-549x.2021.35739>.

RODRIGUES, Gelze Serrat Souza Campos. A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: conflitos entre velhos e novos paradigmas. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 267-282, ago. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132010000200004>.

SANTOS, M. G. B.; ROCHA, G. A.; PORTELLA, A. R. Impacto da agricultura na qualidade da água: uma breve revisão. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 18, n. 1, p. 88–98, 2022

SANTOS, Paula Fernandes dos; BORGES, Luís Antônio Coimbra. 30 anos em 30 DIAS: a desconstrução do licenciamento ambiental participativo em Minas Gerais. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 323-336, 29 nov. 2017. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v29n2-2017-10>

SANTOS, Regina Maria Bessa; VALLE JUNIOR, Renato Farias do; SILVA, Maytê Maria Abreu Pires de Melo; PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; MELO, Marília Carvalho de; VALERA, Carlos Alberto; PACHECO, Fernando António Leal; FERNANDES, Luís Filipe Sanches. A framework model to integrate sources and pathways in the assessment of river water pollution. *Environmental Pollution*, [S.L.], v. 347, p. 123661, abr. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123661>.

SCHIAVO, Victor Rizo; BUSSINGUER, Elda Coelho de Azevedo. O licenciamento ambiental como política pública e o poder das empresas. *Opinión Jurídica*, [S.L.], v. 19, n. 38, p. 83-98, 8 maio 2020. Universidad de Medellin. <http://dx.doi.org/10.22395/ojum.v19n38a4>.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality. *Biometrika*, v. 52, n. 3/4, p. 591–611, 1965.

SILVA, Josélia; LEMOS, Michelle; SILVA, Neirivaldo da; DANTAS, Kelly; DANTAS FILHO, Heronides. Avaliação multivariada da qualidade das águas superficiais e água final de abastecimento público de Belém, Pará, Brasil. *Química Nova*, [S.L.], v. 47, n. 6, p. 1-9, 2024. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20240013>.

SILVA, L. de A. C. *Identificação e avaliação de áreas potenciais de uso agrícola do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário nas bacias dos rios Velhas, Jequitaiá e Pacuí*. 2018. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SOARES, Ana Luiza Cunha; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa Oliveira; GOMES, Leonora Nunes Ludolf, Influência das atividades antrópicas e do rompimento da barragem I, da mina Córrego do Feijão na qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. *Rev. Min. Rec. Hidr., Belo Horizonte*, v.3 2022.

SOARES, Ana Luiza Cunha; PINTO, Carolina Cristiane; OLIVEIRA, Sílvia Corrêa. Impacts of anthropogenic activities and calculation of the relative risk of violating surface water quality standards established by environmental legislation: a case study from the Piracicaba and Paraopeba river basins, Brazil. *Environmental Science And Pollution Research*, [S.L.], v. 27, n. 12, p. 14085-14099, 10 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-07647-1>.

SOUZA, Marielle Medeiros de; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 263-274, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522014019000001097>.

STRICEVIC, Ljiljana; PAVLOVIC, Mila; FILIPOVIC, Ivan; RADIVOJEVIC, Aleksandar; BURSAC, Nataša Martić; GOCIC, Milena. Statistical analysis of water quality parameters in the basin of the Nišava River (Serbia) in the period 2009–2018. *Geografije*, [S.L.], v. 126, n. 1,

p. 55-73, 2021. Czech Geographical Society.
<http://dx.doi.org/10.37040/geografie2021126010055>.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. de B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 13–24, 2016

UMWALI, Edovia Dufatanye; KURBAN, Alishir; ISABWE, Alain; MIND'JE, Richard; AZADI, Hossein; GUO, Zengkun; UDAHOGORA, Madeleine; NYIRARWASA, Anathalie; UMUHOZA, Jeanine; NZABARINDA, Vincent. Spatio-seasonal variation of water quality influenced by land use and land cover in Lake Muhazi; GASIRABO, Aboubakar; SABIRHAZI, Gulnur. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 11, n. 1, 30 ago. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-96633-9>

WIECZOREK, Kinga; TUREK, Anna; WOLF, Wojciech M.. Combined Effect of Climate and Anthropopressure on River Water Quality. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, [S.L.], v. 20, n. 4, 27p., 9 fev. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20043032>.

WILSON, C.; WENG, Q. Assessing Surface Water Quality and Its Relation with Urban Land Cover Changes in the Lake Calumet Area, Greater Chicago. *Environmental Management*, v. 45, n. 5, p. 1096–1111, 2010

ZHANG, X.; WANG, Q.; LIU, Y.; WU, J.; YU, M. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 173, n. 1–4, p. 17–27, 2011

ZHOU, Yu; WANG, Xinmin; LI, Weiyang; ZHOU, Shuyun; JIANG, Laizhu. Water Quality Evaluation and Pollution Source Apportionment of Surface Water in a Major City in Southeast China Using Multi-Statistical Analyses and Machine Learning Models. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 881, 3 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph20010881>.

APÊNDICE I

Tabelas e figuras relacionadas a seção 6, subseção 6.1– Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

Tabela I.1: Descrição das atividades licenciadas, por tipologia, na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, segundo a DN COPAM nº 217/2017 entre 2018 e 2023.

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
A-01-03-1	Lavra subterrânea exceto pegmatitos e gemas	1
A-02-01-1	Lavra a céu aberto - Minerais metálicos, exceto minério de ferro	1
A-02-03-8	Lavra a céu aberto - Minério de ferro	1
A-02-06-2	Lavra a céu aberto - Rochas ornamentais e de revestimento	19
A-02-07-0	Lavra a céu aberto - Minerais não metálicos, exceto rochas ornamentais e de revestimento	24
A-02-09-7	Extração de rocha para produção de britas	2
A-02-10-0	Lavra em aluvião, exceto areia e cascalho	2
A-03-01-8	Extração de areia e cascalho para utilização imediata na construção civil	54
A-03-01-9	Extração de cascalho, rocha para produção de britas, areia fora da calha dos cursos d'água e demais coleções hídricas, para aplicação exclusivamente em obras viárias, inclusive as executadas por entidades da Administração Pública Direta e Indireta	10
A-03-02-6	Extração de argila usada na fabricação de cerâmica vermelha	13
A-04-01-4	Extração de água mineral ou potável de mesa	3
A-05-01-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a seco	16
A-05-02-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a úmido	4
A-05-04-5	Pilhas de rejeito/estéril	2
A-05-04-6	Pilha de rejeito/estéril de rochas ornamentais e de revestimento, pegmatitos, gemas e minerais não metálicos	3
A-05-04-7	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	4
A-05-06-2	Disposição de estéril ou de rejeito inerte e não inerte da mineração classe II-A e IIB, segundo a NBR 10.004 em cava de mina, em caráter temporário ou definitivo, sem necessidade de construção de barramento para contenção	2
B-01-03-1	Fabricação de cerâmica vermelha telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido, inclusive com utilização de até 10% dos resíduos "pó de balão" ou "lama de alto-forno" à base seca, em substituição de percentual equivalente na carga de argila	17
B-01-04-1	Fabricação de material cerâmico	2
B-01-08-2	Fabricação e elaboração de vidro e cristal, inclusive a partir de reciclagem	1
B-01-09-0	Aparelhamento, beneficiamento, preparação e transformação de minerais não metálicos, não instalados na área da planta de extração	50
B-02-01-1	Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	1
B-02-01-2	Sinterização de minério de ferro e outros resíduos siderúrgicos	2
B-03-02-6	Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, com tratamento químico superficial	1
B-03-03-4	Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, sem tratamento químico superficial	2
B-03-04-2	Produção de ligas metálicas ferroligas, silício metálico e outras ligas a base de silício	2
B-03-07-7	Produção de fundidos de ferro e aço, sem tratamento químico superficial, inclusive a partir de reciclagem	4

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
B-03-09-3	Produção de forjados, arames e relaminados de aço	3
B-04-01-4	Metalurgia dos metais não-ferrosos em formas primárias, inclusive metais preciosos	1
B-04-02-2	Produção de laminados de metais e de ligas de metais não-ferrosos e/ou relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas	1
B-05-04-5	Fabricação de estruturas metálicas e artefatos de trefilados de ferro, aço e de metais não-ferrosos, sem tratamento químico superficial, exceto móveis	4
B-05-05-3	Estamparia, funilaria e latoaria com tratamento químico superficial, exceto oficinas automotivas	1
B-06-01-7	Tratamento térmico têmpera ou tratamento termoquímico	1
B-06-02-5	Serviço galvanotécnico	2
B-06-03-3	Jateamento e pintura	6
B-07-01-3	Fabricação de máquinas em geral e implementos agrícolas, bem como suas peças e acessórios metálicos	2
B-08-01-1	Fabricação de eletrodomésticos e/ou componentes eletroeletrônicos, inclusive lâmpadas	14
B-09-05-9	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores e/ou ferroviários, exceto embarcações e estruturas flutuantes	4
B-10-02-2	Fabricação de móveis de madeira, e/ou seus derivados, com pintura e/ou verniz	7
B-10-06-5	Fabricação de móveis de metal com tratamento químico superficial e/ou pintura	2
B-10-07-0	Tratamento químico para preservação de madeira	2
C-01-03-1	Fabricação de papelão, papel, cartolina, cartão e polpa moldada, utilizando celulose e/ou papel reciclado como matéria-prima	1
C-01-07-4	Fabricação de artigos diversos de fibra prensada ou isolante inclusive peças e acessórios para máquinas e veículos Pot.	1
C-02-03-8	Recauchutagem de pneumáticos	6
C-02-04-6	Fabricação de artefatos de borracha, exceto pneumáticos, câmaras-de-ar e de material para acondicionamento de pneumáticos	4
C-03-01-8	Secagem e salga de couros e peles	1
C-03-03-4	Fabricação de couro por processo completo, a partir de peles até o couro acabado, com curtimento exclusivamente ao tanino vegetal	1
C-04-01-4	Produção de substâncias químicas e de produtos químicos inorgânicos, orgânicos, organo-inorgânicos, exceto produtos derivados do processamento do petróleo, de rochas oleígenas, do carvão-de-pedra e da madeira	23
C-04-09-1	Produção de óleos, gorduras e ceras em bruto, de óleos essenciais, corantes vegetais e animais e outros produtos da destilação da madeira, exceto refinação de óleos e gorduras alimentares	1
C-04-19-7	Formulação de adubos e fertilizantes	7
C-05-01-0	Fabricação de produtos para diagnósticos com sangue e hemoderivados, farmoquímicos (matéria-prima e princípios ativos), vacinas, produtos biológicos e /ou aqueles provenientes de organismos geneticamente modificados	1
C-05-02-9	Fabricação de medicamentos, exceto aqueles previstos no item C-05-01-0, medicamentos fitoterápicos e farmácias de manipulação.	8
C-06-01-7	Fabricação de produtos de perfumaria e cosméticos	13
C-07-01-3	Moldagem de termoplástico não organoclorado	4
C-08-07-9	Fiação e/ou tecelagem, exceto tricô e crochê	3
C-09-03-2	Confecção de calçados de couro e artefatos diversos de couro	3

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
C-10-01-4	Usinas de produção de concreto comum	19
C-10-02-2	Usinas de produção de concreto asfáltico	10
D-01-01-5	Torrefação e moagem de grãos	6
D-01-02-3	Abate de animais de pequeno porte aves, coelhos, rãs, etc.	1
D-01-02-4	Abate de animais de médio porte (suínos, ovinos, caprinos, etc)	3
D-01-02-6	Preparação do pescado	1
D-01-04-1	Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas	5
D-01-05-8	Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha	1
D-01-06-1	Fabricação de produtos de laticínios, exceto envase de leite fluido	7
D-01-07-4	Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais e/ou envase de leite fluido.	1
D-01-07-5	Secagem e/ou concentração de produtos alimentícios, inclusive leite e soro de leite	1
D-01-12-0	Fabricação de vinagre, conservas e condimentos	3
D-01-13-9	Formulação de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais, inclusive moagem de grãos, com finalidade comercial	4
D-01-14-7	Fabricação industrial de massas, biscoitos, salgados, chocolates, pães, doces, suplementos alimentares e ingredientes para indústria alimentícia	2
D-02-02-1	Fabricação de aguardente	4
D-02-04-6	Fabricação de cervejas, chopes e maltes	4
D-02-07-0	Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcóolicas, exceto sucos	4
E-01-05-8	Trens metropolitanos de superfície	1
E-02-01-2	Central Geradora Hidrelétrica - CGH	3
E-02-02-2	Sistema de geração de energia termelétrica utilizando combustível não fóssil	3
E-02-03-8	Linhas de transmissão de energia elétrica	6
E-02-05-4	Usina eólica	1
E-02-06-2	Usina solar fotovoltaica	32
E-03-02-6	Canalização e/ou retificação de curso d'água	5
E-03-04-2	Estação de tratamento de água para abastecimento	14
E-03-05-0	Interceptores, emissários, elevatórias e reversão de esgoto	3
E-03-06-9	Estação de tratamento de esgoto sanitário	12
E-03-07-8	Estação de transbordo de resíduos sólidos urbanos	7
E-03-07-9	Unidade de triagem de recicláveis e/ou de tratamento de resíduos orgânicos originados de resíduos sólidos urbanos.	1
E-04-01-4	Loteamento do solo urbano, exceto distritos industriais e similares	21
E-04-02-2	Distrito industrial e zona estritamente industrial, comercial ou logística	1
E-05-02-9	Diques de contenção de cheias de corpo d'água	1

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
E-05-06-0	Parques cemitérios	6
E-05-07-0	Atividades e empreendimentos residenciais multifamiliar, comerciais ou industriais previstos no art. 4º-B, da Lei Estadual 15.979 de 2006, desde que sujeitos ao licenciamento ambiental estadual nos termos da Deliberação Normativa Copam nº 222, de 23	5
F-01-01-5	Central de recebimento, armazenamento temporário, triagem ou transbordo de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas, agrotóxicos ou produtos químicos	12
F-01-01-6	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto agrotóxicos	12
F-01-08-1	Centrais e postos de recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos	1
F-01-09-1	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, vapor de mercúrio, outros vapores metálicos, de luz mista e lâmpadas especiais que contenham mercúrio	1
F-01-09-2	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de pilhas e baterias; ou baterias automotivas	1
F-01-09-4	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de resíduos eletroeletrônicos, sem a separação de componentes, que não implique exposição de resíduos perigosos	1
F-01-09-5	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de outros resíduos não listados ou não classificados	7
F-01-10-1	Central de armazenamento temporário e/ou transferência de resíduos Classe I perigosos	3
F-01-10-2	Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde (uTRSS)	1
F-02-01-1	Transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos	9
F-05-01-0	Reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a seco	2
F-05-02-9	Reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a base de lavagem com água	1
F-05-05-3	Compostagem de resíduos industriais	4
F-05-07-1	Reciclagem ou regeneração de outros resíduos classe 2 (não-perigosos) não especificados	20
F-05-13-7	Tratamento de resíduos de serviços de saúde (Grupos A e E com contaminação biológica), visando a redução ou eliminação da carga microbiana, tais como desinfecção química, autoclave ou micro-ondas	2
F-05-16-0	Descaracterização de veículos	1
F-05-17-0	Processamento ou reciclagem de sucata	1
F-05-18-0	Aterro de resíduos da construção civil classe "A", exceto aterro para fins de terraplanagem em empreendimento ou atividade com regularização ambiental, ou com a finalidade de nivelamento de terreno previsto em projeto aprovado da ocupação	2
F-05-18-1	Áreas de triagem, transbordo e armazenamento transitório e/ou reciclagem de resíduos da construção civil e volumosos	2
F-06-01-7	Postos revendedores, postos ou pontos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas, postos flutuantes de combustíveis e postos revendedores de combustíveis de aviação	192
F-06-02-5	Lavanderias industriais para tingimento, amaciamento e outros acabamentos em roupas, peças do vestuário e higienização e lavagem de artefatos diversos	1
F-06-04-6	Base de armazenamento e distribuição de lubrificantes, combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos	8
G-01-01-5	Horticultura (floricultura, olericultura, fruticultura anual, viveiricultura e cultura de ervas medicinais e aromáticas)	7

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
G-01-03-1	Culturas anuais, semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura	33
G-02-02-1	Avicultura	83
G-02-04-6	Suinocultura	3
G-02-07-0	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime extensivo	22
G-02-08-9	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime de confinamento	1
G-04-01-4	Beneficiamento primário de produtos agrícolas: limpeza, lavagem, secagem, despulpamento, descascamento, classificação e/ou tratamento de sementes	1
H-01-01-1	Atividades ou empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão de vegetação primária ou secundária nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeita a EIA/Rim	1

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso.

Estação/Parâmetro	AV007		AV010		AV020		AV050		AV060		AV070		AV080		AV210		AV250		AV300		AV320	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio Dissolvido	0%	0%	0%	25%	0%	17%	10%	8%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	8%	0%	8%	60%	58%
Arsênio total	4%	0%	7%	3%	7%	0%	4%	0%	0%	0%	14%	0%	31%	0%	0%	0%	0%	6%	7%	13%	100%	89%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	0%	0%	0%	7%	6%	0%	4%	0%	0%	14%	6%	12%	14%	0%	9%	0%	6%	0%	0%	0%	0%
Cianeto livre	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	8%	50%	42%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	0%	4%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	7%	0%
Ind. Fecal	100%	97%	76%	86%	97%	97%	42%	46%	17%	33%	17%	43%	31%	43%	98%	98%	97%	93%	97%	100%	92%	91%
Cor verdadeira	0%	0%	0%	0%	7%	13%	4%	4%	7%	10%	7%	7%	8%	11%	7%	13%	0%	0%	3%	3%	3%	0%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	3%	0%	0%	3%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	3%	0%	0%	45%	23%	3%	10%
Ferro dissolvido	0%	0%	3%	17%	38%	60%	0%	0%	52%	67%	0%	0%	4%	0%	0%	3%	0%	3%	10%	17%	7%	7%
Fósforo total	3%	20%	17%	20%	17%	17%	13%	12%	3%	7%	17%	23%	12%	29%	10%	30%	7%	7%	97%	90%	0%	13%
Manganês total	100%	93%	62%	70%	100%	100%	50%	85%	31%	40%	76%	90%	100%	96%	79%	93%	10%	37%	93%	87%	100%	100%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%
Nitrogênio amoniacal total	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	13%	3%	3%
Oxigênio dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	13%	0%	4%
pH in loco	3%	0%	7%	0%	14%	0%	4%	0%	24%	7%	3%	3%	4%	0%	5%	0%	3%	0%	3%	0%	6%	7%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	98%	98%
Sólidos em suspensão totais	14%	33%	24%	33%	17%	20%	17%	19%	7%	10%	24%	43%	27%	57%	8%	40%	0%	23%	0%	7%	12%	11%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	96%	98%
Turbidez	14%	30%	17%	27%	10%	17%	13%	31%	10%	13%	17%	43%	19%	54%	10%	35%	0%	30%	0%	7%	0%	2%
Zinco total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	4%	0%	3%	0%	0%	0%	6%	34%	37%

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	AV340		BV013		BV035		BV037		BV062		BV063		BV067		BV076		BV083		BV105		BV130	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio Dissolvido	0%	8%	4%	19%	4%	23%	8%	19%	4%	12%	0%	4%	0%	12%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	11%	39%
Arsênio total	0%	0%	5%	10%	0%	13%	0%	16%	100%	96%	56%	57%	15%	35%	0%	0%	3%	5%	2%	5%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	6%	0%	11%	0%	17%	0%	20%	0%	3%	5%	11%	2%	11%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	17%
Cianeto livre	0%	17%	5%	2%	11%	11%	7%	9%	22%	25%	17%	12%	8%	7%	0%	0%	2%	0%	5%	0%	14%	7%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	3%
Ind. Fecal	100%	97%	37%	71%	98%	100%	98%	97%	96%	100%	100%	98%	95%	90%	100%	97%	97%	97%	97%	98%	97%	97%
Cor verdadeira	0%	0%	7%	13%	7%	26%	7%	7%	0%	3%	3%	10%	3%	13%	0%	13%	0%	7%	0%	20%	3%	10%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	62%	70%	0%	0%	10%	3%	2%	0%	90%	83%	3%	2%	0%	3%	24%	23%	56%	34%	65%	38%	69%	67%
Ferro dissolvido	3%	23%	3%	23%	0%	7%	0%	0%	17%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%
Fósforo total	28%	53%	3%	19%	48%	57%	8%	37%	93%	93%	24%	34%	15%	40%	69%	60%	94%	85%	90%	90%	93%	83%
Manganês total	7%	30%	86%	97%	100%	100%	93%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	97%	0%	3%	14%	33%	7%	37%	59%	77%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	58%	38%	76%	58%	62%	47%
Oxigênio dissolvido	3%	27%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	41%	0%	2%	0%	0%	0%	7%	0%	5%	80%	47%	45%	47%
pH in loco	7%	7%	2%	2%	5%	5%	2%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	2%	3%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	0%	13%	7%	37%	15%	53%	5%	39%	2%	13%	13%	52%	9%	46%	0%	13%	14%	41%	12%	39%	3%	40%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	66%	53%	3%	0%	0%	0%	47%	13%	34%	23%	55%	43%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	7%	17%	10%	24%	12%	47%	6%	44%	2%	15%	13%	49%	6%	52%	3%	13%	8%	37%	2%	37%	3%	37%
Zinco total	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BV133		BV135		BV136		BV137		BV138		BV139		BV140		BV141		BV142		BV143		BV144	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio Dissolvido	0%	13%	0%	27%	0%	15%	0%	13%	0%	20%	2%	25%	5%	21%	7%	14%	0%	27%	7%	13%	7%	20%
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	21%	44%	39%	47%	1%	7%	0%	0%	98%	99%	97%	98%	0%	0%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	3%	0%	0%	7%	0%	7%	2%	2%	0%	0%	0%	11%	0%	0%	1%	29%	0%	26%	3%	0%	0%	0%
Cianeto livre	21%	7%	14%	7%	19%	11%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	19%	15%	11%	13%	10%	10%	14%	7%	14%	7%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	0%	0%	0%	0%	10%	3%	10%	2%	12%	0%	0%	0%	0%	47%	32%	53%	27%	0%	0%	0%	3%
Ind. Fecal	100%	93%	52%	63%	83%	67%	58%	60%	43%	55%	92%	95%	10%	38%	52%	75%	16%	55%	17%	40%	28%	40%
Cor verdadeira	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	27%	0%	20%	4%	10%	0%	10%	0%	13%	0%	13%	0%	0%	4%	7%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	7%	3%	0%	7%	0%	0%	10%	13%	8%	15%	1%	2%	17%	17%	57%	44%	37%	19%	0%	0%	0%	0%
Ferro dissolvido	69%	83%	76%	80%	21%	50%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	24%	30%	0%	0%
Fósforo total	3%	7%	3%	13%	0%	10%	94%	84%	100%	82%	8%	33%	97%	86%	93%	91%	97%	92%	10%	7%	3%	7%
Manganês total	0%	40%	7%	27%	3%	20%	17%	37%	5%	35%	74%	98%	7%	38%	34%	86%	41%	87%	3%	7%	0%	7%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	1%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	4%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	69%	54%	70%	58%	0%	0%	3%	10%	26%	1%	6%	0%	0%	0%	0%	0%
Oxigênio dissolvido	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	45%	43%	40%	0%	2%	0%	3%	2%	25%	0%	10%	0%	0%	0%	0%
pH in loco	7%	3%	3%	3%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	1%	6%	13%	0%	7%	7%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	7%	3%	0%	23%	3%	17%	11%	41%	9%	43%	1%	39%	3%	34%	6%	54%	18%	52%	10%	23%	0%	13%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	3%	16%	5%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	7%	20%	3%	17%	3%	30%	5%	50%	3%	50%	1%	44%	3%	21%	3%	55%	8%	55%	14%	27%	3%	20%
Zinco total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	3%	0%	2%	0%	0%	0%	0%

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BV145		BV146		BV147		BV148		BV149		BV150		BV151		BV152		BV153		BV154		BV155			
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso		
Alumínio Dissolvido	0%	31%	0%	7%	0%	33%	7%	27%	0%	27%	0%	21%	20%	20%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Arsênio total	0%	0%	98%	95%	0%	0%	95%	92%	92%	90%	98%	99%	94%	90%	99%	97%	2%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Chumbo total	0%	0%	0%	11%	0%	13%	0%	7%	0%	9%	0%	17%	0%	4%	0%	16%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	
Cianeto livre	15%	8%	8%	6%	15%	7%	6%	9%	6%	6%	6%	5%	6%	8%	5%	2%	0%	0%	15%	14%	7%	4%	4%	
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Clorofila a	0%	4%	51%	22%	0%	7%	51%	21%	47%	19%	62%	20%	53%	19%	62%	20%	0%	5%	7%	10%	0%	3%	3%	
Ind. Fecal	39%	43%	6%	38%	39%	48%	17%	45%	15%	27%	15%	48%	8%	29%	7%	44%	92%	93%	100%	100%	97%	93%	93%	
Cor verdadeira	0%	0%	0%	13%	0%	0%	3%	10%	3%	10%	0%	7%	3%	13%	0%	20%	4%	4%	26%	18%	11%	4%	4%	
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0%	0%	15%	12%	4%	0%	20%	8%	16%	9%	24%	9%	13%	5%	26%	6%	48%	21%	90%	73%	86%	97%	97%	
Ferro dissolvido	4%	7%	0%	3%	39%	31%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Fósforo total	7%	4%	55%	67%	4%	34%	31%	62%	30%	40%	76%	82%	41%	56%	79%	83%	93%	89%	83%	93%	90%	93%	93%	
Manganês total	0%	8%	14%	70%	0%	33%	10%	53%	3%	33%	38%	83%	21%	50%	34%	80%	11%	28%	0%	0%	3%	17%	17%	
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	21%	21%	
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	1%	0%	0%	0%	3%	1%	1%	3%	0%	4%	0%	3%	1%	78%	61%	97%	97%	90%	83%	83%	83%	
Oxigênio dissolvido	0%	0%	1%	3%	0%	17%	0%	2%	2%	5%	1%	2%	1%	5%	0%	5%	87%	59%	83%	53%	62%	53%	53%	
pH in loco	0%	11%	23%	9%	0%	3%	27%	8%	28%	13%	13%	5%	24%	10%	27%	9%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Sólidos em suspensão totais	7%	4%	1%	43%	14%	34%	1%	46%	1%	30%	6%	52%	1%	33%	6%	50%	12%	35%	7%	7%	14%	20%	20%	
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	37%	24%	72%	70%	79%	77%	77%	
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Turbidez	7%	7%	1%	42%	18%	52%	1%	50%	1%	38%	3%	54%	1%	43%	5%	50%	8%	32%	0%	0%	3%	3%	3%	
Zinco total	0%	4%	0%	3%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BV156		BV160		BV161		BV162		SC03		SC10		SC12		SC13		SC14		SC16		SC17	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio Dissolvido	0%	20%	20%	60%	5%	40%	0%	36%	10%	45%	0%	0%	10%	20%	10%	18%	10%	0%	0%	10%	10%	45%
Arsênio total	99%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	3%	0%	0%
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	1%	31%	0%	20%	3%	3%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	10%
Cianeto livre	10%	11%	21%	7%	25%	21%	14%	8%	20%	18%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	60%	18%	0%	0%	20%	0%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	20%	26%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	14%	17%	0%	0%	7%	0%	79%	80%	0%	5%	0%	0%
Ind. Fecal	20%	73%	100%	97%	10%	17%	24%	34%	93%	97%	93%	97%	76%	69%	93%	97%	93%	97%	95%	95%	97%	93%
Cor verdadeira	0%	13%	11%	11%	7%	13%	0%	0%	33%	27%	0%	4%	0%	4%	0%	0%	13%	15%	4%	0%	0%	8%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	66%	64%	86%	80%	17%	17%	0%	0%	93%	97%	83%	70%	0%	3%	66%	77%	100%	93%	40%	20%	69%	67%
Ferro dissolvido	0%	0%	17%	17%	7%	30%	21%	21%	100%	97%	0%	0%	66%	93%	55%	63%	17%	20%	0%	0%	0%	0%
Fósforo total	92%	92%	86%	83%	48%	67%	0%	10%	100%	97%	76%	90%	10%	21%	93%	87%	86%	93%	95%	93%	90%	80%
Manganês total	62%	83%	86%	77%	10%	37%	3%	14%	100%	100%	0%	0%	10%	10%	100%	91%	80%	100%	0%	30%	80%	73%
Nitrato	0%	2%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	58%	28%	69%	67%	10%	30%	0%	0%	83%	77%	90%	97%	0%	3%	48%	43%	100%	93%	80%	65%	48%	43%
Oxigênio dissolvido	37%	57%	10%	37%	31%	63%	0%	0%	100%	80%	0%	3%	0%	3%	10%	20%	14%	7%	85%	60%	38%	50%
pH in loco	1%	0%	3%	0%	0%	0%	7%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	13%	63%	14%	40%	7%	17%	10%	28%	3%	7%	10%	7%	7%	3%	7%	23%	14%	3%	8%	48%	3%	37%
Substâncias tensoativas	3%	3%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	83%	70%	79%	63%	0%	0%	7%	10%	83%	63%	28%	21%	3%	3%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	5%	53%	7%	30%	7%	17%	10%	31%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	3%	7%	7%	0%	5%	23%	3%	33%
Zinco total	2%	6%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%

Figura I.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 66 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	SC19		SC21		SC22		SC23		SC24		SC25		SC26		SC27		SC28		SC30		SC33		SC39		
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	
Alumínio Dissolvido	40%	55%	5%	37%	0%	18%	10%	18%	10%	9%	100%	73%	40%	36%	0%	18%	10%	9%	0%	18%	0%	40%	0%	40%	
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Bário Total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Chumbo total	3%	13%	3%	13%	0%	3%	0%	3%	3%	7%	14%	23%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	8%	
Cianeto livre	20%	0%	22%	22%	0%	0%	20%	9%	50%	45%	20%	9%	10%	18%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Clorofila a	3%	7%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	17%	21%	52%	69%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	4%	12%	
Ind. Fecal	97%	100%	100%	100%	86%	83%	100%	97%	100%	97%	93%	100%	97%	100%	79%	73%	86%	87%	69%	80%	17%	28%	16%	23%	
Cor verdadeira	0%	8%	14%	13%	0%	4%	0%	12%	0%	12%	0%	8%	8%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	48%	0%	9%	
Demanda Bioquímica de Oxigênio	83%	77%	55%	53%	0%	3%	62%	47%	66%	53%	97%	97%	90%	87%	7%	7%	0%	0%	7%	0%	3%	0%	4%	4%	
Ferro dissolvido	31%	20%	0%	3%	3%	27%	0%	17%	21%	30%	0%	3%	3%	7%	3%	7%	24%	37%	14%	27%	76%	86%	0%	12%	
Fósforo total	90%	87%	90%	97%	3%	27%	86%	87%	86%	73%	83%	83%	83%	83%	0%	10%	0%	7%	7%	7%	0%	7%	36%	50%	
Manganês total	100%	73%	50%	70%	0%	55%	10%	64%	60%	73%	70%	55%	100%	91%	0%	0%	0%	18%	0%	9%	10%	0%	20%	20%	
Nitrato	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	13%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	3%	17%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	72%	63%	41%	40%	0%	0%	14%	20%	38%	37%	90%	70%	86%	83%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	4%	
Oxigênio dissolvido	52%	63%	10%	23%	7%	33%	24%	40%	28%	50%	69%	37%	93%	83%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	40%	85%	
pH in loco	0%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	24%	20%	41%	13%	3%	3%	3%	7%	0%	4%	
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	41%	40%	10%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Sólidos em suspensão totais	28%	47%	7%	27%	0%	7%	3%	17%	3%	10%	21%	27%	10%	10%	0%	7%	3%	3%	7%	23%	7%	14%	0%	8%	
Substâncias tensoativas	21%	13%	0%	3%	0%	0%	0%	13%	38%	30%	31%	40%	59%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Turbidez	14%	37%	3%	27%	0%	10%	0%	10%	0%	3%	7%	7%	3%	10%	0%	7%	7%	7%	7%	7%	27%	7%	17%	0%	8%
Zinco total	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	

Figura I.2. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas em 2008 (a), 2013 (b), 2018 (c) e 2022 (d)

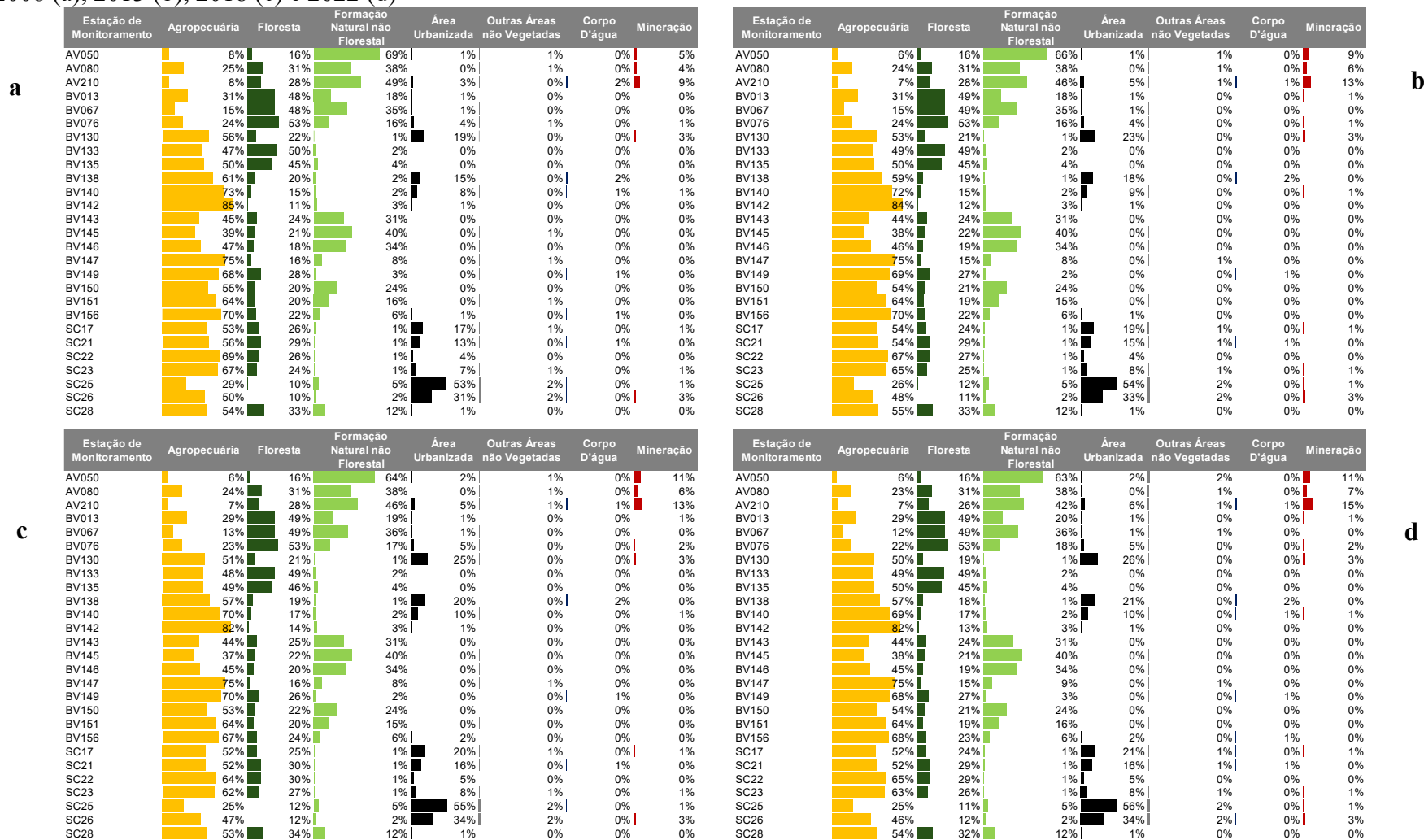


Tabela I.1: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no ano de 2008.

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
AV050	607	1241	5185	73	63	8	381	7558
AV080	9459	11793	14510	92	242	34	1686	37817
AV210	2000	7168	12438	822	91	405	2333	25256
BV013	17020	26491	9967	517	179	220	230	54624
BV067	2775	8648	6261	194	66	59	27	18030
BV076	5884	12875	3910	981	139	25	298	24112
BV130	4646	1830	54	1566	39	4	223	8361
BV133	13720	14620	524	83	17	31		28995
BV135	39378	35747	3291	185	47	74	31	78753
BV138	7213	2420	230	1753	10	272		11899
BV140	41684	8447	1233	4773	255	313	352	57056
BV142	220860	27967	7639	1800	564	1060	3	259894
BV143	178084	94741	123301	436	1141	558		398261
BV145	27423	14652	27996	24	365	2		70461
BV146	112153	44092	81933	642	1027	484		240329
BV147	161285	33301	18205	71	1435	165		214463
BV149	93425	38658	3560	469	466	1001		137579
BV150	304610	113606	136081	501	1550	1264		557612
BV151	361450	110581	89181	570	2991	1068		565841
BV156	95522	29265	8506	1458	151	694	285	135880
SC17	9747	4709	229	3120	156	68	248	18277
SC21	18392	9635	296	4302	132	182	80	33020
SC22	10304	3929	86	546	32	53	24	14975
SC23	13244	4685	134	1405	116	73	189	19847
SC25	548	199	105	1012	31	9	14	1917
SC26	3810	752	176	2377	177	34	230	7556
SC28	3183	1940	715	48	0			5887

Tabela I.2: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no ano de 2013

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
AV050	465	1219	5021	103	63	6	681	7558
AV080	8973	11802	14458	125	277	26	2156	37817
AV210	1784	6971	11498	1218	138	334	3313	25256
BV013	16803	26594	10004	602	175	174	274	54624
BV067	2643	8786	6256	203	67	28	47	18030
BV076	5777	12893	3919	1039	111	22	351	24112
BV130	4441	1721	48	1881	39	2	228	8361
BV133	14174	14160	517	97	21	26		28995
BV135	39725	35362	3293	226	54	56	37	78753
BV138	7064	2271	148	2161	10	245		11899
BV140	40874	8785	1170	5376	249	232	370	57056
BV142	219403	30029	6986	1971	590	904	10	259894
BV143	177195	96659	122517	529	881	481		398261
BV145	27002	15266	27834	26	332	1		70461
BV146	111084	45623	81575	676	994	378		240329
BV147	161454	33184	18157	73	1491	105		214463
BV149	95197	37365	3191	494	447	886		137579
BV150	303032	116780	134904	598	1247	1044	5	557610
BV151	364611	109376	87528	591	2809	927		565842
BV156	94477	30336	8124	1931	159	522	331	135880
SC17	9780	4318	218	3447	212	48	254	18277
SC21	17991	9424	304	4874	173	168	85	33020
SC22	10022	4107	102	640	30	47	27	14975
SC23	12866	4868	146	1553	126	62	226	19847
SC25	494	227	100	1040	34	8	14	1917

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
SC26	3628	823	159	2504	173	26	244	7556
SC28	3223	1917	696	51				5887

Tabela I.3: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no ano de 2018

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
AV050	441	1200	4857	146	70	7	838	7558
AV080	8973	11802	14458	125	277	26	2156	37817
AV210	1784	6971	11498	1218	138	334	3313	25256
BV013	15976	26788	10466	721	163	224	286	54624
BV067	2304	8864	6505	218	72	10	56	18030
BV076	5567	12862	4079	1091	107	21	385	24112
BV130	4240	1753	43	2056	35	3	230	8361
BV133	14020	14272	526	112	40	25		28995
BV135	38543	36367	3344	270	131	51	46	78753
BV138	6800	2299	156	2396	20	227		11899
BV140	39661	9754	1138	5764	204	157	379	57056
BV142	213301	36062	7085	2235	453	747	11	259894
BV143	173435	99368	123511	646	828	473		398261
BV145	26199	15833	28021	32	330	45		70461
BV146	108356	48001	81936	704	960	372		240329
BV147	161803	33640	17539	79	1256	147		214463
BV149	96606	36439	2865	511	404	754		137579
BV150	297523	121425	135862	717	1028	1007	50	557612
BV151	363618	111021	87393	613	2255	942		565842
BV156	91136	33187	8293	2388	116	409	350	135880
SC17	9527	4557	135	3615	149	40	255	18277
SC21	17223	9974	220	5212	134	171	87	33020
SC22	9635	4473	85	682	26	47	27	14975
SC23	12381	5326	125	1620	102	60	233	19847
SC25	481	233	91	1055	34	9	14	1917
SC26	3516	907	154	2565	136	26	252	7556
SC28	3118	1998	706	65				5887

Tabela I.4: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas no ano de 2022

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
AV050	435	1190	4731	159	176	5	863	7558
AV080	8692	11736	14187	189	415	24	2574	37817
AV210	1704	6680	10701	1622	364	347	3837	25256
BV013	15782	26704	10707	757	195	174	307	54624
BV067	2207	8809	6558	236	116	48	57	18030
BV076	5380	12866	4228	1124	107	19	387	24112
BV130	4204	1625	60	2200	40	2	229	8361
BV133	14153	14087	541	121	61	32		28995
BV135	39253	35566	3349	309	164	65	47	78753
BV138	6730	2191	173	2525	29	252		11899
BV140	39318	9573	1258	5947	257	320	382	57056
BV142	212308	34603	8929	2450	552	1042	10	259894
BV143	176340	95848	123681	745	1083	565		398261
BV145	26931	14914	28175	34	346	52	8	70461
BV146	109281	46092	82734	726	998	491	8	240329
BV147	160762	32576	19375	83	1210	458		214463
BV149	94026	37555	3882	526	561	1028		137579

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
BV150	301032	116621	136477	822	1312	1256	91	557611
BV151	364597	107529	89577	623	2129	1389		565844
BV156	92339	30911	8676	2629	259	709	356	135880
SC17	9509	4324	190	3748	168	84	256	18277
SC21	17302	9575	319	5370	172	193	88	33020
SC22	9704	4323	107	716	39	56	29	14975
SC23	12442	5118	166	1672	138	70	241	19847
SC25	482	217	95	1068	34	8	14	1917
SC26	3470	876	181	2599	139	35	255	7556
SC28	3195	1905	703	83	0			5887

APÊNDICE II

Tabelas e figuras relacionadas a seção 6, subseção 6.2 – Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Tabela II.1: Descrição das atividades licenciadas, por tipologia, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba, segundo a DN COPAM 217/2017 entre 2018 e 2023.

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
A-02-01-1	Lavra a céu aberto - Minerais metálicos, exceto minério de ferro	1
A-02-03-8	Lavra a céu aberto - Minério de ferro	2
A-02-06-2	Lavra a céu aberto - Rochas ornamentais e de revestimento	9
A-02-07-0	Lavra a céu aberto - Minerais não metálicos, exceto rochas ornamentais e de revestimento	3
A-02-09-7	Extração de rocha para produção de britas	3
A-03-01-8	Extração de areia e cascalho para utilização imediata na construção civil	143
A-03-01-9	Extração de cascalho, rocha para produção de britas, areia fora da calha dos cursos d'água e demais coleções hídricas, para aplicação exclusivamente em obras viárias, inclusive as executadas por entidades da Administração Pública Direta e Indireta	5
A-03-02-6	Extração de argila usada na fabricação de cerâmica vermelha	13
A-04-01-4	Extração de água mineral ou potável de mesa	8
A-05-01-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a seco	18
A-05-02-0	Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, com tratamento a úmido	6
A-05-04-7	Pilhas de rejeito/estéril - Minério de ferro	11
A-05-05-3	Estrada para transporte de minério/estéril externa aos limites de empreendimentos minerários	2
A-05-06-2	Disposição de estéril ou de rejeito inerte e não inerte da mineração (classe II-A e IIB, segundo a NBR 10.004) em cava de mina, em caráter temporário ou definitivo, sem necessidade de construção de barramento para contenção	6
A-05-08-4	Reaproveitamento de bens minerais metálicos dispostos em pilha de estéril ou rejeito	4
A-05-09-5	Reaproveitamento de bens minerais dispostos em barragem	2
B-01-01-5	Britamento de pedras para construção	10
B-01-02-3	Fabricação de cal virgem	1
B-01-03-1	Fabricação de cerâmica vermelha (telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido), inclusive com utilização de até 10% dos resíduos "pó de balão" ou "lama de alto-forno" à base seca, em substituição de percentual equivalente na carga	29
B-01-04-1	Fabricação de material cerâmico	3
B-01-09-0	Aparelhamento, beneficiamento, preparação e transformação de minerais não metálicos, não instalados na área da planta de extração	72
B-02-01-1	Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	2
B-02-01-2	Sinterização de minério de ferro e outros resíduos siderúrgicos	4
B-03-01-8	Produção de aço ligado em qualquer forma, com ou sem redução de minérios, com fusão	1
B-03-03-4	B-03-03-4-Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, sem tratamento químico superficial	1
	Produção de tubos de ferro e aço e/ou de laminados e trefilados de qualquer tipo de aço, sem tratamento químico superficial	1
B-03-07-7	Produção de fundidos de ferro e aço, sem tratamento químico superficial, inclusive a partir de reciclagem	8
B-03-09-3	Produção de forjados, arames e relaminados de aço	1

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
B-04-02-2	Produção de laminados de metais e de ligas de metais não-ferrosos e/ou relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas.	1
B-04-05-7	Produção de fundidos de metais não-ferrosos, inclusive ligas, sem tratamento químico superficial e/ou galvanotécnico, inclusive a partir de reciclagem	6
B-04-07-3	Produção de fios e arames de metais e de ligas de metais não-ferrosos, inclusive fios, cabos e condutores elétricos, sem fusão, em todas as suas modalidades	1
B-05-04-5	Fabricação de estruturas metálicas e artefatos de trefilados de ferro, aço e de metais não-ferrosos, sem tratamento químico superficial, exceto móveis	8
B-05-05-3	Estamparia, funilaria e latoaria com tratamento químico superficial, exceto oficinas automotivas	4
B-06-01-7	Tratamento térmico têmpera ou tratamento termoquímico	1
B-06-02-5	Serviço galvanotécnico	4
B-06-03-3	Jateamento e pintura	6
B-08-01-1	Fabricação de eletrodomésticos e/ou componentes eletroeletrônicos, inclusive lâmpadas	7
B-09-01-6	Construção de embarcações e estruturas flutuantes e fabricação de suas peças e acessórios	2
B-09-05-9	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores e/ou ferroviários, exceto embarcações e estruturas flutuantes	3
B-10-02-2	Fabricação de móveis de madeira, e/ou seus derivados, com pintura e/ou verniz	11
B-10-07-0	Tratamento químico para preservação de madeira	1
C-01-07-4	Fabricação de artigos diversos de fibra prensada ou isolante inclusive peças e acessórios para máquinas e veículos	2
C-02-03-8	Recauchutagem de pneumáticos	5
C-02-04-6	Fabricação de artefatos de borracha, exceto pneumáticos, câmaras-de-ar e de material para condicionamento de pneumáticos	5
C-03-01-8	Secagem e salga de couros e peles	1
C-04-01-4	Produção de substâncias químicas e de produtos químicos inorgânicos, orgânicos, organo-inorgânicos, exceto produtos derivados do processamento do petróleo, de rochas oleígenas, do carvão-de-pedra e da madeira	4
C-04-10-3	Fabricação de aromatizantes e corantes de origem mineral ou sintéticos e/ou sabões e detergentes e/ou preparados para limpeza e polimento	3
C-04-18-9	Fabricação de produto intermediários para fins fertilizantes uréia, nitratos de amônio NA e CAN, fósforos de amônio DAP e MAP e fósforos SSP e TSP	1
C-04-19-7	Formulação de adubos e fertilizantes	10
C-04-21-9	Fabricação de outros produtos químicos não especificados ou não classificados	1
C-05-02-9	Fabricação de medicamentos, exceto aqueles previstos no item C-05-01-0, medicamentos fitoterápicos e farmácias de manipulação	4
C-06-01-7	Fabricação de produtos de perfumaria e cosméticos	2
C-07-01-3	Moldagem de termoplástico não organoclorado	9
C-07-05-6	Moldagem de termoplástico organoclorado, sem a utilização de matéria-prima reciclada ou com a utilização de matéria-prima reciclada a seco	3
C-07-06-4	Moldagem de termofixo ou endurente	2
C-08-09-1	Acabamento de fios e/ou tecidos planos ou tubulares	1
C-10-01-4	Usinas de produção de concreto comum	10

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
C-10-02-2	Usinas de produção de concreto asfáltico	7
D-01-01-5	Torrefação e moagem de grãos	2
D-01-02-3	Abate de animais de pequeno porte aves, coelhos, rãs, etc.	1
D-01-02-5	Abate de animais de grande porte (bovinos, eqüinos, bubalinos, muares,etc)	1
D-01-02-6	Preparação do pescado	2
D-01-04-1	Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas	3
D-01-05-8	Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha	2
D-01-06-1	Fabricação de produtos de laticínios, exceto envase de leite fluido	14
D-01-07-4	Resfriamento e distribuição de leite em instalações industriais e/ou envase de leite fluido	7
D-01-12-0	Fabricação de vinagre, conservas e condimentos	2
D-01-13-9	Formulação industrial de rações balanceadas e de alimentos preparados para animais, inclusive moagem de grãos, com finalidade comercial	12
D-01-14-7	Fabricação industrial de massas, biscoitos, salgados, chocolates, pães, doces, suplementos alimentares e ingredientes para indústria alimentícia	2
D-02-02-1	Fabricação de aguardente	4
D-02-04-6	Fabricação de cervejas, chopes e maltes	1
E-01-03-1	Pavimentação e/ou melhoramentos de rodovias	1
E-01-13-9	Mineroduto ou rejeitoduto externo aos limites de empreendimentos minerários	1
E-02-02-1	Sistema de geração de energia termoelétrica, utilizando combustível fóssil.	1
E-02-03-8	Linhas de transmissão de energia elétrica	1
E-02-06-2	Usina solar fotovoltaica	1
E-03-02-6	Canalização e/ou retificação de curso d'água	4
E-03-04-2	Estação de tratamento de água para abastecimento	4
E-03-05-0	Interceptores, emissários, elevatórias e reversão de esgoto	3
E-03-06-9	Estação de tratamento de esgoto sanitário	6
E-03-07-8	Estação de transbordo de resíduos sólidos urbanos	1
E-03-07-9	Unidade de triagem de recicláveis e/ou de tratamento de resíduos orgânicos originados de resíduos sólidos urbanos	4
E-04-01-4	Loteamento do solo urbano, exceto distritos industriais e similares	15
E-05-03-7	Dragagem para desassoreamento de corpos d'água	3
E-05-06-0	Parques cemitérios	6
F-01-01-5	Central de recebimento, armazenamento temporário, triagem ou transbordo de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas, agrotóxicos ou produtos químicos	15
F-01-01-6	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto agrotóxicos	8
F-01-08-1	Centrais e postos de recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos	2

Código	Descrição da Atividade	Nº Licenças
F-01-09-1	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, vapor de mercúrio, outros vapores metálicos, de luz mista e lâmpadas especiais que contenham mercúrio	2
F-01-09-5	Central de recebimento, armazenamento, triagem e/ou transbordo de outros resíduos não listados ou não classificados	20
F-01-10-1	Central de armazenamento temporário e/ou transferência de resíduos Classe I perigosos	7
F-01-10-2	Unidade de Transferência de Resíduos de Serviços de Saúde UTRSS	2
F-02-01-1	Transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos	12
F-05-01-0	Reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a seco	3
F-05-02-9	Reciclagem de plásticos com a utilização de processo de reciclagem a base de lavagem com água	5
F-05-05-3	Compostagem de resíduos industriais	8
F-05-07-1	Reciclagem ou regeneração de outros resíduos classe 2 (não-perigosos) não especificados	20
F-05-07-2	Reciclagem ou regeneração de outros resíduos classe 1 perigosos não especificados	1
F-05-17-0	Processamento ou reciclagem de sucata	2
F-05-18-0	Aterro de resíduos da construção civil (classe A), exceto aterro para fins de terraplanagem em empreendimento ou atividade com regularização ambiental, ou com a finalidade de nivelamento de terreno previsto em projeto aprovado da ocupação	3
F-05-18-1	Áreas de triagem, transbordo e armazenamento transitório e/ou reciclagem de resíduos da construção civil e volumosos	2
F-06-01-7	Postos revendedores, postos ou pontos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas, postos flutuantes de combustíveis e postos revendedores de combustíveis de aviação	149
F-06-04-6	Base de armazenamento e distribuição de lubrificantes, combustíveis líquidos derivados de petróleo, álcool combustível e outros combustíveis automotivos	2
F-06-06-2	Base de envasamento de Gás Liquefeito de Petróleo - GLP	1
G-01-01-5	Horticultura (floricultura, olericultura, fruticultura anual, viveiricultura e cultura de ervas medicinais e aromáticas)	10
G-01-03-1	Culturas anuais, semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura	13
G-02-02-1	Avicultura	55
G-02-04-6	Suinocultura	7
G-02-07-0	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime extensivo	9
G-02-08-9	Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muares, ovinos e caprinos, em regime de confinamento	3
G-03-03-4	Produção de carvão vegetal oriunda de floresta plantada	2
G-04-01-4	Beneficiamento primário de produtos agrícolas: limpeza, lavagem, secagem, despulpamento, descascamento, classificação e/ou tratamento de sementes	1

Figura II.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 30 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BP022		BP024		BP026		BP027		BP029		BP032		BP036		BP066		BP068		BP069		BP070	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio dissolvido	0%	13%	0%	19%	0%	38%	0%	50%	6%	50%	13%	44%	16%	76%	0%	25%	19%	69%	25%	56%	27%	71%
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	0%	0%	10%	0%	13%	0%	13%	0%	19%	0%	13%	0%	15%	0%	6%	0%	22%	0%	0%	0%	21%
Cianeto Livre	13%	7%	13%	7%	13%	7%	19%	11%	13%	7%	13%	7%	9%	5%	13%	7%	11%	6%	22%	14%	9%	5%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ind. Fecal	93%	97%	97%	100%	100%	97%	93%	97%	79%	83%	86%	93%	26%	65%	90%	93%	100%	96%	86%	90%	94%	98%
Cor verdadeira	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	17%	10%	13%	0%	0%	4%	10%	3%	17%	2%	13%	0%	10%	2%	25%
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0%	0%	17%	20%	7%	0%	3%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	28%	33%	0%	0%
Fenóis totais	0%	0%	3%	3%	0%	0%	3%	7%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	3%	0%	3%	0%	10%	3%	0%
Ferro dissolvido	41%	77%	41%	73%	41%	73%	28%	53%	14%	37%	7%	7%	6%	33%	14%	7%	9%	41%	90%	87%	17%	52%
Fósforo total	7%	7%	14%	17%	17%	27%	21%	53%	14%	37%	7%	7%	6%	33%	14%	7%	9%	41%	90%	87%	17%	52%
Manganês total	17%	40%	17%	83%	7%	67%	97%	100%	93%	97%	0%	30%	72%	94%	34%	60%	72%	98%	62%	73%	70%	98%
Níquel total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Oxigênio dissolvido	0%	3%	3%	13%	3%	7%	3%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	31%	47%	4%
pH in loco	10%	13%	0%	7%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	7%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	0%	0%	3%	47%	14%	47%	3%	47%	7%	43%	0%	57%	4%	63%	3%	27%	4%	46%	3%	20%	4%	52%
Substâncias tensoativas	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	0%	0%	7%	53%	10%	60%	3%	47%	3%	40%	10%	67%	4%	60%	3%	33%	6%	50%	0%	13%	6%	54%
Zinco total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura II.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 30 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BP071		BP072		BP073		BP074		BP076		BP078		BP079		BP080		BP082		BP083		BP084	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio dissolvido	13%	25%	32%	82%	13%	31%	25%	44%	13%	44%	41%	71%	0%	38%	13%	50%	46%	76%	49%	71%	6%	44%
Arsênio total	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	6%	0%	29%	3%	17%	0%	10%	3%	17%	0%	21%	0%	13%	0%	20%	0%	19%	0%	17%	0%	3%
Cianeto Livre	7%	0%	13%	13%	52%	32%	19%	11%	11%	11%	9%	10%	13%	7%	37%	39%	9%	5%	13%	10%	15%	14%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	0%	10%	0%	0%	24%	24%	10%	10%	3%	0%	9%	2%	0%	7%	0%	7%	2%	2%	2%	0%	0%	3%
Ind. Fecal	97%	87%	77%	81%	100%	100%	100%	97%	31%	33%	6%	38%	86%	97%	97%	100%	17%	60%	6%	52%	97%	100%
Cor verdadeira	17%	23%	6%	29%	10%	7%	0%	0%	14%	27%	4%	17%	0%	0%	10%	10%	4%	15%	4%	21%	14%	17%
manda Bioquímica de Oxigênio	45%	23%	2%	4%	97%	97%	28%	30%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	31%	30%	0%	2%	0%	2%	59%	40%
Fenóis totais	3%	0%	0%	3%	21%	10%	3%	3%	0%	7%	6%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	7%	7%
Ferro dissolvido	0%	0%	51%	60%	48%	17%	59%	73%	34%	50%	6%	27%	52%	63%	24%	13%	30%	44%	19%	38%	76%	67%
Fósforo total	93%	90%	57%	75%	97%	100%	24%	37%	10%	17%	23%	60%	10%	20%	79%	73%	51%	71%	36%	48%	83%	87%
Manganês total	0%	0%	60%	96%	100%	80%	14%	43%	3%	13%	32%	69%	69%	93%	100%	100%	47%	83%	34%	75%	97%	100%
Níquel total	0%	3%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%	3%
Nitrato	3%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	97%	73%	0%	0%	100%	77%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	10%	0%	0%	0%	0%	52%	33%
Oxigênio dissolvido	93%	70%	0%	6%	93%	70%	0%	13%	0%	7%	6%	0%	2%	3%	3%	7%	13%	0%	2%	0%	93%	87%
pH in loco	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%
Sólidos dissolvidos totais	4%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	10%	33%	2%	54%	14%	13%	21%	33%	14%	20%	2%	46%	10%	50%	3%	37%	2%	50%	0%	46%	0%	17%
Substâncias tensoativas	45%	27%	0%	0%	66%	33%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	48%	23%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	14%	27%	2%	52%	0%	10%	38%	57%	24%	33%	2%	56%	10%	57%	3%	37%	2%	50%	2%	56%	0%	7%
Zinco total	0%	0%	0%	2%	7%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura II.1: Violação dos dados dos parâmetros de qualidade das águas superficiais nas 30 estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no período de 2008 a 2023, considerando a legislação ambiental vigente para os períodos seco e chuvoso (cont.)

Estação/Parâmetro	BP086		BP088		BP090		BP092		BP094		BP096		BP098		BP099	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Alumínio dissolvido	0%	44%	44%	69%	56%	50%	0%	6%	0%	6%	0%	31%	19%	38%	16%	42%
Arsênio total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bário total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chumbo total	0%	13%	0%	0%	0%	17%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	0%	4%
Cianeto Livre	13%	20%	30%	25%	13%	7%	13%	7%	13%	7%	20%	7%	20%	7%	7%	4%
Cloreto total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Clorofila a	14%	14%	17%	24%	3%	0%	0%	0%	3%	3%	0%	3%	0%	10%	7%	2%
Ind. Fecal	100%	100%	0%	21%	41%	55%	10%	41%	17%	59%	90%	93%	52%	63%	7%	21%
Cor verdadeira	0%	17%	0%	0%	21%	28%	0%	3%	0%	0%	3%	3%	10%	33%	4%	11%
manda Bioquímica de Oxigênio	59%	53%	17%	17%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	28%	33%	45%	27%	0%	0%
Fenóis totais	7%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	7%	0%	3%
Ferro dissolvido	55%	40%	14%	10%	41%	52%	0%	0%	3%	3%	59%	37%	28%	27%	4%	21%
Fósforo total	86%	77%	14%	23%	41%	28%	3%	0%	0%	0%	34%	47%	72%	87%	7%	17%
Manganês total	100%	100%	93%	90%	10%	34%	0%	3%	0%	0%	79%	60%	45%	77%	4%	19%
Níquel total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%
Nitrato	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrito	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nitrogênio amoniacal total	14%	27%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	24%	33%	0%	0%
Oxigênio dissolvido	7%	40%	3%	10%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	17%	33%	69%	67%	2%	2%
pH in loco	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	7%	7%	0%	10%	0%	0%	0%	4%
Sólidos dissolvidos totais	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	14%	0%	0%
Sólidos em suspensão totais	0%	37%	31%	30%	7%	38%	0%	3%	0%	0%	0%	3%	0%	17%	0%	11%
Substâncias tensoativas	13%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	6%	0%	0%	0%	0%
Sulfato total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	0%	23%	0%	23%	24%	48%	0%	3%	0%	7%	0%	10%	3%	23%	0%	19%
Zinco total	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figura II.2. Evolução do uso e cobertura da terra nas estações de monitoramento nas estações selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba em 2008 (a), 2013 (b), 2018 (c) e 2022 (d)

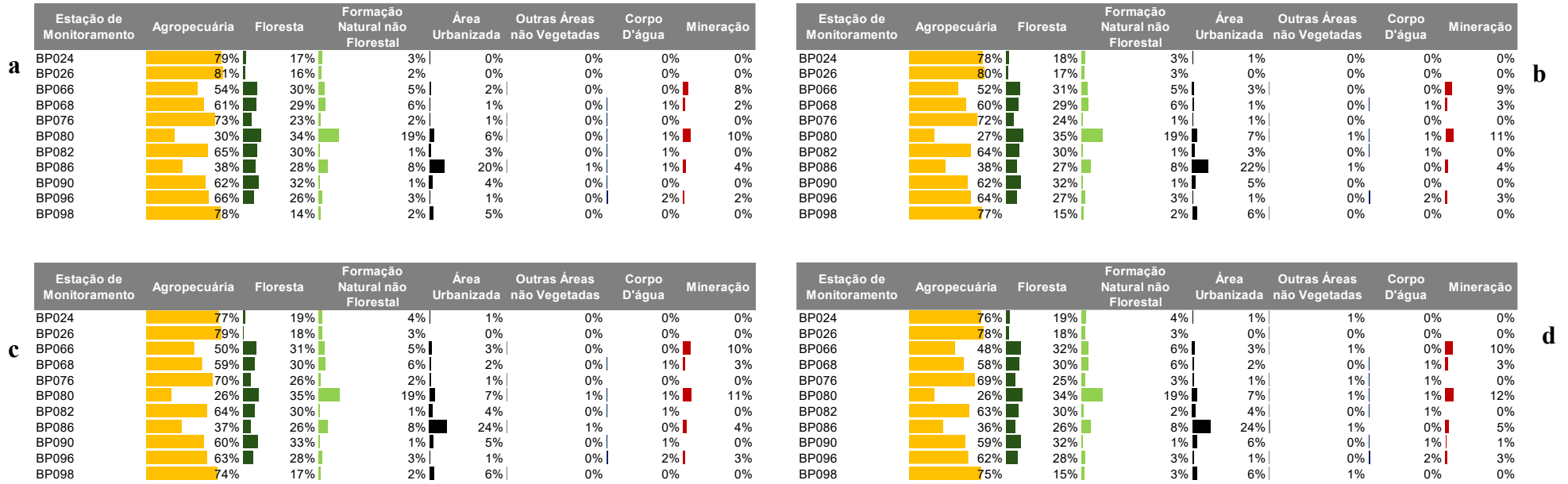


Tabela II.2: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no ano de 2008.

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
BP024	38991	8340	1610	237	106	30		49313
BP026	89762	17600	2688	284	159	86	172	110752
BP066	7060	3894	688	272	50	9	998	12971
BP068	72873	34484	7040	1260	167	1352	2890	120067
BP076	61663	19877	1445	856	359	381	306	84886
BP080	13232	15331	8360	2706	223	491	4347	44690
BP082	107114	49144	1981	4513	227	1685	310	164973
BP086	7378	5359	1622	3861	134	233	691	19278
BP090	22048	11484	396	1386	59	174		35547
BP096	44305	17799	1882	578	135	1157	1472	67329
BP098	14627	2550	369	1016	60	34	6	18660

Tabela II.3: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no ano de 2013.

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
BP024	38255	8998	1656	267	103	34		49313
BP026	88193	19040	2777	351	146	80	165	110752
BP066	6694	3973	702	346	56	5	1195	12971
BP068	71689	34913	7042	1621	194	1284	3324	120067
BP076	61012	20655	1184	1017	354	316	347	84886
BP080	12032	15521	8477	2933	265	470	4991	44690
BP082	106327	49075	1883	5565	333	1423	365	164973
BP086	7263	5198	1624	4224	162	28	778	19277
BP090	21955	11390	336	1661	58	148		35547
BP096	43301	18301	1938	769	158	1112	1749	67329
BP098	28633	5603	655	2193	183	42	12	37321

Tabela II.4: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no ano de 2018.

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
BP024	37824	9206	1837	306	109	32		49313
BP026	87398	19500	3023	410	167	85	169	110752
BP066	6530	4036	687	396	50	4	1267	12971
BP068	70659	35637	6985	1834	199	1252	3502	120067
BP076	59472	21949	1302	1124	314	349	376	84886
BP080	11656	15485	8451	3158	293	511	5135	44690
BP082	104866	49694	1997	6418	404	1215	379	164973
BP086	7106	4945	1606	4551	182	39	850	19278
BP090	21382	11699	339	1907	29	190		35547
BP096	42736	18752	1872	870	159	1083	1857	67329
BP098	27763	6239	709	2360	185	50	16	37321

Tabela II.5: Área em hectares de cada classe de uso e ocupação do solo, em cada área de influência das estações de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio das Paraopeba no ano de 2022.

Área de influência	Agropecuária	Floresta	Formação Natural Não florestal	Área Urbanizada	Outras Áreas Não vegetadas	Corpo D'Água	Mineração	Total (ha)
BP024	37373	9297	1969	319	315	41		49313
BP026	86535	19814	3299	435	403	96	170	110752
BP066	6222	4150	746	448	102	8	1295	12971
BP068	69170	35914	7169	2049	392	1383	3989	120067
BP076	58587	21472	2312	1229	430	504	352	84886
BP080	11601	15271	8473	3249	355	491	5251	44690
BP082	103749	48809	2503	6846	649	1691	726	164973
BP086	6866	5007	1580	4649	240	39	898	19278
BP090	21041	11479	456	2013	34	221	304	35547
BP096	41924	19057	2011	973	264	1195	1905	67329
BP098	28009	5654	945	2425	202	69	17	37321

ANEXO I

Tabelas relacionadas ao item 4 - ÁREA DE ESTUDO

Tabela AI.1. Caracterização dos sistemas de tratamento de esgoto nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

Município	População urbana (hab)	Índice de atendimento*	ETE	Tratamento
Araçai	1.856	-	-	-
Augusto de Lima	2.984	-	-	-
Baldim	5.182	-	-	-
Belo Horizonte	2.479.165	89,9%	Arrudas	Lodos ativados
Belo Horizonte			Jardim Vitória	Indefinido
Belo Horizonte			Minas Solidária	Indefinido
Belo Horizonte			Ressaca Sarandi	Filtro físico-químico
Belo Horizonte			Olhos D'água	Indefinido
Belo Horizonte			Onça	UASB + filtro anaeróbio + decantador secundário
Buenópolis	7.911	58,2%	Buenópolis	UASB + lagoa de estabilização
Caeté	37.424	-	-	-
Capim Branco	8.546	4,5%	Matozinhos	Lagoa de estabilização
Conceição do Mato Dentro	12.519	41,6	<i>Conceição do Mato Dentro**</i>	<i>UASB + filtro anaeróbio + decantador**</i>
Confins	6.336	-	-	-
Congonhas do Norte	2.682	-	-	-
Contagem	635.802	80,0%	Arrudas	Lodos ativados
Contagem			Onça	UASB + filtro anaeróbio + decantador secundário
Contagem			<i>Nova Contagem**</i>	<i>UASB + filtro anaeróbio + decantador**</i>
Cordisburgo	6.165	47,7%	Cordisburgo	Lagoa facultativa
Corinto	21.699	67,9%	Curralinho	UASB + lagoa facultativa + lagoa de maturação
Curvelo	74.002	85,8%	Curvelo	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Datas	3.205	66,9%	Datas	Sem informação
Diamantina	41.607	-	-	-
Esmeraldas	60.835	10,6%	<i>Esmeraldas**</i>	<i>UASB + lagoa anaeróbia/facultativa/maturação**</i>
Funilândia	2.162	24,2%	Funilândia	UASB + filtro anaeróbio
Gouveia	8.475	8,9%	Gouveia	Sem informação
Inimutaba	5.147	-	-	-
Itabirito	46.600	25,2%	Marzagão	UASB + filtro anaeróbio
Jaboticatubas	11.601	-	-	-
Jequitibá	2.020	-	-	-
Joaquim Felício	2.663	-	-	-
Lagoa Santa	53.673	42,3%	Lagoa Santa	Lodos ativados
Lagoa Santa			Vila Maria	UASB
Lassance	3.989	-	-	-
Matozinhos	32.765	43,0%	Matozinhos	Lagoa de estabilização + anaeróbia + lagoa facultativa
Monjolos	1.414	-	-	-
Morro da Garça	1.527	100,0%	Morro da Garça	Filtro aeróbio
Nova Lima	85.486	18,8%	Jardim Canadá	UASB + filtro aeróbio

Município	População urbana (hab)	Índice de atendimento*	ETE	Tratamento
Nova Lima			Vale do Sereno	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Nova União	2.974	-	-	-
Ouro Preto	63.788	-	-	-
Paraopeba	20.708	-	-	-
Pedro Leopoldo	52.704	-	-	-

Município	População urbana (hab)	Índice de atendimento*	ETE	Tratamento
Pirapora	54.678	46,0%	Pirapora**	UASB + lagoa anaeróbia/facultativa/maturação**
Presidente Juscelino	1.855	-	-	-
Presidente Kubitschek	2.078	-	-	-
Prudente de Morais	9.783	-	-	-
Raposos	15.228	-	-	-
Ribeirão das Neves	313.513	7,1%	Justinópolis	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Ribeirão das Neves			Ribeirão das Neves	Lagoa facultativa
Rio Acima	8.481	85,5%	Rio Acima	UASB
Sabará	129.290	-	-	-
Santa Luzia			Santa Luzia	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Santa Luzia	212.452	73,3%	Cristina	Lagoa facultativa aerada
Santa Luzia			Bom Destino Norte	Indefinido
Santa Luzia			Bom Destino Sul	Indefinido
Santana de Pirapama	3.371	85,1%	Santana de Pirapama	UASB
Santana do Riacho	2.386	-	-	-
Santo Hipólito	2.275	-	-	-
São José da Lapa	12.401	61,4%	Inácia de Carvalho	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
São José da Lapa			São José da Lapa	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Sete Lagoas			Areias	UASB
Sete Lagoas			Flórida	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário + fossa-filtro
Sete Lagoas	222.049	2,7%	Primavera	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Sete Lagoas			Tamanduá	Fossa séptica + filtro aeróbio
Sete Lagoas			Iporanga II	Fossa séptica + filtro aeróbio
Taquaraçu de Minas	1.841	-	-	-
Várzea da Palma	33.405	18,2%	Várzea da Palma	UASB
Vespasiano			Morro Alto	Lodos ativados
Vespasiano	114.365	71,0%	Nova Pampulha	UASB + filtro aeróbio + decantador secundário
Vespasiano			Vespasiano	Lodos ativados

*Índice de atendimento com coleta e tratamento, ** O efluente da ETE é não lançado em corpo hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, - Não possui coleta e tratamento de esgoto

Fonte: ANA, 2017

Tabela AI.2. Caracterização dos sistemas de tratamento de esgoto nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Município	População urbana (hab)	Índice de atendimento*	ETE	Tratamento
Belo Vale	3.406	-	-	-
Betim	403.509	77%	Petrovale	Indefinido
			Teixeirinha	UASB + filtro físico-químico
			Betim Central	UASB + Lodos Ativados
			Bandeirinhas	UASB + Lodos Ativados
			Santo Antônio	Indefinido
			Cidade Verde	Indefinido
			Cachoeira	UASB + filtro físico-químico
Bonfim	3.427	-	-	-
Brumadinho	30.962	31%	Ecológica	Fossa filtro
			Mirante	Fossa filtro
Cachoeira da Prata	3.605	29%	Cachoeira da Prata	Indefinido
Caetanópolis	8.964	86%	Caetanópolis	Filtro Aeróbio
Casa Grande	1.154	-	-	-
Congonhas	50.342	-	-	-
Conselheiro Lafaiete	124.370	38%	Bananeiras	UASB + Filtro Aeróbio + decantador
			<i>Arrudas**</i>	<i>Lodos ativados</i>
			<i>Onça**</i>	<i>UASB + filtro anaeróbio + decantador secundário</i>
Contagem	635.802	80%	Nova Contagem	UASB + filtro anaeróbio + decantador**
Cristiano Ottoni	4.201	-	-	-
Crucilândia	3.110	-	-	-
Curvelo	74.002	86%	<i>Curvelo**</i>	<i>UASB + Filtro Aeróbio + decantador secundário</i>
Desterro de Entre Rios	3.728	-	-	-
Entre Rios de Minas	10.362	-	-	-
Esmeraldas	60.385	11%	Esmeraldas	UASB + Lagoas de Estabilização
Felixlândia	11.497	-	-	-
Florestal	5.859	100%-	Florestal	Bacteriológico
Fortuna de Minas	1.965	-	-	-
Ibirité	169.519	100%-	Ibirité	Lodo Ativado + Decantador secundário + Desinfecção
Igarapé	50.744	-	-	-
Inhaúma	4.431	22%	Inhaúma	Filtro Aeróbio + Reator Aeróbio + Decantador secundário + UASB
Itatiaiuçu	6.619	-	-	-
Itaúna	84.801	-	-	-
Itaverava	2.580	-	-	-
Jeceaba	2.984	-	-	-
Juatuba	23.845	40%	Nova Esperança	UASB + Filtro Aeróbio
Lagoa Dourada	7.199	-	-	-
Maravilhas	5.195	92%	Maravilhas	Lagoa Anaeróbia
Mario Campos	13.431	-	-	-
Mateus Leme	26.205	-	-	-
Moeda	1.963	-	-	-
Ouro Branco	33.602	93%	Ouro Branco	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa
Ouro Preto	61.120	-	-	-
Papagaios	12.620	-	-	-

Município	População urbana (hab)	Índice de atendimento*	ETE	Tratamento
Pará de Minas	84.517	95%	<i>Pará de Minas**</i>	<i>UASB + Filtro Aeróbio + Decantador Secundário</i>
Paraopeba	20.708	-	-	-
Pequi	3.104	100%	Pequi	Filtro Aeróbio
Piedade dos Gerais	2.226	-	-	-
Pompéu	27.150	78%	<i>Pompéu**</i>	<i>Lagoa Facultativa</i>
Queluzito	880	100%	Queluzito	Indefinido
Resende Costa	9.150	-	-	-
Rio Manso	2.975	-	-	-
São Brás do Suaçuí	3.272	-	-	-
São Joaquim de Bicas	20.439	39%	Bicas	UASB + Filtro Aeróbio + Decantador Secundário
São José da Varginha	2.574	32%	São José da Varginha	Filtro Aeróbio
Sarzedo	28.312	82%	Sarzedo	UASB + Filtro Aeróbio
			<i>Areias**</i>	<i>UASB</i>
			<i>Flórida**</i>	<i>UASB + filtro aeróbio + decantador secundário + fossa-filtro</i>
Sete Lagoas	222.049	90%	<i>Primavera**</i>	<i>UASB + filtro aeróbio + decantador secundário</i>
			<i>Tamanduá**</i>	<i>Fossa séptica + filtro aeróbio</i>
			<i>Iporanga II**</i>	<i>Fossa séptica + filtro aeróbio</i>

*Índice de atendimento com coleta e tratamento, ** O efluente da ETE é não lançado em corpo hídrico da BHRP, - Não possui coleta e tratamento de esgoto

Fonte: ANA, 2017

ANEXO II

Tabelas relacionadas ao item 5.2.4 - Violação dos parâmetros de qualidade de água aos limites legais

Tabela AII.1. Limites legais estabelecidos pela DN COPAM/CERH nº08/2022 por classes de enquadramento

Parâmetro	Notação de referência	Unidade	Valores máximos permitidos		
			Classe 1	Classe 2	Classe 3
Alumínio dissolvido	Al _{diss}	mg/L Al	0,1	0,1	0,2
Arsênio total	As _T	mg/L As	0,01	0,01	0,033
Bário total	Ba _T	mg/L Ba	0,7	0,7	1,0
Boro total	B _T	mg/L B	0,5	0,5	0,75
Cádmio total	Cd _T	mg/L Cd	0,001	0,001	0,01
Chumbo total	Pb _T	mg/L Pb	0,01	0,01	0,033
Cianeto livre	CN ⁻	mg/L CN	0,005	0,005	0,022
Cloreto total	Cl-T	mg/L Cl	250	250	250
Clorofila <i>a</i>	Cl- <i>a</i>	µg/L	10	30	60
Cobre dissolvido	Cu _{diss}	mg/L Cu	0,009	0,009	0,013
Coliformes termotolerantes	Ind. Fec.*	NMP/100 ml	200	1000	4000
Cor verdadeira	Cor	uC	-	75	75
Cromo total	Cr _T	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO	mg/L O ₂	3	5	10
Densidade de cianobactérias	Den. Cian.	cel/ml	20000	50000	100000
Fenóis totais	Fen _T	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,003	0,003	0,01
Ferro dissolvido	Fe _{diss}	mg/L Fe	0,3	0,3	5,0
Fósforo total	P _T	mg/L P	0,1	0,1	0,15
Manganês total	Mn _T	mg/L Mn	0,1	0,1	0,5
Mercúrio total	Hg _T	mg/L Hg	0,2	0,2	2
Níquel total	N _T	mg/L Ni	0,025	0,025	0,025
Nitrato	N-NO ₃ ⁻	mg/L N	10,0	10,0	10,0
Nitrito	N-NO ₂ ⁻	mg/L N	1	1	1
Nitrogênio amoniacal total	N-NH ₄ ⁺	mg/L N	3,7: pH ≤ 7,5 2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5: pH > 8,5	3,7: pH ≤ 7,5 2,0: 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0: 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5: pH > 8,5	5,6: pH ≤ 7,5 5,6: 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2: 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0: pH > 8,5
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L O ₂	6	5	4
pH <i>in loco</i>	pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9
Selênio total	Se _T	mg/L Se	0,01	0,01	0,05
Sólidos dissolvidos totais	SDT	mg/L	500	500	500
Sólidos em suspensão totais	SST	mg/L	50	100	100
Substâncias tensoativas	Subs. Tens.	mg/L LAS	0,5	0,5	0,5
Sulfato total	SO ₄ ²⁻	mg/L SO ₄	250	250	250
Sulfeto	S ²⁻	mg/L S	0,5	0,5	0,5

Parâmetro	Notação de referência	Unidade	Valores máximos permitidos		
			Classe 1	Classe 2	Classe 3
Turbidez	Turb.	UNT	40	100	100
Zinco total	Zn _T	mg/L Zn	0,18	0,18	5

*Indicador fecal: Parâmetro indicativo da contaminação fecal, resultado da junção dos Coliformes termotolerantes e da *Escherichia coli*.

Fonte: COPAM/CERH-MG, 2008; COPAM/CERH, 2022

ANEXO III

Tabelas relacionadas ao item 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela AIII.1. Localização das estações de monitoramento selecionadas para análise na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas

Estação	Curso d'água	Classe de Enquadramento	Município	Latitude	Longitude
AV007	Rio das Velhas	Classe 1	Ouro Preto	-20,18	-43,34
AV010	Rio das Velhas	Classe 1	Ouro Preto	-20,14	-43,40
AV020	Rio Maracujá	Classe 2	Itabirito	-20,16	-43,42
AV050	Ribeirão do Silva	Classe 2	Itabirito	-20,36	-43,90
AV060	Rio Carioca	Classe 2	Itabirito	-20,17	-43,48
AV070	Rio Mata Porcos	Classe 2	Itabirito	-20,19	-43,47
AV080	Rio Itabirito	Classe 2	Itabirito	-20,16	-43,47
AV210	Rio das Velhas	Classe 2	Rio Acima	-20,05	-43,47
AV250	Ribeirão dos Macacos	Classe 1	Nova Lima	-20,01	-43,49
AV300	Córrego Cardoso	Classe 2	Nova Lima	-19,58	-43,51
AV320	Córrego da Mina	Classe 2	Raposos	-19,58	-43,49
AV340	Ribeirão da Prata	Classe 1	Raposos	-19,58	-43,48
BV013	Rio das Velhas	Classe 3	Itabirito	-20,12	-43,44
BV035	Rio Itabirito	Classe 2	Itabirito	-20,14	-43,48
BV037	Rio das Velhas	Classe 2	Rio Acima	-20,07	-43,48
BV062	Ribeirão Água suja	Classe 2	Nova Lima	-19,59	-43,49
BV067	Rio das Velhas	Classe 2	Sabará	-19,56	-43,49
BV076	Ribeirão Sabará	Classe 3	Sabará	-19,53	-43,48
BV083	Rio das Velhas	Classe 3	Sabará	-19,50	-43,51
BV105	Rio das Velhas	Classe 3	Santa Luzia	-19,47	-43,52
BV130	Rio das Velhas	Classe 2	Vespasiano	-19,41	-43,52
BV133	Rio Vermelho	Classe 1	Nova União	-19,41	-43,35
BV135	Ribeirão Taquaraçu	Classe 1	Jaboticatubas, Santa Luzia	-19,36	-43,47
BV136	Rio Jaboticatubas	Classe 1	Jaboticatubas	-19,27	-43,54
BV137	Rio das Velhas	Classe 3	Lagoa Santa	-19,32	-43,54
BV138	Rio das Velhas	Classe 3	Lagoa Santa	-19,31	-43,55
BV139	Rio das Velhas	Classe 2	Rio Acima	-20,03	-43,49
BV140	Ribeirão Jequitibá	Classe 2	Jequitibá	-19,15	-44,02
BV141	Rio das Velhas	Classe 2	Santana de Pirapama	-19,01	-44,02
BV142	Rio das Velhas	Classe 2	Inimutaba, Presidente Juscelino	-18,32	-44,10
BV143	Rio Paraúna	Classe 1	Presidente Juscelino	-18,38	-44,02
BV144	Ribeirão da Onça	Classe 2	Cordisburgo	-19,06	-44,19
BV145	Rio Pardo Pequeno	Classe 1	Monjolos	-18,18	-44,09
BV146	Rio das Velhas	Classe 2	Augusto de Lima, Corinto	-18,12	-44,21
BV147	Rio Bicudo	Classe 2	Corinto	-18,07	-44,32
BV148	Rio das Velhas	Classe 2	Várzea da Palma	-17,36	-44,41
BV149	Rio das Velhas	Classe 2	Várzea da Palma	-17,12	-44,49
BV150	Rio das Velhas	Classe 2	Santo Hipólito	-18,28	-44,11
BV151	Rio das Velhas	Classe 2	Lassance	-17,51	-44,32

Estação	Curso d'água	Classe de Enquadramento	Município	Latitude	Longitude
BV152	Rio das Velhas	Classe 2	Santo Hipólito	-18,18	-44,14
BV153	Rio das Velhas	Classe 3	Santa Luzia	-19,42	-43,50
BV154	Ribeirão do Onça	Classe 3	Santa Luzia	-19,49	-43,52
BV155	Ribeirão Arrudas	Classe 3	Sabarará	-19,52	-43,51
BV156	Rio das Velhas	Classe 2	Baldim	-19,16	-44,00
BV160	Ribeirão das Neves	Classe 2	Pedro Leopoldo	-19,37	-44,02
BV161	Ribeirão Santo Antônio	Classe 2	Inimutaba	-18,43	-44,14
BV162	Rio Cipó	Classe 1	Presidente Juscelino	-18,41	-43,59
SC03	Córrego Caeté	Classe 2	Caeté	-19,52	-43,40
SC10	Ribeirão do Onça	Classe 3	Santa Luzia	-19,49	-43,54
SC12	Ribeirão Areias	Classe 2	Ribeirão das Neves	-19,48	-44,02
SC13	Ribeirão Areias	Classe 2	Ribeirão das Neves	-19,48	-44,01
SC14	Ribeirão Poderoso	Classe 2	Santa Luzia	-19,46	-43,54
SC16	Rio das Velhas	Classe 3	Santa Luzia	-19,42	-43,49
SC17	Ribeirão da Mata	Classe 2	Vespasiano	-19,41	-43,54
SC19	Ribeirão das Neves	Classe 2	Pedro Leopoldo	-19,39	-44,03
SC21	Ribeirão da Mata	Classe 2	Pedro Leopoldo	-19,38	-44,00
SC22	Ribeirão da Mata	Classe 2	Matozinhos	-19,34	-44,04
SC23	Ribeirão da Mata	Classe 2	Pedro Leopoldo	-19,36	-44,03
SC24	Ribeirão Jequitibá	Classe 2	Presidente de Moraes	-19,28	-44,10
SC25	Córrego do Diogo	Classe 2	Sete Lagoas	-19,27	-44,14
SC26	Ribeirão do Matadouro	Classe 2	Sete Lagoas	-19,26	-44,12
SC27	Ribeirão do Chiqueiro	Classe 1	Gouveia	-18,26	-43,44
SC28	Ribeirão do Chiqueiro	Classe 1	Gouveia	-18,30	-43,45
SC30	Rio Paraúna	Classe 1	Presidente Juscelino	-18,37	-44,03
SC33	Rio Curumataí	Classe 2	Augusto de Lima	-18,06	-44,18
SC39	Córrego Matadouro	Classe 2	Corinto	-18,20	-44,24

Fonte: IGAM, 2018

Tabela AIII.2. Estações de monitoramento de qualidade das águas superficiais selecionadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba – SF3

Estação	Curso d'água	Classe de Enquadramento	Município	Latitude	Longitude
BP022	Rio Paraopeba	Classe 2	Cristiano Ottoni	-20,84	-43,8
BP024	Rio Brumado	Classe 1	Entre Rios de Minas	-20,65	-44,06
BP026	Rio Camapuã	Classe 1	Jeceaba	-20,56	-43,99
BP027	Rio Paraopeba	Classe 2	Congonhas Jeceaba	-20,51	-43,98
BP029	Rio Paraopeba	Classe 2	Belo Vale	-20,41	-44,03
BP032	Rio Macaúbas	Classe 1	Bonfim	-20,32	-44,15
BP036	Rio Paraopeba	Classe 2	Brumadinho	-20,2	-44,12
BP066	Rio Veloso	Classe 2	Itatiaiuçu	-20,17	-44,38
BP068	Rio Paraopeba	Classe 2	Mário Campos; São Joaquim de Bicas	-20,1	-44,21
BP069	Ribeirão Serra Azul	Classe 1	Juatuba	-19,95	-44,34

Estação	Curso d'água	Classe de Enquadramento	Município	Latitude	Longitude
BP070	Rio Paraopeba	Classe 2	Betim; São Joaquim de Bicas	-20,04	-44,25
BP071	Rio Betim	Classe 3	Betim; Juatuba	-19,97	-44,27
BP072	Rio Paraopeba	Classe 2	Betim	-19,94	-44,31
BP073	Ribeirão das Areias ou Riacho das Pedras	Classe 2	Betim	-19,96	-44,2
BP074	Ribeirão dos Macacos	Classe 1	Cachoeira da Prata	-19,52	-44,46
BP076	Ribeirão São João	Classe 2	Inhaúma; Paraopeba	-19,43	-44,52
BP078	Rio Paraopeba	Classe 2	Curvelo; Pompéu	-19,17	-44,71
BP079	Rio Paraopeba	Classe 1	Congonhas; Conselheiro Lafaiete; São Brás do Suaçuí	-20,6	-43,91
BP080	Rio Maranhão	Classe 2	Congonhas	-20,51	-43,9
BP082	Rio Paraopeba	Classe 2	Esmeraldas; São José da Varginha	-19,67	-44,48
BP083	Rio Paraopeba	Classe 2	Papagaios, Paraopeba	-19,37	-44,53
BP084	Rio Maranhão	Classe 2	Conselheiro Lafaiete	-20,6	-43,8
BP086	Ribeirão Sarzedo	Classe 2	Betim; Mário Campos	-20,05	-44,19
BP088	Rio Betim	Classe 1	Betim	-19,91	-44,17
BP090	Ribeirão Grande	Classe 2	Esmeraldas	-19,81	-44,39
BP092	Ribeirão Casa Branca	Classe 1	Brumadinho	-20,11	-44,06
BP094	Ribeirão Catarina	Classe 1	Brumadinho	-20,12	-44,04
BP096	Rio Manso	Classe 2	Brumadinho	-20,14	-44,22
BP098	Ribeirão do Cedro	Classe 2	Caetanópolis, Paraopeba	-19,3	-44,48

Fonte: IGAM, 2018