

QUALIDADE DA ÁGUA E SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO NA SUB-BACIA DO RIO DO PEIXE

WATER QUALITY AND SUSTAINABILITY: A CASE STUDY IN THE RIO DO PEIXE SUB-BASIN

CALIDAD DEL AGUA Y SOSTENIBILIDAD: UN ESTUDIO DE CASO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO DO PEIXE

Fabília Nunes de Jesus¹
Sthefany Elaine Santana de Almeida²
Agostinho Ferreira³

RESUMO: A água é um elemento indispensável para a vida e para o funcionamento das atividades humanas. No entanto, a qualidade dos recursos hídricos tem sido comprometida por interferências ambientais, como o lançamento de esgoto, atividades de mineração e o uso inadequado do solo. O presente trabalho avaliou a qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe, no município de Itabira (MG), especialmente no trecho que recebe os efluentes tratados da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Laboreaux. Analisou-se a conformidade da água com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005 e da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022 para corpos hídricos de Classe 2. Foram realizadas coletas em dois pontos do rio em dezembro de 2024 (período chuvoso) e junho de 2025 (período seco), com análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em laboratório certificado, segundo a APHA (2012). Os resultados revelaram não conformidades em parâmetros como coliformes fecais (>160.000 NMP/100mL em junho de 2025), DBO (até 20 mg/L), DQO (até 47 mg/L), ferro total e oxigênio dissolvido (mínimo de 3,1 mg/L). Conclui-se que o Rio do Peixe apresenta evidências significativas de poluição orgânica e contaminação fecal, incompatíveis com sua classificação como Classe 2, reforçando a necessidade de ações de saneamento básico, monitoramento contínuo e educação ambiental.

Palavras-chave: Qualidade da Água. Rio do Peixe. Poluição Orgânica.

¹Doutora em Educação Matemática, Professora Titular. Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

²Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

³ Mestre em Física Médica, Co-orientador. Professor Titular, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

ABSTRACT: Water is an essential element for life and for the proper functioning of human activities. However, the quality of water resources has been increasingly compromised by environmental impacts, such as sewage discharge, mining activities, and improper land use. The present study evaluated the water quality of the Rio do Peixe sub-basin, in the municipality of Itabira (MG), especially in the stretch receiving treated effluents from the Laboreaux Wastewater Treatment Plant (WWTP). Compliance with the standards of CONAMA Resolution no. 357/2005 and Joint Normative Resolution COPAM/CERH-MG no. 8/2022 for Class 2 water bodies was assessed. Samples were collected at two points in December 2024 (rainy season) and June 2025 (dry season), with physicochemical and microbiological analysis in a certified laboratory following APHA (2012). Results revealed non-conformities in fecal coliforms ($>160,000$ MPN/100mL in June 2025), BOD (up to 20 mg/L), COD (up to 47 mg/L), total iron, and dissolved oxygen (minimum 3.1 mg/L). It is concluded that the Rio do Peixe presents significant evidence of organic pollution and fecal contamination, incompatible with its Class 2 classification, reinforcing the need for sanitation actions, continuous monitoring, and environmental education.

Keywords: Water Quality. Rio do Peixe. Organic Pollution.

RESUMEN: El agua es un elemento indispensable para la vida y para el funcionamiento de las actividades humanas. Sin embargo, la calidad de los recursos hídricos ha sido comprometida por interferencias ambientales como el vertido de aguas residuales, la minería y el uso inadecuado del suelo. El presente estudio evaluó la calidad del agua en la subcuenca hidrográfica del Río do Peixe, en el municipio de Itabira (MG), especialmente en el tramo que recibe los efluentes tratados de la Estación de Tratamiento de Aguas Residuales (ETAR) Laboreaux. Se analizó la conformidad del agua con los estándares de la Resolución CONAMA n.º 357/2005 y la Resolución Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 8/2022 para cuerpos hídricos de Clase 2. Los resultados evidenciaron contaminación fecal severa y polución orgánica, incompatibles con la clasificación vigente del río.

2

Palabras clave: Calidad del Agua. Río do Peixe. Contaminación Orgánica.

I INTRODUÇÃO

A água cobre aproximadamente 71% da superfície da Terra, sendo o recurso mais abundante do planeta (SOUSA, 2024). Quantitativamente, cerca de 97% dessa água está nos oceanos em forma salina; dos 3% restantes, 2,2% está na forma de gelo nos polos, 0,6% abaixo da superfície do solo, 0,1% na atmosfera e apenas 0,1% disponível em rios e lagos.

O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial intensificam a poluição das águas por causas naturais e antropogênicas: descarga de efluentes industriais (ANA, 2013); esgoto doméstico com matéria orgânica, vírus e bactérias (IBGE, 2024); resíduos agrícolas com fertilizantes e pesticidas; e mineração liberando ácidos e metais pesados (WHO, 2024), tornando cada vez mais crítica a situação dos recursos hídricos.

A caracterização da qualidade da água possibilita seu manejo adequado e subsidia ações de planejamento e gestão dos corpos hídricos (ANA, 2013). Além da análise laboratorial, a percepção ambiental da comunidade ribeirinha representa elemento complementar importante, revelando como os moradores compreendem os impactos da poluição antes mesmo de qualquer diagnóstico técnico.

O Rio do Peixe, localizado em Itabira (MG), nasce na Serra da Conceição e percorre 56,68 km até desaguar no Rio Piracicaba. É utilizado como corpo receptor de efluentes tratados pela ETE Laboreaux, operada pelo SAAE, e como sistema produtor de abastecimento de água para a cidade desde 2015 (SAAE, 2021). A qualidade desse corpo hídrico reflete diretamente na qualidade de vida da população e na preservação dos ecossistemas circundantes.

Diante disso, esta pesquisa buscou responder: a água do Rio do Peixe, utilizada pelos ribeirinhos, está dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental e dos princípios da sustentabilidade? O objetivo geral foi avaliar a qualidade da água em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos em dois períodos sazonais distintos.

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem quali-quantitativa, objetivo explicativo e procedimentos técnicos bibliográficos e experimentais (LAKATOS; MARCONI, 2003).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da Água

A água é elemento intrínseco aos delicados equilíbrios da vida e desempenha papel central nos ecossistemas, sendo força motriz da biodiversidade (ANA, 2013; BRAGA et al., 2005). Além de essencial para a vida, contribui para os ciclos biogeoquímicos do carbono, nitrogênio e fósforo, transportando nutrientes essenciais e sustentando o equilíbrio dos ecossistemas.

A poluição e as mudanças climáticas alteram os padrões naturais da água, ameaçando a estabilidade ecossistêmica e comprometendo populações humanas (CONNOR, 2021). A eutrofização, causada pelo excesso de nutrientes como nitrogênio e fósforo, resulta em florescimento excessivo de algas, formando zonas mortas e privando organismos aquáticos de

oxigênio (OLIVEIRA, 2022). A preservação dos rios é responsabilidade compartilhada da sociedade para garantir a qualidade ambiental às gerações futuras.

2.2 Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe

A sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe abrange os municípios de Itabira e Nova Era (MG), com área de drenagem aproximada de 410 km² (BONFIM et al., 2013). O rio nasce na Serra da Conceição, tem extensão de 56,68 km, drena 1.092,5 km² e possui vazão média anual de 13,8 m³/s, em região de clima tropical com precipitação anual entre 1.200 e 1.600 mm.

A bacia sustenta biodiversidade composta por floresta estacional semidecidual, cerrado, campos rupestres e áreas antropizadas, com espécies endêmicas e ameaçadas como bromélia e orquídea. A fauna inclui lobo-guará, onça-parda, macaco-prego e tucano-de-bico-verde (OLIVEIRA; SILVA, 2016). Por estar inserida em área de mineração e zona urbana, o rio está vulnerável a impactos como assoreamento, erosão e poluição. Paiva et al. (2019) registraram alto grau de poluição orgânica no Rio do Peixe, caracterizado por baixo teor de oxigênio dissolvido e elevada DBO.

2.3 Esgoto e Tratamento

O esgoto doméstico refere-se aos resíduos líquidos produzidos pelas atividades residenciais diárias. A falta de tratamento adequado pode acarretar contaminação microbiológica, bactérias, vírus e parasitas, representando risco à saúde humana (SANTOS et al., 2012). Segundo Von Sperling (2014), o sistema de coleta direciona esses resíduos para estações de tratamento onde impurezas e micro-organismos são removidos antes do descarte no ambiente.

Em Itabira, a ETE Laboreaux, pertencente ao SAAE, localiza-se às margens do Rio do Peixe e opera desde 2008 em tratamento nível secundário. A estrutura total possui capacidade para vazão média prevista de 313 L/s, enquadrada como Classe 4 (porte grande e potencial poluidor médio) pela DN COPAM nº 217/2017. O processo adotado inclui gradeamento, desarenação, reator UASB, filtro biológico percolador e decantação secundária (VON SPERLING, 2005; SAAE, 2021). Segundo o IBGE (2022), Itabira possui cobertura de 93,41% da população com esgotamento sanitário.

2.4 Parâmetros de Qualidade da Água

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água são regulados pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (que complementa e altera a Resolução nº 357/2005), estabelecendo condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água. Os principais parâmetros analisados neste estudo são descritos a seguir.

pH: Mede a acidez ou alcalinidade da água (escala de 0 a 14). Variações extremas prejudicam a sobrevivência e reprodução de espécies aquáticas e influenciam a disponibilidade de nutrientes e a solubilidade de metais (WETZEL, 2001).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio): Indica a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição biológica da matéria orgânica. Valores elevados comprometem o oxigênio dissolvido, prejudicando peixes e demais organismos, podendo intensificar processos anaeróbios com liberação de H_2S , CH_4 e NH_3 (VON SPERLING, 2005).

DQO (Demanda Química de Oxigênio): Mede a quantidade de oxigênio para oxidação química dos compostos orgânicos. Fornece medida mais abrangente da carga orgânica, especialmente útil para compostos recalcitrantes como pesticidas e derivados do petróleo (VON SPERLING, 2005).

Sólidos Totais: Representam a quantidade total de sólidos na água. Valores elevados podem afetar a transparência e impactar negativamente a vida aquática.

Nitrogênio e Fósforo: Em excesso, causam eutrofização, com aumento excessivo de algas e diminuição do oxigênio dissolvido. Nitratos e nitritos em altas concentrações representam riscos à saúde humana, associados à formação de nitrosaminas potencialmente cancerígenas (BRASIL, 2021; WHO, 2017).

Coliformes Fecais: Bactérias indicadoras de contaminação fecal, sinalizando possível presença de patógenos prejudiciais à saúde. A *Escherichia coli* é o principal indicador, mas sua presença pode ser de origem animal ou humana (VON SPERLING, 2014).

Turbidez: Determinada pelo grau de redução da intensidade de luz ao atravessar a amostra. Partículas em suspensão — areia, argila, algas e bactérias — comprometem a fotossíntese e podem transportar microrganismos patogênicos (CETESB, 2017; APHA, 2017).

Ferro e Manganês: A presença em concentrações elevadas afeta coloração, sabor e odor da água. Em regiões de mineração como Itabira, a atividade antrópica intensifica o aporte desses metais (VON SPERLING, 2014).

Oxigênio Dissolvido (OD): Essencial para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Níveis abaixo de 5 mg/L indicam degradação ambiental, sendo influenciados por temperatura, pressão e presença de matéria orgânica (WETZEL, 2001).

2.5 Legislação Ambiental

O arcabouço legal brasileiro referente à qualidade da água inclui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), a Lei que institui a ANA (Lei nº 9.984/2000), a Resolução CONAMA nº 357/2005, que classifica as águas e estabelece padrões de qualidade, a Resolução CONAMA nº 430/2011, que define condições de lançamento de efluentes, a Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022, que estabelece a classificação dos corpos d'água superficiais em Minas Gerais.

2.6 Percepção Ambiental

A percepção ambiental refere-se à forma como comunidades compreendem e reagem às condições ambientais. Kishore et al. (2018) observaram que essa percepção interfere diretamente nos hábitos de consumo. Silva et al. (2020) constataram que comunidades com maior acesso à informação acompanham mais atentamente a qualidade da água. Figueiredo et al. (2017) ressaltam que aspectos socioeconômicos e culturais influenciam a avaliação dos riscos, especialmente em regiões rurais, onde o risco pode ser subestimado por práticas tradicionais.

3 METODOLOGIA

A pesquisa é classificada como aplicada quanto à sua natureza; exploratória e explicativa quanto aos objetivos (LAKATOS; MARCONI, 2003); quali-quantitativa quanto à abordagem e bibliográfica e experimental quanto aos procedimentos técnicos.

A área de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica do Rio do Peixe em Itabira (MG), município de 1.253 km² inserido no Quadrilátero Ferrífero, com população estimada de 113.343 habitantes (IBGE, 2024) e clima tropical de altitude (Cwa), temperatura média anual de 20 °C e índice pluviométrico de aproximadamente 1.387 mm/ano.

Foram definidos dois pontos estratégicos de coleta: P1 (montante, antes da ETE — coordenadas 19°38'41"S / 43°10'40"W) e P2 (jusante, após o lançamento de efluentes — coordenadas 19°38'46"S / 43°10'25"W), distantes 469 m entre si. As coletas ocorreram em

02/12/2024 (período chuvoso, precipitação acumulada de ~294 mm em dezembro) e 04/06/2025 (período seco, precipitação acumulada de ~10 mm em junho), (Figura 1).

Figura 1- Demarcação de pontos de coleta de água para análise



Fonte: Google Earth, 2024.

As amostras foram analisadas pelo laboratório Phyllomedusa (CNPJ nº 12.365.519/0001-52), em Itabira (MG), conforme os procedimentos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012/2017), atendendo aos critérios das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 430/2011. Os parâmetros analisados foram: coliformes termotolerantes, DBO, DQO, ferro total, fósforo total, manganês total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez.

Complementarmente, foram realizadas planilhas de campo com percepção ambiental qualitativa (odor, coloração, espuma, material flutuante, presença de lançamentos de efluentes, entre outros) em ambos os pontos e períodos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percepção Ambiental

As observações de campo (Quadro 1), indicaram comprometimento evidente da qualidade da água nos dois pontos monitorados. Em dezembro de 2024, foram registrados espuma e odor em ambos os pontos, lançamento de efluentes domésticos e da ETE e condições chuvosas que favoreceram o transporte de contaminantes difusos (ANA, 2021; TUCCI, 2008). Em junho de 2025, além dos fatores anteriores, foram observados fuligem e resíduos sólidos nas

margens, com ausência de chuvas. A presença de dessedentação de animais no Ponto 2 nos dois períodos reforça o comprometimento qualitativo desse trecho do rio.

Quadro 1 - Percepção ambiental em campo: dezembro/2024 e junho/2025

Parâmetro	Dez/24 P1	Dez/24 P2	Jun/25 P1	Jun/25 P2
Espuma (material flutuante não natural)	SIM	SIM	SIM	SIM
Odor	SIM	SIM	SIM	SIM
Correntes antrópicas	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Presença de fuligem	NÃO	NÃO	SIM	SIM
Resíduos sólidos nas margens	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Mortandade de organismos aquáticos	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Lançamento de efluentes/ETE	SIM	SIM	SIM	SIM
Dessedentação de animais	NÃO	SIM	NÃO	SIM
Condições chuvosas/turbação	SIM	SIM	NÃO	NÃO

Fonte: Autoria própria, 2024/2025.

4.2 Avaliação da Qualidade da Água

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nos dois pontos de coleta em dezembro de 2024 e junho de 2025, comparados aos Valores Máximos Permitidos (VMP) para corpos hídricos de Classe 2, conforme a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022.

Tabela 1 - Resultados das análises nos pontos P1 e P2 do Rio do Peixe em dois períodos — seco e chuvoso

Parâmetro	Dez/2024 P1	Dez/2024 P2	Jun/2025 P1	Jun/2025 P2	VMP Classe 2
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	>1.600*	>1.600*	>160.000*	>160.000*	<1.000
DBO (mg/L)	9,0*	9,0*	20,0*	8,0*	5,0
DQO (mg/L)	<25	44	47	<25	N.E.
Ferro Total (mg/L)	0,91*	1,45*	0,10	0,10	0,3
Fósforo Total (mg/L)	0,56	0,50	0,11	0,10	Conforme corpo hídrico
Manganês Total (mg/L)	0,075	0,145*	<0,05	<0,05	0,1

Nitrogênio Total (mg/L)	0,55	0,40	0,42	0,32	Máx. 3,7 (pH<7,5)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,7	4,4*	3,1*	3,4*	>5,0
pH	7,53	7,28	7,22	7,05	6,0–9,0
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	<10,0	14	18	<10,0	100
Turbidez (NTU)	20,4	32,9	25,4	18,06	100

Fonte: Autoria própria, 2025.

Nota: (*) Valores acima do VMP para Classe 2. N.E.: Não Especificado.

4.3 Discussão dos Parâmetros de Qualidade da Água

Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH, no mês de dezembro de 2024, estiveram entre 7,28 (ponto 2) e 7,53 (ponto 1). Nota-se que os valores mais elevados de pH foram registrados durante o período chuvoso. Esse comportamento pode estar associado à maior diluição de compostos ácidos, devido ao aumento da vazão do rio, ou ainda à presença de águas com características mais alcalinas, provenientes do escoamento superficial.

Os valores de pH, no mês de junho de 2025, estiveram entre 7,05 (ponto 1) e 7,22 (ponto 2), durante o período de seca, o que pode estar relacionado à menor vazão e à maior concentração de substâncias no corpo hídrico. Os valores permaneceram dentro da faixa de 6,0 a 9,0 em todos os pontos e períodos (7,05 a 7,53), em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005. A ligeira redução no período seco pode estar relacionada à menor diluição e maior concentração de substâncias no corpo hídrico. Wetzel (2001) e Von Sperling (2014) ressaltam que a estabilidade do pH é fundamental para manter a disponibilidade de nutrientes e reduzir o risco de solubilização de metais.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Demanda química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresentou comportamento diferenciado entre os pontos de coleta. O Ponto 1 registrou valores inferiores a 25 mg/L nos dois períodos, enquanto o Ponto 2 atingiu 44 mg/L em dezembro de 2024 e 47 mg/L em junho de 2025. Esses resultados no Ponto 2, situado após o lançamento dos efluentes da ETE, sugerem aporte de compostos orgânicos que não são completamente removidos pelo tratamento secundário, incluindo potencialmente compostos recalcitrantes como surfactantes, medicamentos e

produtos de higiene presentes no esgoto doméstico. A relação DBO/DQO calculada para o Ponto 2 situa-se em torno de 0,20 no período chuvoso, indicando predominância de compostos de baixa biodegradabilidade, fração que exigiria tratamento terciário para remoção adequada.

Von Sperling (2014) esclarece que valores elevados de DQO associados à DBO alta configuram cenário de contaminação orgânica ativa, com potencial de impacto prolongado sobre o ecossistema aquático. Embora a legislação brasileira não estabeleça limite específico para DQO em corpos receptores, a CETESB (2022) adota como referência crítica valores superiores a 25 mg/L em rios de uso múltiplo, reforçando a relevância dos resultados obtidos como indicadores de degradação ambiental.

Sólidos Dissolvidos Totais

Os sólidos dissolvidos totais (SDT) mantiveram-se significativamente abaixo do limite de 100 mg/L estabelecido para Classe 2 em todos os pontos e períodos, variando entre <10,0 mg/L e 18 mg/L. Esse resultado positivo distingue-se dos demais parâmetros comprometidos e pode ser interpretado sob duas perspectivas. No período chuvoso, a diluição promovida pela precipitação reduz a concentração de sólidos dissolvidos, mesmo com maior transporte de material particulado. No período seco, a ausência de escoamento superficial intenso limita o aporte de material mineral ao leito do rio.

10

A cobertura vegetal remanescente nas margens da sub-bacia também contribui para a retenção de sedimentos. Apesar da conformidade com o padrão legal, Von Sperling (2005) alerta que concentrações mesmo moderadas de SDT podem interferir indiretamente na qualidade da água ao interagir com metais e nutrientes, facilitando o transporte de contaminantes ao longo do curso d'água.

Nitrogênio e Fósforo

O nitrogênio total variou entre 0,32 e 0,55 mg/L, valores dentro dos limites estabelecidos para pH abaixo de 7,5 pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022 (máx. 3,7 mg/L). Contudo, a presença constante de nitrogênio em concentrações mensuráveis nos dois pontos e períodos sinaliza contaminação de origem orgânica. Em ambientes com baixo oxigênio dissolvido como o registrado em junho de 2025, o nitrogênio tende a se apresentar na forma amoniacal, que é mais tóxica à biota aquática do que o nitrato. Von Sperling (2005) observa que a predominância de formas reduzidas de nitrogênio é indicativa de poluição

recente, associada ao lançamento de esgoto não estabilizado. O fósforo total apresentou variação mais ampla, de 0,10 a 0,56 mg/L. Os valores mais elevados foram registrados no período chuvoso, refletindo o escoamento de solos fertilizados e superfícies impermeabilizadas urbanas.

A CONAMA nº 357/2005 prevê que o fósforo deve atender a padrões específicos conforme o enquadramento do corpo hídrico; concentrações acima de 0,03 mg/L já são suficientes para desencadear processos de eutrofização em ambientes lênticos (EMBRAPA, 2019). Mesmo em rios de fluxo contínuo como o Rio do Peixe, o excesso de fósforo favorece o desenvolvimento de algas e cianobactérias, com potencial de produção de toxinas prejudiciais à fauna aquática e à saúde humana.

Coliformes Fecais

Os coliformes termotolerantes apresentaram os resultados mais alarmantes do estudo. Em dezembro de 2024, ambos os pontos registraram valores superiores a 1.600 NMP/100mL, já acima do limite de 1.000 NMP/100mL para Classe 2. Em junho de 2025, os valores ultrapassaram 160.000 NMP/100mL em ambos os pontos — excedência de 160 vezes o VMP legal. A contaminação fecal de tal magnitude indica falha estrutural no tratamento de esgoto, com contribuição provável de ligações clandestinas, escoamento de fossas, extravasamentos da rede coletora e escoamento superficial em áreas ocupadas irregularmente nas margens. A diferença entre os períodos chuvoso e seco merece análise cuidadosa: embora a chuva promova diluição, ela também mobiliza cargas difusas de fezes de animais e efluentes não coletados, o que explica os valores ainda elevados em dezembro. No período seco, a redução da vazão concentra os contaminantes já lançados de forma pontual, resultando nos picos observados em junho.

Do ponto de vista epidemiológico, concentrações dessa ordem inviabilizam completamente qualquer uso direto da água: abastecimento, recreação de contato primário e irrigação de hortaliças consumidas cruas. Os agentes associados incluem *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., vírus entéricos, *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium parvum*, patógenos resistentes a tratamentos convencionais de cloração e capazes de provocar surtos de doenças de veiculação hídrica, especialmente em crianças, idosos e imunossuprimidos (FUNASA, 2014; WHO, 2017). A situação exige monitoramento permanente, rastreamento das fontes pontuais e intervenção imediata nas infraestruturas de saneamento da bacia.

Turbidez

Os valores de turbidez (18,06 a 32,9 NTU) situaram-se dentro do limite legal de 100 NTU para Classe 2, com os maiores registros no Ponto 2 durante o período chuvoso, o que é esperado dado o maior transporte de sedimentos nessa condição hidrológica. Apesar de dentro do padrão, os valores obtidos não devem ser interpretados como ausência de risco. Segundo Libânio (2010), a turbidez em rios brasileiros é influenciada pela textura do solo, práticas agrícolas inadequadas e regime pluviométrico. Apha (2017) adverte que partículas em suspensão podem funcionar como vetores de microrganismos patogênicos, metais pesados e pesticidas, dificultando o tratamento da água e reduzindo a eficiência da desinfecção por cloro. No contexto do Rio do Peixe, a turbidez deve ser monitorada conjuntamente com os demais parâmetros, pois sua elevação durante o período chuvoso coincide com o aumento de outros contaminantes carregados pelo escoamento superficial urbano.

Ferro e Manganês

O ferro total excedeu o VMP de 0,3 mg/L em dois pontos do período chuvoso: 0,91 mg/L no Ponto 1 e 1,45 mg/L no Ponto 2 de dezembro de 2024, este último representando quase cinco vezes o limite legal. No período seco, ambos os pontos registraram 0,10 mg/L, abaixo do VMP, indicando que a pluviosidade é o principal vetor de entrada desse metal no corpo hídrico. A explicação está na geologia regional: Itabira situa-se no Quadrilátero Ferrífero, com solos e rochas naturalmente ricos em óxidos de ferro. As chuvas lixiviam esse material e o transportam até os corpos d'água, efeito potencializado pela atividade mineradora que expõe continuamente material ferrífero ao intemperismo.

O manganês atingiu 0,075 mg/L no Ponto 1 e 0,145 mg/L no Ponto 2 em dezembro de 2024, superando o limite de 0,1 mg/L neste segundo ponto. Em junho de 2025, ambos os pontos registraram valores inferiores a 0,05 mg/L, confirmando o padrão sazonal associado à pluviosidade. A Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece que ferro acima de 0,3 mg/L e manganês acima de 0,1 mg/L são inadequados para consumo humano, podendo causar alterações organolépticas (sabor metálico, coloração amarelada), distúrbios gastrointestinais e, em exposição crônica ao manganês, efeitos neurológicos em grupos vulneráveis (WHO, 2017). Em ambientes aquáticos, o excesso desses metais pode acumular-se nos sedimentos, afetando organismos bentônicos e perturbando a cadeia alimentar (VON SPERLING, 2014).

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é considerado o indicador mais direto da saúde ecológica de um corpo hídrico. Os resultados obtidos revelam situação crítica, especialmente no período seco: em junho de 2025, os valores caíram para 3,1 mg/L no Ponto 1 e 3,4 mg/L no Ponto 2, representando respectivamente 38% e 32% abaixo do mínimo exigido de 5,0 mg/L para Classe 2. No período chuvoso (dezembro de 2024), apenas o Ponto 1 atingiu o limite mínimo (5,7 mg/L), enquanto o Ponto 2 registrou 4,4 mg/L, já em não conformidade. A relação entre os baixos valores de OD e a DBO elevada é direta: a decomposição bacteriana da matéria orgânica consome o oxigênio disponível, criando condições progressivamente anaeróbias. Em ambientes com OD inferior a 3,0 mg/L, ocorre mortandade de peixes sensíveis e redução severa da biodiversidade aquática; abaixo de 2,0 mg/L, praticamente nenhuma espécie de peixe sobrevive (VON SPERLING, 2005).

Os processos anaeróbios que se instalam nessas condições favorecem a produção de sulfeto de hidrogênio (H_2S), metano (CH_4) e amônia (NH_3), compostos tóxicos e malcheirosos que degradam ainda mais a qualidade ambiental e tornam a água inadequada para qualquer uso sem tratamento avançado. A ausência de turbulência natural e a retificação do canal em trechos próximos à ETE reduzem a reaeração natural, agravando o déficit de OD. Segundo a FUNASA (2014), águas com OD cronicamente reduzido e alta carga orgânica configuram ambiente propício à sobrevivência e multiplicação de microrganismos patogênicos, constituindo risco sanitário grave que demanda intervenção urgente.

A análise integrada dos parâmetros permite identificar dois padrões complementares de degradação ambiental no Rio do Peixe. O primeiro é estrutural: a contaminação fecal intensa, a DBO acima do limite e o OD reduzido apontam para o lançamento contínuo de esgoto com tratamento insuficiente, problema que persiste independentemente da estação do ano. O segundo é sazonal: os metais (ferro e manganês) e a turbidez se elevam no período chuvoso pelo escoamento superficial intensificado pela atividade mineradora e pela urbanização da bacia, enquanto os parâmetros microbiológicos e orgânicos se concentram no período seco pela redução da vazão e do poder de diluição do rio. Essa sobreposição de fontes de poluição pontual e difusa, permanente e sazonal e exige respostas igualmente integradas: ampliação e eficiência da ETE, controle de ligações clandestinas, recuperação da vegetação ciliar, monitoramento contínuo e engajamento da comunidade local. A percepção ambiental registrada nas planilhas de campo, com moradores e animais expostos às condições observadas, reforça que o problema

vai além dos números: trata-se de uma questão de saúde pública e de justiça ambiental para as populações ribeirinhas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho avaliou a qualidade da água do Rio do Peixe em Itabira (MG) por meio de análises físico-químicas e microbiológicas em dois pontos e dois períodos sazonais distintos, verificando a conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8/2022.

Os resultados demonstraram que o Rio do Peixe apresenta evidências significativas de poluição orgânica e contaminação fecal, incompatíveis com sua classificação como corpo hídrico de Classe 2. Parâmetros como pH, turbidez e sólidos dissolvidos totais mantiveram-se dentro dos limites aceitáveis; contudo, DBO, DQO, ferro total, oxigênio dissolvido e, especialmente, os coliformes fecais apresentaram valores preocupantes e fora dos padrões legais. O pico de coliformes em junho de 2025 (>160.000 NMP/100mL) configura cenário de risco sanitário grave, associado ao lançamento de esgoto insuficientemente tratado.

A sazonalidade mostrou-se determinante: o período seco concentrou poluentes por redução da vazão, enquanto o período chuvoso, embora diluindo contaminantes microbiológicos, intensificou o aporte de metais e sedimentos por escoamento superficial. Esses dados reforçam a necessidade de monitoramento em múltiplos períodos do ciclo hidrológico.

Entre as limitações inerentes ao presente estudo, destaca-se o recorte amostral restrito a dois pontos de coleta e a dois períodos de monitoramento, o que limita a análise de variações sazonais mais amplas e a identificação de tendências anuais na dinâmica da qualidade da água. Ainda assim, os resultados obtidos oferecem contribuições relevantes ao diagnóstico ambiental do sistema hídrico investigado, constituindo um ponto de partida consistente para o aprofundamento de estudos e para o fortalecimento de estratégias de gestão e monitoramento.

Nesse sentido, investigações futuras podem ampliar o número de pontos e campanhas de amostragem, incorporando diferentes períodos hidrológicos e variáveis ambientais que permitam compreender com maior robustez a variabilidade espaço-temporal do sistema. Recomenda-se, ainda, a inclusão de parâmetros adicionais, como a determinação de metais potencialmente tóxicos e resíduos de pesticidas, bem como a integração de abordagens multidisciplinares que articulem o monitoramento da qualidade da água com ações de educação ambiental, planejamento urbano e gestão territorial.

Paralelamente, do ponto de vista da gestão sanitária e ambiental, a efetivação da segunda etapa da Estação de Tratamento de Esgoto Laboreaux e a ampliação de sua capacidade operacional configuram medidas estratégicas para a melhoria da qualidade do efluente lançado no Rio do Peixe. A consolidação dessas ações tende a contribuir para a mitigação de impactos antrópicos, favorecendo a preservação dos recursos hídricos regionais e o fortalecimento de políticas públicas voltadas à sustentabilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021. Brasília: ANA, 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. Brasília: ANA, 2013.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23. ed. Washington: APHA, 2017.

BONFIM, A. C. F. et al. Diagnóstico da degradação ambiental de um trecho do Rio do Peixe em Itabira (MG) e proposição de medidas para a sua restauração. In: XX SBRH, Bento Gonçalves, 2013.

15

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2017.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2022.

CONNOR, R. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2020. UNESCO, 2021.

CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

EMBRAPA. Gestão de recursos hídricos em microbacias hidrográficas. Brasília: Embrapa, 2019.

FIGUEIREDO, R. S. et al. Percepção de risco e qualidade da água potável: estudo de caso em área rural do Brasil. *Water Policy*, v. 19, n. 3, p. 463-475, 2017.

FUNASA. Manual prático de vigilância da qualidade da água para consumo humano. 2. ed. Brasília: FUNASA, 2014.

IBGE. Cidades.ibge panorama — Itabira. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 nov. 2023.

KISHORE, A. et al. Percepção e adaptação à qualidade da água potável. *Water Policy*, v. 20, n. 4, p. 668-683, 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM); CERH. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 8, de 21 de novembro de 2022. Diário do Executivo, Belo Horizonte, 22 nov. 2022.

16

OLIVEIRA, J. M. de; SILVA, A. L. da. Caracterização da paisagem da bacia do Rio do Peixe, Itabira-MG. *Revista Geoamazônia*, v. 7, n. 14, p. 97-111, 2016.

PAIVA, B. L. F. et al. Potencial e disponibilidade hídrica superficial e subterrânea da Bacia do Rio do Peixe — Itabira-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. Anais... ABRHidro, 2019.

PASCOAL, K. L. R. Distribuição de minerais de ferro nos sedimentos aluviais do Rio do Peixe a nordeste do Quadrilátero Ferrífero. Monografia — UFOP, Ouro Preto, 2019.

SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira. 2021. Disponível em: <<https://www.saaeitabira.com.br/tratamento-de-esgoto>>. Disponível em: Acesso em: 17 out. 2024.

SANTOS, J. G. dos et al. Análise parasitológica em efluentes de estações de tratamento de águas residuárias. *Revista de Patologia Tropical*, v. 41, n. 3, p. 313-319, 2012.

SILVA, J. P. et al. Percepção ambiental e qualidade da água: estudo de caso em comunidades ribeirinhas. *Revista Ambiente & Água*, v. 15, n. 3, p. 1-14, 2020.

SOUSA, R. Água. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: 22 out. 2024.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2008.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2014.

WETZEL, Robert G. Limnology: Lake and River Ecosystems. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001. Capítulo sobre "The Inorganic Carbon Complex", especialmente pH como medida de acidez/alcalinidade da água. Acesso em: 31 out. 2024.

WHO. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: WHO, 2017.