



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Urbana
Curso de Graduação em Engenharia Urbana

Luann Vitor Ribeiro Silva

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE QUALIDADE
DA ÁGUA DE UM CÓRREGO EM ÁREA URBANA
NO MUNICÍPIO DE MARIANA-MG**

Ouro Preto

2024

Avaliação das condições de qualidade da água de um córrego em área urbana no
município de Mariana-MG

Luann Vitor Ribeiro Silva

Projeto Final de Curso II apresentado
como parte dos requisitos para obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia
Urbana na Universidade Federal de Ouro
Preto.

Áreas de concentração: Saneamento e Planejamento Urbano

Orientador: Prof. D.Sc Paulo de Castro Vieira - UFOP

Co-Orientador: Grazielle Rocha dos Santos - UFOP

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586a Silva, Luann Vitor Ribeiro.
Avaliação das condições de qualidade da água de um córrego em área urbana no município de Mariana-MG. [manuscrito] / Luann Vitor Ribeiro Silva. - 2024.
69 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. + Fotos.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vieira.
Coorientadora: Ma. Grazielle Santos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Monitoramento Ambiental. 2. Rios. 3. Água - Qualidade. 4. Urbanização. 5. Saúde ambiental. I. Vieira, Paulo. II. Santos, Grazielle. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Luann Vitor Ribeiro Silva

Avaliação das condições de qualidade da água de um córrego em área urbana no município de Mariana-MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbano

Aprovada em 14 de outubro de 2024

Membros da banca

[Doutor] - Paulo de Castro Vieira - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto

[Doutora] - Aline de Araújo Nunes - Universidade Federal de Ouro Preto

[Mestre] - Isabel Francisco de Araújo Reis - Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Mariana

[Paulo de Castro Vieira], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Paulo de Castro Vieira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/10/2024, às 18:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0794608** e o código CRC **37449562**.

*Dedico este trabalho a minha família
que sempre me apoiaram na vida acadêmica
e me incentivaram a buscar sempre mais.*

RESUMO

A qualidade da água é um elemento crucial para a saúde ambiental e o bem-estar das comunidades, tornando-se essencial compreender as condições em que se encontram os corpos hídricos locais, como o córrego do Matadouro em Passagem de Mariana-MG. Dito isso, este trabalho tem como objetivo avaliar as condições de qualidade de água do córrego do Matadouro em Passagem de Mariana-MG, visando identificar as fontes de poluição e monitorar a qualidade da água ao longo do córrego. A pesquisa foi realizada por meio de coletas de amostras de água em pontos estratégicos, análises laboratoriais para verificar a concentração de parâmetros como pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e condutividade elétrica, bem como observações diretas para identificar fontes potenciais de poluição, como lançamentos inadequados de esgoto e resíduos sólidos. Os valores encontrados dos parâmetros para os pontos 1 e 2, localizados a montante do lançamento de efluente doméstico, não se encontravam fora dos referenciais contidos na DN COPAM-CERH/MG Nº8. Já o ponto 3 (Cachoeira do Matadouro), apresentou valores acima das referências de DBO, isso pode se dar ao fato desse ponto receber a contribuição tanto da rodovia quanto da oficina mecânica. A análise revelou que a falta de infraestrutura adequada para a coleta, o transporte e o tratamento de esgoto provavelmente seja o principal fator que contribui para a poluição pontual no ponto 4, porém, nos outros pontos analisados, tem-se como fonte poluidora fezes de animais o uso e ocupação do solo nas áreas de drenagem acima dos pontos 2 e 3, destacando a presença de uma oficina mecânica, que emite um efluente rico em óleos, graxa e solventes, que são compostos que contribuem para a poluição dos corpos d'água. Com base nesses resultados, foi possível diagnosticar as condições de qualidade da água do córrego. A pesquisa destacou a necessidade urgente de intervenções coordenadas para enfrentar os desafios sanitários identificados e garantir um ambiente mais seguro e sustentável, aumentando a biodiversidade aquática e promovendo um espaço de convivência e lazer para os residentes do bairro São Vicente em Passagem de Mariana, assim como todos os visitantes.

ABSTRACT

Water quality is a crucial element for environmental health and the well-being of communities, making it essential to understand the conditions of local water bodies, such as the Matadouro stream in Passagem de Mariana-MG. With this in mind, this study aims to assess the water quality conditions of the Matadouro stream, focusing on identifying pollution sources and monitoring water quality along the stream. The research was conducted through water sample collections at strategic points, laboratory analyses to check the concentration of parameters such as pH, color, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), and electrical conductivity, as well as direct observations to identify potential pollution sources, such as inadequate sewage discharge and solid waste. The values found for parameters at points 1 and 2, located upstream of the domestic effluent discharge, were within the references established by DN COPAM-CERH/MG No. 8. In contrast, point 3 (Cachoeira do Matadouro) showed values exceeding BOD references, likely due to contributions from both the highway and a mechanical workshop. The analysis revealed that the lack of adequate infrastructure for sewage collection, transport, and treatment is likely the main factor contributing to point-source pollution at point 4. However, at the other analyzed points, animal feces and land use in the drainage areas above points 2 and 3 were identified as pollution sources, particularly highlighting the presence of a mechanical workshop that discharges effluent rich in oils, grease, and solvents—compounds that contribute to water body pollution. Based on these results, it was possible to diagnose the water quality conditions of the stream. The research emphasized the urgent need for coordinated interventions to address the identified sanitary challenges and ensure a safer and more sustainable environment, enhancing aquatic biodiversity and promoting a space for recreation and leisure for residents of the São Vicente neighborhood in Passagem de Mariana, as well as all visitors.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sistemas de esgotamento individuais (estático) e coletivos (dinâmico).Fonte: Von Sperling, 1995..... | 15 |
| Figura 2 - Poluição Pontual e Difusa (Não-Pontual). Fonte: Von Sperling, 2005.... | 18 |
| Figura 3 - Esquema simplificado para medição de vazão. Fonte: Carlos E Ribeiro Jr., 2021. | 26 |
| Figura 4 - Vista aérea da área de estudo. Fonte: Adaptado Google Earth, 2023..... | 27 |
| Figura 5 - Distribuição dos pontos de coleta de amostras de água em 2023. Fonte: Adaptado Google Earth, 2024. | 28 |
| Figura 6 - Distribuição dos pontos de coleta de amostras de água em 2024. Fonte: Adaptado Google Earth, 2024..... | 29 |
| Figura 7 - Primeiro ponto de coleta (P1) e medição de oxigênio dissolvido. Fonte: O autor, 2023. | 30 |
| Figura 8 - Ponto de coleta 2, abaixo da rodovia BR-356. Fonte: O autor, 2024.30..... | 30 |
| Figura 9 - Terceiro ponto de coleta (P3), após a Cachoeira do Matadouro. Fonte: O autor, 2023. | 31 |
| Figura 10 - Ponto 4 de coleta, local de confluência do esgoto com o córrego do Matadouro. Fonte: O autor, 2024. | 31 |
| Figura 11 - Vazamento de tubulação localizada próxima ao ponto 2. Fonte: O autor, 2023. | 32 |
| Figura 12 -Tubulação encontrada próxima ao ponto 2. Fonte: O autor, 2024 | 32 |
| Figura 13 – Acúmulo de sedimentos abaixo da Cachoeira do Matadouro (ponto 3). Fonte: O autor, 2024..... | 54 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Principais parâmetros a serem investigados numa análise de água. Fonte: Von Sperling, 2005 | 20 |
| Quadro 2 - Variáveis indicadoras, abreviatura, unidade e equipamento utilizado..... | 34 |
| Quadro 3 - Tabela de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do ponto 1 do Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos. | 47 |
| Quadro 4 - Tabela de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do ponto 2 do Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos. | 48 |
| Quadro 5 - Tabela de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do ponto 3 do Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos. | 49 |
| Quadro 6 - Tabela de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do ponto 4 do Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos. | 50 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| OD | Oxigênio Dissolvido |
| CE | Condutividade Elétrica |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| Pt-Co | Platina-Cobalto |
| QPC | Quota Per Capita |
| Pop | População |
| ETE | Estação de Tratamento de Esgoto |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| PMS | Plano Municipal de Saneamento Básico |
| SAAE | Serviço Autônomo de Água e Esgoto |
| SNIS | Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento |
| SWMM | Storm Water Management Model |
| AWWA | American Water Works Association |
| UFOP | Universidade Federal de Ouro Preto |
| EM | Escola de Minas |
| AOAC | <i>Official Analytical Chemists International</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1.1 | Justificativa..... | 12 |
| 1.2 | Objetivos | 13 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 13 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 13 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 14 |
| 2.1 | Águas em Microbacias Urbanizadas..... | 14 |
| 2.3 | Influência do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica..... | 17 |
| 2.4 | Parâmetros de qualidade de água | 19 |
| 2.5 | Caracterização Qualitativa do Corpo Hídrico | 19 |
| 2.6 | Oxigênio Dissolvido (OD)..... | 21 |
| 2.7 | Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)..... | 21 |
| 2.8 | Turbidez | 22 |
| 2.9 | Potencial Hidrogeniônico (pH) | 23 |
| 2.10 | Cor | 23 |
| 2.11 | Escherichia coli (E. Coli) | 23 |
| 2.12 | Condutividade elétrica..... | 24 |
| 2.13 | Quantificação de Cargas Poluidoras..... | 24 |
| 2.13 | Vazão Média do Corpo Hídrico | 25 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 27 |
| 3.1. | Área de Estudo | 27 |
| 3.2. | Pontos de Monitoramento | 28 |
| 3.3. | Distribuição Temporal de Coletas | 32 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4. | Parâmetros amostrados | 33 |
| 3.5. | Determinação da vazão do Corpo Hídrico | 34 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 37 |
| 4.1 | Parâmetros de qualidade monitorados | 37 |
| 4.2 | Parâmetros qualitativos..... | 50 |
| 4.2.1 | Ph | 50 |
| 4.2.2 | Condutividade Elétrica | 53 |
| 4.2.3 | Turbidez | 54 |
| 4.2.4 | Cor | 55 |
| 4.2.5 | Oxigênio Dissolvido | 56 |
| 4.2.6 | Demanda Bioquímica de Oxigênio | 57 |
| 4.3 | Parâmetro Quantitativo | 61 |
| 4.3.1 | Medição de Vazão | 61 |
| 5 | REFERÊNCIAS | 65 |

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a rápida expansão da população urbana, gerou um aumento significativo na produção de resíduos sólidos e líquidos. Esse fenômeno desperta preocupações não apenas no meio acadêmico (HAASE, 2009), mas também em diversos setores da sociedade. As consequências dessa realidade se manifestam em problemas graves como enchentes, inundações, redução da infiltração da água no solo e a contaminação de corpos hídricos (KALHOR; EMAMINEJAD, 2019).

O panorama brasileiro de enquadramento e monitoramento de corpos hídricos em áreas urbanas possui uma carência em uma etapa crucial do processo, o diagnóstico adequado (PADOVESI-FONSECA e DE FARIA, 2022). Monitoramentos de corpos hídricos em municípios brasileiros, mostram que, o despejo de efluentes em ambientes aquáticos sem o tratamento adequado é uma realidade, e o município de Mariana – MG não é uma exceção (BASSO et al., 2018), fazendo com que essa seja uma importante fonte poluidora, mas não a única.

Para se estudar as condições sanitárias e ambientais de um corpo hídrico urbanizado, como o córrego do Matadouro, em Mariana-MG, é crucial que, no diagnóstico desse objeto de estudo, sejam consideradas não apenas fontes pontuais de poluição, como um encanamento defeituoso que despeja esgoto em local inadequado, mas também as fontes difusas presentes na microbacia hidrográfica analisada, como o escoamento superficial gerado.

Devido à sua relação intrínseca com o ciclo hidrológico, à extensão territorial significativa e à dinâmica dos usos do solo em cada região, especialmente considerando a alta impermeabilização de áreas urbanas, essas fontes poluidoras demandam um esforço multidisciplinar para sua mitigação. A adoção de medidas sustentáveis é, portanto, essencial para neutralizar os impactos negativos e promover a recuperação ambiental.

Com o intuito de realizar um diagnóstico eficiente do corpo hídrico em questão, para que, posteriormente, sejam adotadas medidas de reabilitação e manejo desse recurso, este trabalho se propõe a realizar a caracterização qualitativa e quantitativa

do córrego do Matadouro, em Passagem de Mariana – MG, no período da estiagem e na estação chuvosa, avaliando a geração de cargas poluidoras, que comumente são constituídas por sólidos e microorganismos patogênicos (BURTON e PITT, 2002).

1.1 Justificativa

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Mariana (PMS), em conformidade com a Lei nº 11.445/2007, que tem como objetivo principal a universalização do saneamento básico no território de Mariana, incluindo o distrito de Passagem de Mariana, destaca nas diretrizes III e IV, a necessidade de se adotar meios e instrumentos para a gestão, regulação e fiscalização, além de monitorar os serviços. Também enfatiza a importância de promover programas de educação ambiental e comunicação social, com o objetivo de conscientizar a população sobre a relevância de um meio ambiente equilibrado e a necessidade de sua proteção, especialmente no que se refere ao saneamento básico.

São duas diretrizes a serem destacadas, visto que evidenciam a necessidade de se realizar um monitoramento adequado dos serviços de saneamento prestados, bem como a conscientização da população. Isso porque, para que as condições sanitárias e ambientais permaneçam satisfatórias, hábitos sustentáveis por parte de moradores e visitantes são essenciais.

É importante notar também que o serviço de saneamento básico do município de Mariana é realizado por uma autarquia municipal, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Para a implementação adequada do PMS, o prestador do serviço possui atribuições como a implantação e operação de um sistema de esgotamento sanitário provido de coleta e tratamento de toda a área de atendimento. Tais medidas contribuem com o controle da poluição dos corpos hídricos por fontes pontuais.

Dito isso, a realização de um diagnóstico preciso das condições sanitárias do córrego do Matadouro é o primeiro passo para proporcionar melhorias na qualidade de vida da população, tanto do bairro São Vicente quanto do distrito de Passagem de Mariana como um todo, adotando também medidas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos. Obter parâmetros físicos, químicos e microbiológicos permite planejar

intervenções efetivas para solução do problema em três aspectos principais, do ponto de vista social, recuperando um espaço de convivência e lazer para a comunidade; do ponto de vista sanitário, evitando casos de doenças relacionadas à contaminação da água no córrego; e do ponto de vista ambiental, restaurando a qualidade do corpo hídrico, prevenindo a mortandade de peixes e promovendo a sustentabilidade do ecossistema local.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as condições de qualidade de água do córrego do Matadouro em Mariana - MG, constituído em uma microbacia urbanizada.

1.2.2 Objetivos Específicos

- I. Realizar monitoramento da qualidade de água do córrego do Matadouro, em períodos de secos e chuvosos;
- II. Avaliar os resultados dos parâmetros de qualidade de água monitorados, físicos, químicos e microbiológicos quanto a sazonalidade local e o atendimento às condições normativas pré-estabelecidas;
- III. Avaliar as cargas poluidoras geradas nos períodos monitorados associadas ao uso e ocupação do solo na microbacia estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Águas em Microbacias Urbanizadas

O crescimento populacional da segunda metade do século XX resultou em um adensamento desordenado, trazendo prejuízos tanto para o ambiente natural, fauna e flora, quanto para os habitantes desses novos espaços, como risco de doenças, perda de variabilidade biológica, enchentes e qualidade de vida em geral (TUCCI, 2005). Por ocorrer de forma desordenada, a gestão das águas urbanas - para abastecimento, esgotamento sanitário e águas pluviais - é diretamente impactada.

Sendo assim, conhecer, monitorar e recuperar (quando necessário) é essencial para um diagnóstico fidedigno das condições sanitárias de uma microbacia hidrográfica urbanizada.

2.2 Sistemas de esgotamento sanitário e pluvial

Ao se estudar as condições de cursos d'água em uma determinada bacia hidrográfica, é imprescindível levar em consideração todas as variáveis, como o uso e a ocupação do solo na região, o número de habitantes, o grau de impermeabilização do solo, a quantidade e a intensidade de chuvas incidentes, dentre outras, para obter resultados satisfatórios. Compreender qual sistema de esgotamento sanitário está sendo empregado e adaptá-lo, caso seja necessário, é uma das variáveis mais importantes, pois possui consequências diretas na qualidade de vida da população local e na preservação do meio aquático natural.

O município de Mariana possui um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMS, 2015), o mais importante dos instrumentos de gestão dos serviços de saneamento e fundamental na obtenção de recursos técnicos e financeiros junto à União. Este plano define o saneamento básico como um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Para o foco de estudo deste trabalho, considera-se o esgotamento sanitário; no

entanto, todas as infraestruturas citadas anteriormente influenciam direta e indiretamente, como a gestão de resíduos sólidos e a drenagem, por exemplo, podendo ser causas de enchentes devido ao subdimensionamento das infraestruturas de drenagem ou à obstrução de dispositivos de drenagem, o que aumenta a carga poluidora proveniente das águas pluviais.

É possível dividir os sistemas de esgotamento sanitário em dois grandes grupos: os sistemas individuais ou estáticos e os sistemas coletivos ou dinâmicos. Existem situações em que a rede coletora de esgoto não chega a determinadas residências por inúmeras razões. Quando isso ocorre, é comum adotar soluções alternativas, como fossas, tanques sépticos e a privadas higiênicas, por exemplo; essas opções pertencem ao grupo de sistemas individuais ou estáticos. A maioria dos municípios do Brasil, cerca de 60%, possui acesso à rede de esgotamento sanitário (IBGE, 2017). O sistema de esgotamento mais comum nesses municípios é o coletivo ou dinâmico, no qual o esgoto é afastado da área em que foi gerado (VON SPERLING, 1995). Na Figura 1, é possível entender melhor como ocorre cada sistema:

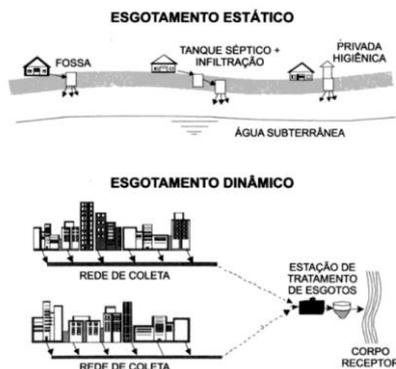


Figura 1 - Sistemas de esgotamento individuais (estático) e coletivos (dinâmico).
Fonte: Von Sperling, 1995

Dentro do sistema coletivo, existem outras três subdivisões: o sistema separador absoluto, sistema separador parcial ou misto e o sistema unitário. As diferenças entre cada um desses sistemas estão na forma de condução e na contribuição que recebem.

O sistema separador absoluto é formado por dois condutos: um para receber as contribuições das águas pluviais no sistema de drenagem e outro para o esgoto

sanitário. No sistema separador parcial ou misto, ocorre uma pequena alteração nessa dinâmica, tanto o esgoto sanitário quanto as águas pluviais que incidem sobre os telhados das residências e em seus pátios (quando impermeabilizados) são conduzidos na mesma tubulação, enquanto o restante das precipitações é direcionado para o sistema de galerias pluviais. Segundo o IBGE (2017), na área de estudo deste trabalho, temos o sistema unitário, que se caracteriza por receber as contribuições de águas pluviais e esgoto sanitário em um mesmo conduto (VON SPERLING, 1995).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE (2017), dos 5.570 municípios do Brasil, 2.211 (39,7%) não possuem acesso à rede de esgotamento sanitário. No município de Mariana, segundo a mesma pesquisa, existe o acesso à rede coletora de esgoto do tipo unitário, e o município não possui uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Em visitas ao local de estudo, foi possível constatar que, assim como grande parte das cidades brasileiras, o que é adotado se define como um “quarto sistema” de esgotamento sanitário, caracterizado por encaminhar tanto as águas pluviais quanto o esgoto doméstico para rios ou córregos canalizados. Ou seja, mesmo quando não chove, existe uma carga poluidora sendo despejada nos corpos hídricos adjacentes, como concluíram Benetti et al (2005).

O panorama brasileiro de lançamento de efluentes provenientes dos sistemas de drenagem é preocupante. Grande parte dessa contribuição tem como destino os cursos de água, o que se torna um problema ainda maior por se tratar, na maioria das vezes, de rios perenes, que mantêm seu fluxo durante todo o ano (VIEIRA, 2008). A Deliberação Normativa conjunta COPAM-CERH/MG N° 8, de novembro de 2022 (BRASIL, 2022), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, estabelecendo também as condições e padrões de lançamento de efluentes, é uma importante ferramenta legal para a fiscalização de entidades poluidoras.

Apesar da existência desses mecanismos, ainda persiste o problema de projetos de drenagem urbana executados sem levar em consideração a destinação final das águas pluviais, bem como toda carga poluidora que depositada na superfície do solo, que também é conduzida por estes sistemas. Adotar projetos de drenagem mais

adequados à infraestrutura de esgotamento sanitário, é um dos pontos de atenção para mitigar o impacto ambiental causado pela urbanização desordenada.

2.3 Influência do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma determinada área onde a precipitação incidente escoar pelos caminhos preferenciais da água, na superfície ou no subterrâneo, de acordo com as características de vegetação e relevo do local, em direção à cota mais baixa dessa área, denominada exutório (TUCCI, 1997).

A dinâmica de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica é um fator determinante de parâmetros como velocidade e o volume de escoamento superficial. Como consequência do desenvolvimento urbano, houve um aumento significativo na quantidade de áreas impermeabilizadas, o que, somado a questões como aumento populacional e uma maior produção de resíduos sólidos, eleva o risco de enchentes.

O processo de impermeabilização é considerado o principal fator de alteração do ciclo hidrológico de uma determinada bacia hidrográfica (BAPTISTA et al, 2005). Segundo TUCCI (1997), à medida que a cidade se urbaniza, devido ao aumento da impermeabilização de superfícies e à maior capacidade de condutos e canais, ocorre um aumento considerável das vazões máximas, o que também aumenta a produção de resíduos sólidos e causa a deterioração dos cursos de água próximos.

O cenário mais comum que exemplifica esse aumento populacional nas cidades e, conseqüentemente, um aumento na impermeabilização de bacias hidrográficas em grande parte das cidades de médio e grande porte do Brasil, é a falta de planejamento, regulamentação e fiscalização na ocupação do solo (TUCCI, 1995; CAMPANA e TUCCI, 1994), que muitas vezes ocorre em locais instáveis, com grande declividade. Além da mudança do revestimento superficial das cidades, que intensifica problemas como enchentes, lançamento de esgoto não tratado em córregos e obstrução de dispositivos de drenagem, está o fato

de que a infraestrutura de abastecimento de água, coleta, transporte e tratamento de esgoto e gestão de resíduos sólidos não cresceu na mesma proporção que a população, gerando grande déficit no atendimento destes serviços básicos. Poluição difusa e poluição pontual (figura 2).

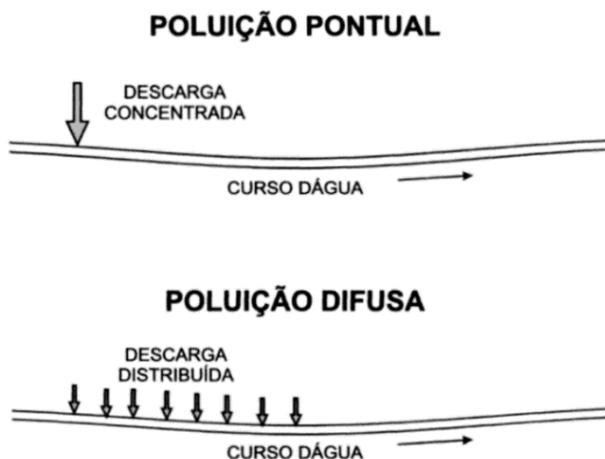


Figura 2 - Poluição Pontual e Difusa (Não-Pontual). Fonte: Von Sperling, 2005.

É possível que a poluição se apresente de duas maneiras: de forma pontual ou difusa. A poluição pontual refere-se, por exemplo, ao despejo de resíduos de uma oficina mecânica em um corpo de água, ocorrendo de forma concentrada. Já a poluição difusa pode se originar em qualquer ponto da microbacia estudada (CHAMUN, 2008). Em casos em que o corpo hídrico atravessa uma via de fluxo intenso, as contribuições oriundas das águas pluviais carregam substâncias como graxas e óleos. Na área analisada neste trabalho, havia um local onde se realizava o abate de animais, gerando um subproduto extremamente contaminante. Atualmente, este matadouro está desativado; porém, é comum, durante visitas ao local, encontrar carcaças de animais atropelados na via, o que configura outra fonte poluidora na microbacia.

Um ponto crucial da poluição pontual é a facilidade de identificar e recuperar o curso de água atingido. Por meio de um estudo da área, analisando o uso do solo e coletando amostras da água, é simples relacionar as substâncias contaminantes encontradas com suas respectivas fontes, que ocorrem de maneira concentrada em um espaço, tornando mais fácil o controle desse tipo de poluição.

Todavia, quando se trata de um diagnóstico de poluição difusa ou não pontual, a solução é mais complexa. Pode-se considerar um caso em que se deseja estudar as origens das cargas poluidoras de uma microbacia urbanizada, que se encontra em uma cota inferior a vias de trânsito rápido e contínuo. Os pontos pelos quais os poluentes podem penetrar no corpo receptor são dispersos por toda a microbacia. Geralmente, as fontes de poluição difusa estão relacionadas a extensas áreas, precipitações e à complexidade do monitoramento a partir do seu ponto de origem. Isso torna extremamente difícil encontrar exatamente a origem, o que complica a medição e o controle das cargas provenientes desse tipo de poluição (LIMA, 2016).

Para mitigar os efeitos da poluição difusa, é necessário considerar todo o planejamento da microbacia em questões de uso e ocupação do solo (CHAMUN, 2018), densidade populacional, manejo de resíduos sólidos e projeto de drenagem urbana.

2.4 Parâmetros de qualidade de água

Quando se tem a finalidade de uma caracterização da qualidade das águas de um determinado meio aquático, existem etapas que devem ser seguidas e, dentre elas, a realização de ensaios laboratoriais para determinar certos parâmetros qualitativos. Existem diversos parâmetros que podem ser utilizados para representar as condições dos elementos físicos, químicos e microbiológicos presentes na água, porém, o foco deste trabalho são os seguintes: DBO (demanda biológica de oxigênio), OD (oxigênio dissolvido), cor, turbidez e pH (potencial hidrogeniônico) e coliformes fecais.

2.5 Caracterização Qualitativa do Corpo Hídrico

Como se trata da análise de um rio urbano, ou seja, próximo a áreas antropizadas, há influências de fontes pontuais e difusas de poluição, levando à necessidade da determinação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade das águas do corpo hídrico estudado. Comumente, em casos dessa natureza, busca-se analisar variáveis como matéria orgânica, micro-poluentes, sólidos suspensos, organismos patogênicos, entre outros (BURTON E PITT, 2002).

No Brasil, a nível federal, a Resolução CONAMA n.º 357/2005 dispõe sobre a caracterização e o enquadramento de recursos hídricos. Dentre outras recomendações técnicas, destaca-se a utilização de algumas variáveis em estudos de caracterização de corpos d'água. No quadro 1, é apresentada a relação dos principais parâmetros a serem investigados com suas devidas finalidades.

| Características | Parâmetro | Águas para Abastecimento | | | | Águas Residuárias | | Corpos Receptores | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|------|
| | | Água Superficial | | Água Subterrânea | | Bruta | Tratada | Rio | Lago |
| | | Bruta | Tratada | Bruta | Tratada | | | | |
| Parâmetros Físicos | Cor | X | X | X (1) | X | | | X | X |
| | Turbidez | X | X | X | X | | | X | X |
| | Sabor e odor | X | X | X | X | | | | |
| | Temperatura | X | | X | | X | | X | X |
| Parâmetros Químicos | Ph | X | X | X | X | X | | X | X |
| | Alcalinidade | X | | X | | X | | | |
| | Acidez | X | | X | | | | | |
| | Dureza | | | X | X | | | | |
| | Ferro Manganês | X | X | X | X | | | | |
| | Cloretos | X | | X | | | | | |
| | Nitrogênio | X | X | X | X | | | | |
| | Fósforo | | | | | X | X | X | X |
| | Oxigênio Dissolvido | | | | | | X (2) | X | X |
| | Matéria Orgânica | | | | | X | X | X | X |
| | Micropoluentes Inorgânicos (diversos) | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Micropoluentes orgânicos (diversos) | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Parâmetros Biológicos | Organismos Indicadores | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Algas (diversas) | X | | | | | X (2) | | X |
| | Bactérias decompositoras (diversas) | | | | | | X (2) | | |

Quadro 1 – Principais parâmetros a serem investigados numa análise de água.
Fonte: Von Sperling, 2005.

Notas:

- Causada por Fe (ferro) e Mn (manganês);
- Durante o tratamento, para controle do processo;
- Devem ser analisados aqueles que possuírem alguma justificativa, devido ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Apesar disso, para determinar quais parâmetros devem ser utilizados, é necessário entender as especificidades de cada situação. Os parâmetros podem variar de acordo com os recursos financeiros e técnicos disponíveis e a finalidade da análise, que pode ser para abastecimento de água (fontes superficiais ou subterrâneas), caracterização de águas residuárias (brutas ou tratadas) ou a caracterização ambiental de corpos d'água receptores (rios e lagos) (VON SPERLING, 2005).

2.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

Análises qualitativas de corpos hídricos são realizadas com diversos objetivos, como estudos de viabilidade para implantação de empreendimentos industriais, estudos de impactos ambientais para obtenção de licenças, construção de loteamentos, entre outros. Do ponto de vista da preservação e manutenção da biodiversidade aquática, o parâmetro com maior peso é o oxigênio dissolvido, uma vez que é essencial para organismos aeróbios.

Quando existe uma certa quantidade de matéria orgânica em meio aquático, as bactérias ali presentes consomem o oxigênio disponível. Caso a concentração de matéria orgânica seja muito alta, pode ocorrer uma redução significativa do oxigênio disponível, o que pode ocasionar a mortandade de seres aquáticos. O equipamento mais utilizado para a medição deste parâmetro é o oxímetro. Ao interpretar resultados de análises de oxigênio dissolvido, observa-se alguns padrões (VON SPERLING, 2005):

- Valores de OD (mg/l) superior à concentração de saturação (9,2 mg/l): é um indicativo da presença de algas;
- Valores de OD (mg/l) na faixa de 4 a 5 mg/l: os seres aquáticos que possuem uma maior demanda de oxigênio não conseguem sobreviver;
- Valores de OD (mg/l) iguais a 2 mg/l: a maioria dos seres aquáticos estão mortos;
- OD (mg/l) igual a 0 mg/l: condições de anaerobiose, podendo gerar mau odor.

Com base nestes valores, é possível entender que, além da biodiversidade aquática, a qualidade de vida das pessoas que residem próximo aos córregos que possuem baixa concentração de oxigênio também é afetada negativamente.

2.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Um parâmetro essencial na avaliação de corpos hídricos é a demanda bioquímica de

oxigênio, que determina, de forma indireta, através do consumo de oxigênio de microrganismos presentes no meio aquático estudado, a concentração de matéria orgânica, conforme definem Valente et al. (1997).

Quando há a necessidade de se realizar a DBO_5 , deve-se atentar ao planejamento tanto das coletas quanto das análises. Por não se considerar questões como insolação, turbulência das águas e a suspensão de sólidos do fundo do corpo hídrico, trata-se de um parâmetro estimativo. Contudo, ao realizar a coleta das amostras, optar por um ponto onde as condições supracitadas estejam mais controladas favorecerá a qualidade dos resultados obtidos. Valores de DBO de esgotos domésticos são próximos de 300 mg/l, enquanto os valores provenientes de esgotos industriais variam de acordo com a natureza de cada processo industrial (VON SPERLING, 2005).

O procedimento de determinação do consumo bioquímico de oxigênio consiste em diluir a amostra de água coletada e armazená-la por 5 dias em uma temperatura de 20 °C, para simular as condições naturais do corpo d'água. Após este período de incubação, deve-se medir a concentração de oxigênio dissolvido e comparar com a leitura feita no momento da coleta, obtendo assim o parâmetro desejado.

É um processo demorado e sensível, podendo ser uma grande fonte de erros em uma análise, por este motivo, demanda-se uma atenção especial ao seu planejamento.

2.8 Turbidez

Um parâmetro simples de se perceber em um curso d'água é a turbidez aparente. A definição física da turbidez é o grau de interferência da passagem da luz pela água; quanto mais interferência, mais turva a água aparenta (VON SPERLING, 2005). Eventos naturais impactam diretamente na turbidez da água, sendo o mais comum as precipitações, o que não traz malefícios diretos às condições sanitárias do curso d'água. Contudo, eventos antrópicos, como despejos domésticos e industriais sem o devido tratamento, podem estar associados a substâncias tóxicas que, somadas à dificuldade de penetração da luz (prejudicando a fotossíntese), interferem negativamente na vida aquática local.

2.9 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Determinar o pH (potencial hidrogeniônico) das águas de um corpo hídrico permite entender a influência da acidez ou basicidade em ecossistemas aquáticos. A avaliação do pH em efluentes é essencial quando se deseja dimensionar uma infraestrutura de tratamento de esgoto, uma vez que valores excessivamente básicos ou ácidos podem deteriorar as tubulações.

Existe um risco associado ao despejo de esgoto doméstico em rios e lagos, tanto para a fauna e flora (aquática e terrestre) quanto para a vida humana próxima. Nesses casos, uma possível medida de controle seria fazer uso de uma alcalinização artificial. O ensaio para determinação do pH de uma amostra de água é simples, necessitando de poucos equipamentos, como vidrarias e agitadores, e um multiparâmetro ou phmetro.

2.10 Cor

O monitoramento da cor da água é realizado para identificar a presença de substâncias dissolvidas, podendo ou não serem prejudiciais à saúde humana ou à de seres aquáticos. Lançamentos residenciais e industriais influenciam na alteração da cor de um corpo hídrico, o que dificulta sua utilização para fins de balneabilidade, por exemplo, além de potencialmente atrapalhar a realização de fotossíntese de algumas espécies aquáticas, ao dificultar que a luz participe deste processo.

Existem dois tipos de cor: a que enxergamos naturalmente quando observamos um rio, chamada cor aparente, e a cor verdadeira, que obtemos quando removemos sólidos suspensos por meio de uma metodologia específica. Determinar a cor de uma amostra é simples, assim como o manuseio do colorímetro, e o resultado é emitido no mesmo momento. A unidade de cor pode ser expressa de diversas formas, como em miligramas por litro de Pt-Co (Platina-Cobalto).

2.11 Escherichia coli (E. Coli)

Córregos que se encontram próximos a residências são cercados por fauna e flora em grandes quantidades e variedades. Em muitos pontos ao longo da sua extensão,

possuem áreas utilizadas por banhistas.

O monitoramento da presença ou ausência da *Escherichia coli* é imprescindível, sendo ela uma bactéria que está presente no intestino humano e de animais que indica poluição fecal da água (DA SILVA JUNIOR et al., 2017). O método recomendado pela *Official Analytical Chemists International* (AOAC) para a determinação de presença ou ausência de *e. Coli*, é o Colilert.

Esse método consiste em armazenar uma amostra em um frasco esterilizado, adicionar o Colilert na amostra, realizar a sua diluição e armazenar em uma estufa a 35 °C, por 24 horas. Após o tempo de incubação, é necessário utilizar a luz ultravioleta, com a finalidade de verificar fluorescência nas amostras, caso indique contaminação de *e. Coli*, o frasco com a amostra exibirá fluorescência.

2.12 Condutividade elétrica

Para representar a capacidade das águas de um determinado corpo hídrico de conduzir correntes elétricas, mede-se a condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$). Vários fatores podem elevar os níveis de condutividade de um córrego urbano. Devido à sua proximidade de áreas habitadas, as atividades antrópicas intensificam a contaminação indireta da água, aumentando a concentração de sólidos dissolvidos.

Valores entre 10 e 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ são comuns em águas naturais (GONÇALVES, 2020); porém, valores acima de 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ representam ambientes aquáticos que foram impactados por algum tipo de fonte poluidora (ALVARENGA, 2012).

2.13 Quantificação de Cargas Poluidoras

Uma etapa essencial a ser cumprida para caracterização das águas de um corpo receptor e, posteriormente, para a adoção de medidas de controle das fontes poluidoras encontradas, é o diagnóstico da área de estudo. Isso envolve a realização da amostragem das águas em pontos-chave e a submissão dessas amostras a ensaios laboratoriais, a fim de determinar parâmetros qualitativos e medir a vazão de descarga no corpo hídrico, dentre outras etapas cabíveis (VON SPERLING, 2005).

Em uma bacia hidrográfica, existem diversas fontes poluidoras, sendo as mais comuns advindas de : esgoto sanitário doméstico, esgoto pluvial (escoamento superficial de áreas urbanizadas e rurais) e despejos industriais. Para quantificar essas fontes poluidoras, é necessário calcular a carga do poluente, que pode variar de acordo com a análise desejada.

A fórmula para calcular a carga poluidora de cada origem específica possui pequenas alterações. Por exemplo, o esgoto doméstico leva em consideração a população (hab.) e a carga per capita (g/hab.d), já a carga oriunda do escoamento superficial considera a contribuição da drenagem por unidade de área (ex: kg/km².d) em relação à área analisada (km²).

2.13 Vazão Média do Corpo Hídrico

A vazão de um curso de água pode ser definida como o volume de água que passa por uma seção transversal desse rio a cada unidade de tempo, ou seja, é expressa em quantidade de água no tempo. Ela pode ser obtida através de relações entre as seguintes variáveis: profundidade média, largura e velocidade média de fluxo (CARVALHO, 2008).

Os métodos para a determinação da vazão de um determinado rio podem variar bastante de acordo com os recursos técnicos disponíveis. O método mais utilizado, dado seu custo benefício e facilidade de se executar, é o uso do molinete hidrométrico (SANTOS et al., 2001). Comumente são utilizados os seguintes símbolos para cada variável a ser calculada:

- Q = vazão (m³/s)
- A = área da seção transversal do rio (m²)
- V = velocidade do fluxo de água (m/s)
- w = largura do canal (m)
- h = profundidade média da seção transversal do rio (m)

Temos então a seguinte expressão matemática (CARVALHO, 2008):

$$Q = A \cdot V \qquad \text{Equação 1}$$

Sendo: $A = w \cdot h$

Equação 1.1

Para melhor visualização, abaixo, na Figura 3, encontra-se um esquema simplificado indicando cada uma dessas variáveis.

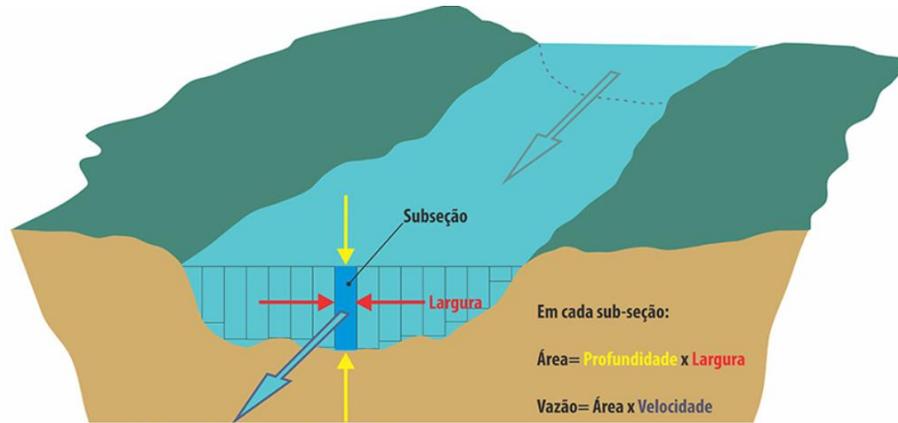


Figura 3 - Esquema simplificado para medição de vazão. Fonte: Carlos E Ribeiro Jr., 2021.

É necessário avaliar questões como precipitações próximas à aferição da vazão de um rio, visto que este fenômeno, logicamente, influencia nos resultados obtidos.

3 METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo

A bacia do córrego estudado abrange parte do bairro São Vicente, em Passagem de Mariana, Minas Gerais, alguns trechos do córrego se encontram em área de preservação ambiental segundo o Plano Diretor do município. Suas coordenadas geográficas são: latitude 20° 23'53.18" sul e longitude 43° 26'47.08" oeste, e possui uma área de drenagem de 4,6 ha, sendo o uso residencial predominante (Figura 4).



Figura 4 - Vista aérea da área de estudo. Fonte: Adaptado Google Earth, 2023.

Segundo o sistema de classificação climática de Köppen-Geiger, o clima predominante no município é o Cwa, sendo considerado clima temperado (C), com inverno seco (w) e verão quente (a). A temperatura média é de 19,7 °C, e a

pluviosidade média anual é de 1804 mm (CLIMATE DATA, 2023).

O município possui uma população de 61.387 habitantes, distribuídos em uma área de 1.194,21 km², com uma densidade populacional de 51,77 hab/km² (IBGE, 2022).

O córrego do Matadouro é afluente do Rio do Carmo, que por sua vez é um afluente da Bacia do Rio Doce, drenando as regiões de Ouro Preto, Mariana e Ponte Nova. Após a junção de seu fluxo com o do Rio Piranga, forma o Rio Doce (SILVA, 2013). O Rio do Carmo possui aproximadamente 83 km de extensão, passando por Mariana, Acaiaca e Barra Longa (GOOGLE EARTH, 2023).

3.2. Pontos de Monitoramento

Para o levantamento do diagnóstico das condições de qualidade da água do Córrego do Matadouro, foram estabelecidos pontos de coleta localizados antes e após possíveis fontes poluidoras, a fim de entender a influência de cada uma. A distribuição aproximada dos pontos ocorreu de duas maneiras, uma para os meses de outubro, novembro e dezembro de 2023 e outra para o restante dos meses, os dois cenários podem ser observados na Figura 5 e 6.



Figura 5 - Distribuição dos pontos de coleta de amostras de água em 2023. Fonte: Adaptado Google Earth, 2024.

- Ponto de controle (1): cabeceira do córrego, próximo da nascente;
- Ponto de amostragem (2): abaixo da rodovia, local de balneabilidade (utilizado por banhistas);
- Ponto de lançamento de esgoto (ESG): localizado próximo a uma oficina entre os pontos 2 e 3.
- Ponto de amostragem (3): após a cachoeira do Matadouro; e
- Ponto de amostragem final (4): final do trecho antes de se encontrar com o Rio do Carmo.

Após dezembro de 2023, ocorreu uma manutenção na rede de esgoto entre os pontos 2 e 3, o que levou a uma redistribuição dos pontos de coleta (figura 7).



Figura 6 - Distribuição dos pontos de coleta de amostras de água em 2024. Fonte: Adaptado Google Earth, 2024.

- Ponto de controle (1): cabeceira do córrego, próximo da nascente;
- Ponto de amostragem (2): abaixo da rodovia, local de balneabilidade (utilizado

por banhistas);

- Ponto de amostragem (3): após a cachoeira do Matadouro;
- Ponto de lançamento de esgoto (ESG): localizado a montante do ponto 4; e
- Ponto de amostragem final (4): final do trecho antes de se encontrar com o Rio do Carmo.

Abaixo seguem algumas fotos dos pontos de coleta supracitados:



Figura 7 – Coleta no ponto de controle (P1). Fonte: O autor, 2023.



Figura 8 - Segundo ponto de coleta abaixo da BR-356 (P2). Fonte: O autor, 2023.



Figura 9 - Terceiro ponto de coleta (P3). Fonte: O autor, 2023.



Figura 10 - Quarto ponto de coleta (P4). Fonte: O autor 2024.

Ao longo das coletas, a paisagem ao redor dos pontos se alteravam bastante, com novas residências construídas, acúmulo de resíduos sólidos e incêndios, que são potenciais. Na Figura 11, registrada em dezembro de 2023, com o intuito de evidenciar um vazamento na tubulação, é possível observar que a vegetação ao redor, mesmo que em pouca quantidade, aparentava um aspecto melhor do que o da figura abaixo (figura 12), registrada em agosto de 2024, após um período de muitos focos de incêndio na região.



Figura 31 - Vazamento de tubulação localizada próxima ao ponto 2. Fonte: O autor, 2023



Figura 12 – Região próxima ao ponto 2 após uma série de incêndios no local. Fonte: O autor, 2024.

A diferença entre o mesmo cenário em diferentes épocas do ano reafirma a necessidade de se realizar um monitoramento contínuo das condições de qualidade de água do córrego e das áreas ao redor.

3.3. Distribuição Temporal de Coletas

Optou-se por distribuir as datas de coletas durante um período que abrangesse parte de épocas chuvosas e secas típicas da região de estudo, para se entender como os fenômenos naturais impactam em aspectos qualitativos da análise. Este período de

amostragem resultou em aproximadamente 11 (onze) meses, com início das coletas em 26/10/2023 e a última coleta ocorrendo em 29/08/2024.

Comparar parâmetros obtidos em períodos secos com parâmetros de tempos chuvosos é de extrema importância em uma caracterização como essa, dado que a área de estudo se encontra abaixo de uma rodovia, que tem como corpo receptor de seu escoamento superficial o Córrego do Matadouro, além de esgotos sanitários e outros elementos poluentes.

3.4. Parâmetros amostrados

3.4.1. Coleta e acondicionamento de amostras

As amostras foram acondicionadas primeiramente em garrafas plásticas previamente higienizadas e, com o intuito de preservar os resultados obtidos, é necessário que as amostras coletadas sejam mantidas nas condições adequadas em bolsas térmicas, no momento da coleta e no transporte até o laboratório, onde foram acondicionadas em um ambiente com temperatura controlada, como uma geladeira, a uma temperatura de 20 °C.

Como apresentado anteriormente no trabalho, devido o acesso a margem do córrego, os pontos 1,2 e 3, a coleta ocorreu diretamente. No ponto 4, foi necessária a utilização de balde coletor, por existir dificuldade de acesso às margens do córrego. Adotando medidas de segurança para a equipe de coleta, foram utilizadas luvas descartáveis, e feita a desinfecção das mãos utilizando álcool 70 % após a coleta de esgoto sanitário. Para aumentar a eficiência das coletas, foi utilizado também um funil, para que o processo de verter a água dentro da garrafa coletora seja facilitado, diminuindo também a probabilidade de contaminação dos membros da equipe.

Para evitar contaminações externas nas amostras, no momento da coleta, foi necessário realizar o processo de ambiente no frasco de armazenamento, que

consiste em adicionar uma pequena quantidade da amostra no frasco, agitá-lo e, posteriormente, descartar a amostra, antes de realizar a coleta final.

No laboratório onde foram realizados os ensaios, existe uma geladeira que foi utilizada para preservação das amostras que não seriam analisadas imediatamente após as coletas.

Ao longo do córrego do Matadouro, foram monitoradas as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, demanda biológica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, cor e turbidez. As análises foram realizadas de acordo com os métodos padronizados pela AWWA (2005) nos Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e Rodier (1981). No quadro 2 a seguir, é apresentado cada equipamento específico que foi utilizado nas análises, bem como as unidades de cada variável.

QUADRO 2 - Variáveis indicadoras, abreviatura, unidade e equipamento utilizado.

| VARIÁVEL | ABREVIATURA | UNIDADE | EQUIPAMENTO UTILIZADO |
|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| OXIGÊNIO DISSOLVIDO | OD | mgO ₂ /l | OXÍMETRO |
| DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGÊNIO | DBO | mgO ₂ /l | OXÍMETRO |
| POTENCIAL HIDROGENIÔNICO | pH | - | pHMETRO |
| CONDUTIVIDADE ELÉTRICA | CE | μS/cm | CONDUTIVÍMETRO |
| COR | PCU | PCU | COLORÍMETRO |
| TURBIDEZ | NTU | NTU | TURBIDÍMETRO |

Fonte: O autor, 2023.

A variável oxigênio dissolvido foi medida tanto no momento da coleta quanto em ensaios laboratoriais, assim como a temperatura. O restante dos parâmetros qualitativos foram realizados no laboratório de saneamento da Escola de Minas (EM) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

3.5. Determinação da vazão do Corpo Hídrico

O método utilizado para caracterização da vazão, foi o método velocimétrico do molinete (ABNT/NBR 13403, 1995). Utilizando a correlação do número de rotações

das hélices de um molinete hidrométrico que é mergulhado em diferentes pontos em uma seção transversal do córrego, aferindo a velocidade do fluxo de água no córrego e, posteriormente, utilizando a equação do molinete, obter-se a vazão.

Para quantificar a vazão no Córrego do Matadouro, optou-se pelo ponto 3, por existir no local uma seção transversal retangular, o que facilitou a realização da medição. Foram anotados os seguintes dados do local: distância da lamina d'água à margem, altura da lâmina d'água, largura da seção transversal, superfície da seção transversal e os tempos de rotação (utilizando o molinete hidrométrico). Posteriormente, em uma tabela de *Excel*, foi realizado o cálculo da vazão média total. A figura 13, mostra um exemplo de seção transversal retangular.

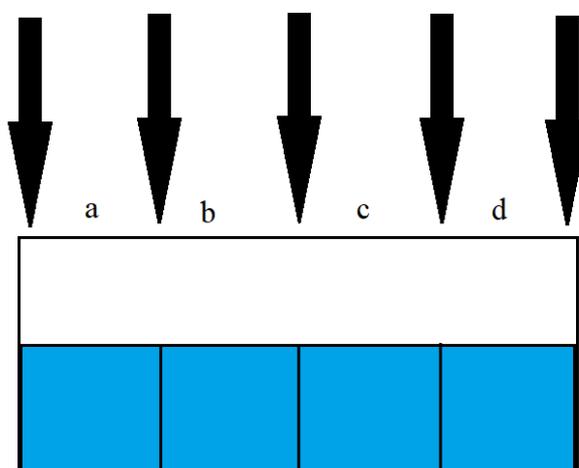


Figura 13: Seção transversal retangular do córrego. Fonte: O autor, 2024.

A seção transversal retangular é subdividida em quatro subseções, no caso da figura 13, são exemplificadas como a, b, c e d, as setas indicam os locais onde foi inserido o molinete hidrométrico para leitura de rotações por minuto (rpm), após a coleta deste dado, é necessário converter para rotações por segundo (rps). Uma vez que se aferiu o número de rotações do molinete em cada ponto, e levantar as dimensões de cada uma das superfícies (a, b, c e d) deve-se utilizar a equação do molinete utilizado (equação 2).

$$V = 0,143607 \times N \text{ (rps)} + 0,00271 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

- V – Velocidade (m/s)
- N – Número de rotações por segundo

Com o valor da velocidade de cada trecho aferido, basta utilizar a equação 1, que relaciona a área e a velocidade aferida em cada uma das subseções, ao final se tem o valor de vazão média total.

No caso do córrego do Matadouro, o ponto 3 de coleta apresenta as melhores condições para realizar a medição de vazão, devido à presença de uma soleira, que propicia uma seção transversal regular do córrego, facilitando assim o uso do molinete velocimétrico. Uma vez obtido o dado de velocidade média do fluxo da água, relacionado à área da seção transversal obtida através da soleira, é possível determinar a vazão média do córrego do Matadouro utilizando a fórmula 1.

3.6. Cálculo da carga poluidora

As cargas poluidoras que passam pelo córrego geradas nos períodos seco e chuvoso, foram aferidas mediante a relação entre as concentrações médias de DBO_5 e as vazão encontrada para o corpo hídrico estudado. A finalidade dessa análise é entender qual

a relação entre a sazonalidade local, como o uso e ocupação do solo na área de estudo.

Utilizando a equação 3, sugerida para este propósito por Vieira (2008), foram determinadas as cargas poluidoras.

$$\text{Carga poluidora (kg/d)} = \text{concentração de DBO (kg / m}^3\text{)} * \text{vazão do córrego (m}^3\text{/d)} \quad \text{Equação 3}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Parâmetros de qualidade monitorados

Com base nos parâmetros de qualidade de água levantados no momento das coletas, buscou-se associar o córrego do Matadouro, à uma das classes previstas na DN

COPAM-CERH/MG Nº 8 (BRASIL, 2022).

Segundo o Art. 47 presente na deliberação normativa supracitada, enquanto os corpos hídricos não possuírem um enquadramento, eles serão considerados de classe 2, caso as suas condições de qualidade sejam superiores às definidas nessa classe, deve-se atribuir uma classe com parâmetros mais rigorosos. (BRASIL, 2022)

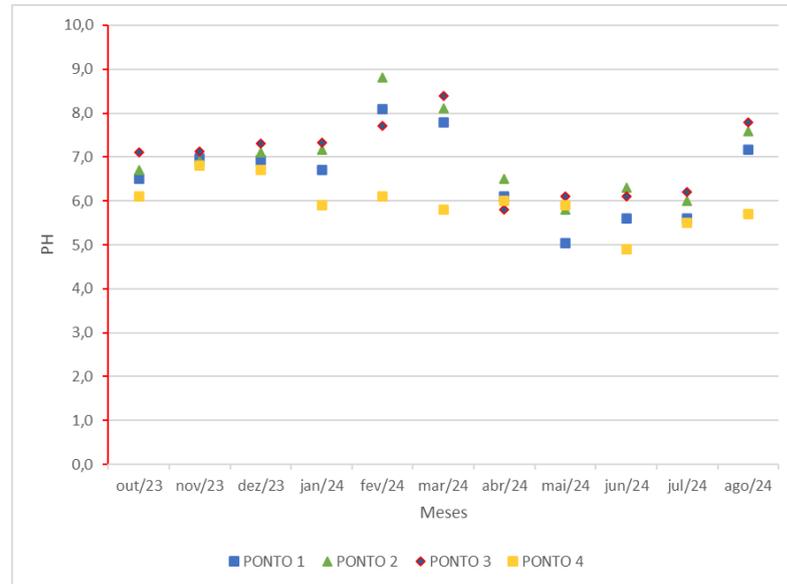
A ausência de infraestrutura de transporte de esgoto sanitário (interceptor) é um dos principais problemas encontrados no bairro no que diz respeito a saneamento básico. O sistema de esgotamento sanitário do município é operado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Mariana (SAAE). Contabilizando soluções alternativas e sistemas centralizados de coleta e tratamento, Mariana possui 0 % do seu esgoto tratado, 75 % é apenas coletado, e 25 % não é coletado nem tratado (SNIS, 2021).

A região de estudo se encontra em uma área a jusante de uma rodovia com alto fluxo de veículos (BR-356), sugerindo a possibilidade de presença de óleos e graxa no escoamento superficial. As vias que constituem o bairro São Vicente são totalmente impermeabilizadas, o que aumenta o volume e a velocidade do escoamento, gerando uma carga poluidora composta por fontes tanto difusas quanto pontuais. Isso, por sua vez, implica um grande potencial poluidor aos ambientes aquáticos (TUCCI et al., 1995).

A distribuição dos pontos possui algumas características que influenciam diretamente a qualidade das amostras. Por exemplo, o ponto 3, que está localizado após uma agitação nas águas do córrego, propicia uma maior oxigenação da água coletada. Uma vez que medimos o parâmetro de oxigênio dissolvido in loco, espera-se que os valores encontrados sejam altos. Da mesma forma, para o ponto 4 (esgoto), como existe uma grande quantidade de matéria orgânica em efluentes domésticos, espera-se níveis de oxigênio dissolvido drasticamente menores.

Dito isso, os dados monitorados estão inseridos nas séries temporais apresentadas a seguir. Primeiramente será demonstrado no gráfico 1, a série temporal para o parâmetro de pH.

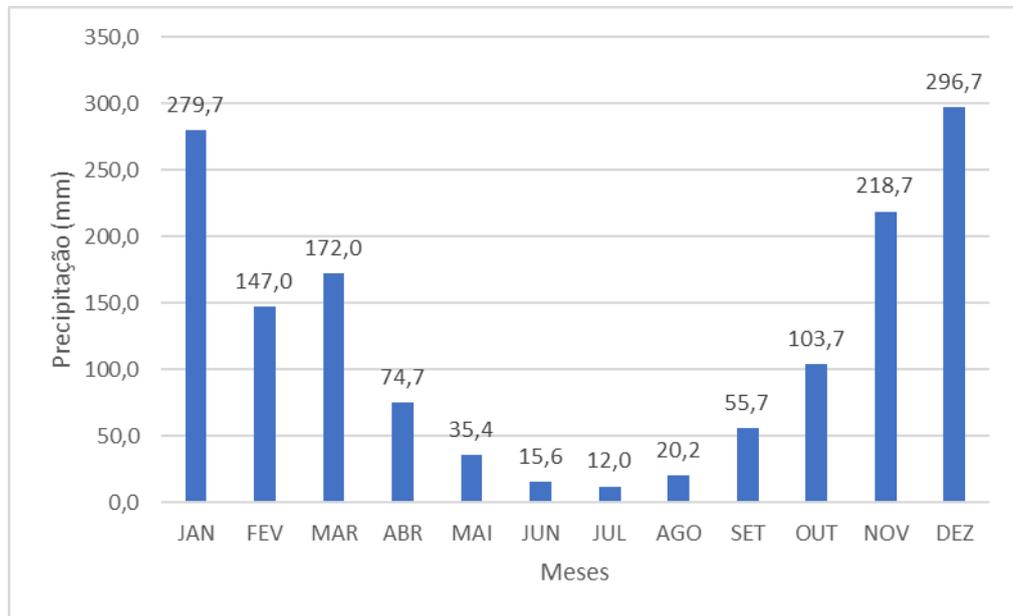
GRÁFICO 1 – Série temporal para valores de pH dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

Na segunda etapa do Plano Municipal de Redução de Risco de Mariana – MG (PMRR), a estação pluviométrica utilizada foi a “Fazenda Paraíso”, que faz parte do inventário de estações disponibilizado pelo sistema Hidroweb da ANA, nota-se uma relação entre a variação sazonal e os parâmetros analisados. A precipitação média mensal é exemplificada no gráfico 2.

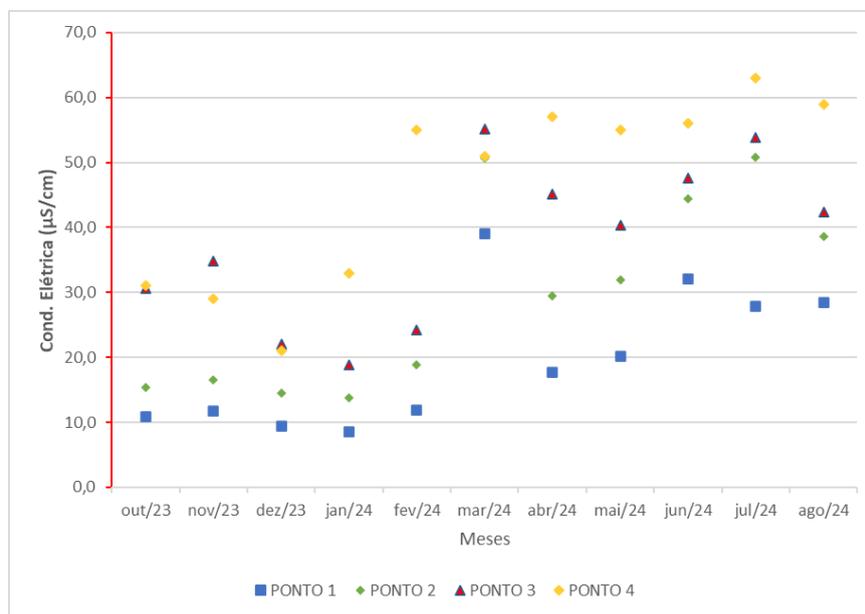
GRÁFICO 2 – Precipitação média mensal na estação pluviométrica Fazenda Paraíso.



Fonte: PMRR, 2022.

Percebe-se que os índices pluviométricos influenciam nos valores obtidos de cada parâmetro, como será discutido em momento oportuno. No gráfico 3 é demonstrado o comportamento da condutividade elétrica ao longo dos meses de pesquisa.

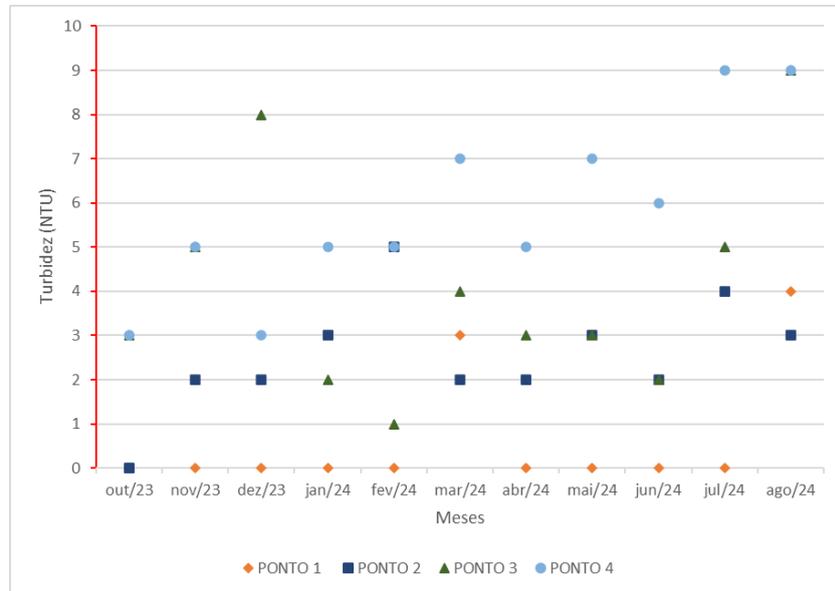
GRÁFICO 3 – Série temporal para valores de condutividade elétrica dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

O período de coletas se iniciou em outubro e teve fim em agosto, se baseando na distribuição mensal das chuvas. Com sazonalidade local, o comportamento dos parâmetros analisados foi alterado, como apresenta o gráfico 4 para os valores de turbidez.

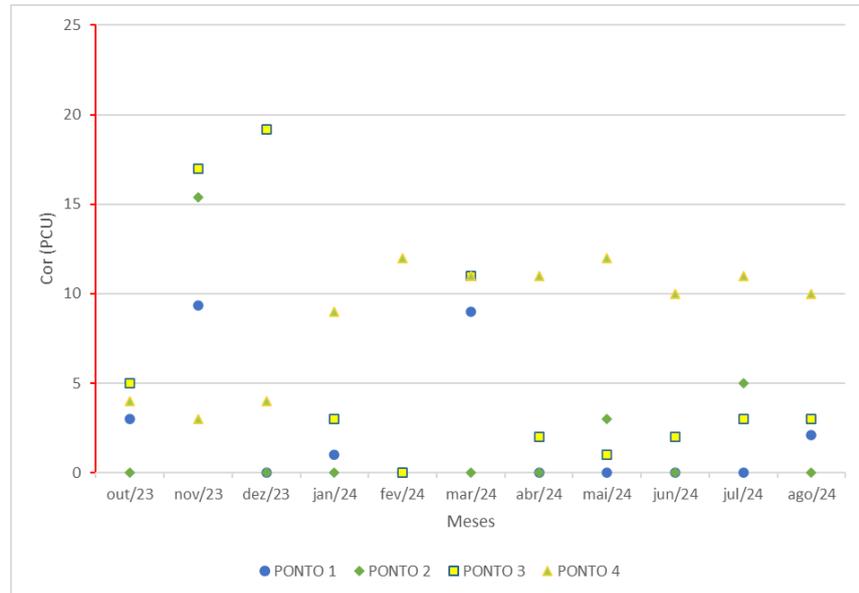
GRÁFICO 4 – Série temporal para valores de turbidez dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

Os dados utilizados no gráfico 2, compreendem precipitações de um período de 46 anos, podendo assim não apresentar uma alta precisão, levando em conta também todas as mudanças climáticas ocorridas recentemente. Apesar dessa incerteza, comparando os gráficos de cor (gráfico 5) e turbidez (gráfico 4), percebe-se uma correlação linear positiva.

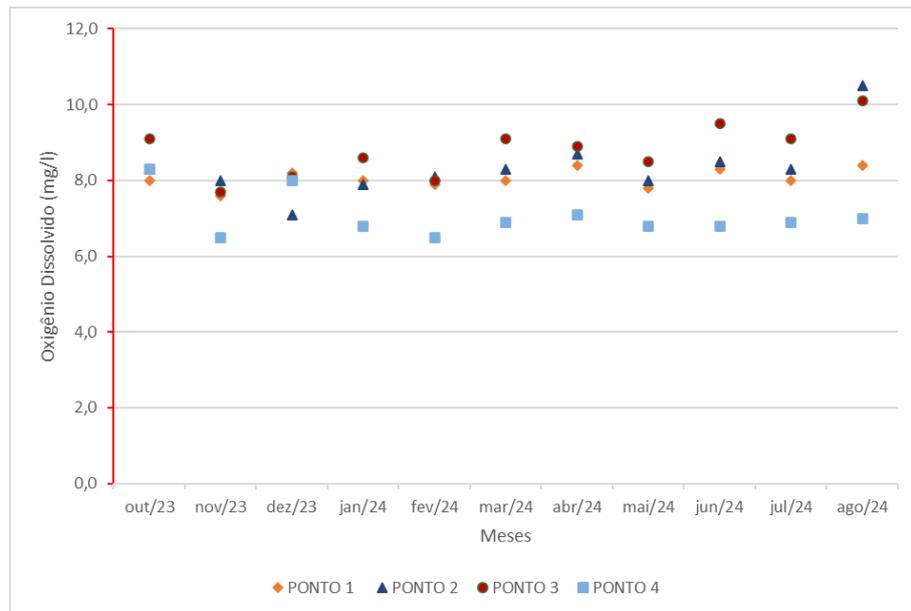
GRÁFICO 5 – Série temporal para valores de cor dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

A disponibilidade de oxigênio na água é um fator importante na determinação de suas condições de qualidade, apresentando valores elevados para o ponto 4 após a manutenção da rede de esgoto que se encontrava entre dos pontos 2 e 3. No gráfico 6 é mostrado esse comportamento.

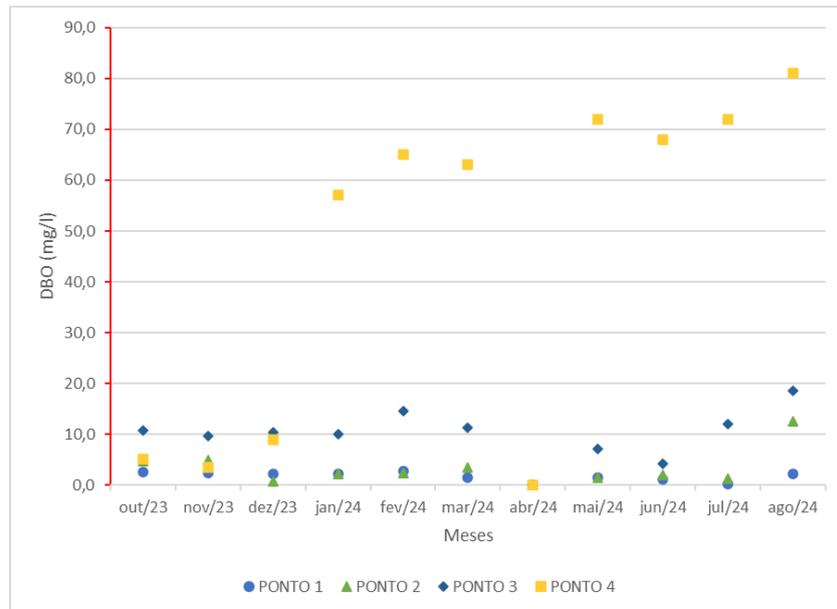
GRÁFICO 6 – Série temporal para valores de oxigênio dissolvido dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

É perceptível a diferença de valores de DBO encontrados no ponto 4 quando comparados com os demais (gráfico 7), os possíveis motivos serão discutidos posteriormente.

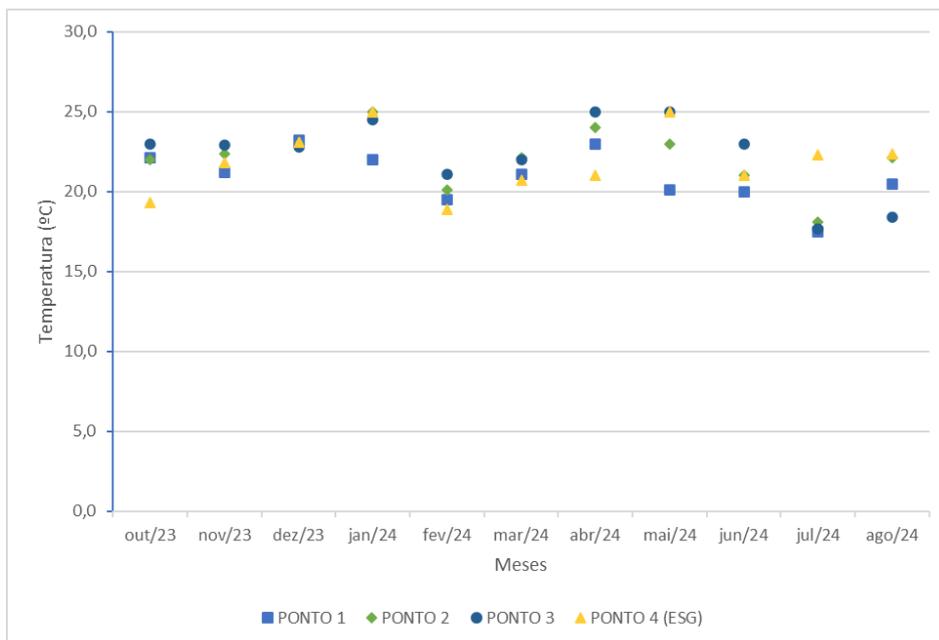
GRÁFICO 7 – Série temporal para valores de DBO₅ dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

A temperatura apresentou uma pequena variação ao longo dos meses de pesquisa (gráfico 8).

GRÁFICO 8 – Série temporal para valores de temperatura dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

Com o intuito de analisar os parâmetros de cada ponto analisado, organizou-se uma tabela de estatística descritiva, avaliando de acordo com o período em que foram feitas as coletas.

Para o ponto de controle (P1), o quadro 3 apresenta os dados organizados segundo estatística descritiva.

QUADRO 3 - Quadro de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do Ponto 1 – cabeceira (ponto de controle), no Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos.

| PONTO 1 | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| PARÂMETROS | TEMPO ¹ | NA ² | Min. ³ | Max. ⁴ | Méd. ⁵ | Perc. 10 ⁶ | Mediana ⁷ | Perc. 90 ⁸ | DP ⁹ | CV ¹⁰ |
| pH | seco | 5 | 5,1 | 7,2 | 5,90 | 5,27 | 5,60 | 6,74 | 0,80 | 0,13 |
| | chuvoso | 6 | 6,5 | 8,1 | 7,17 | 6,60 | 6,95 | 7,95 | 0,64 | 0,09 |
| Cond. Elétrica (µS/cm) | seco | 5 | 17,7 | 32,1 | 25,24 | 18,66 | 27,80 | 30,66 | 6,07 | 0,24 |
| | chuvoso | 6 | 8,6 | 39,0 | 15,24 | 8,98 | 11,30 | 25,45 | 11,71 | 0,77 |
| Turbidez (NTU) | seco | 5 | 1,0 | 4,0 | 2,2 | 1,40 | 2,00 | 3,20 | 1,10 | 0,50 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 5,0 | 2,83 | 0,00 | 3,50 | 5,00 | 2,32 | 0,82 |
| Cor (PCU) | seco | 5 | 0,0 | 2,1 | 0,4 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 0,93 | 2,24 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 9,3 | 4,22 | 0,50 | 3,00 | 9,17 | 0,20 | 0,05 |
| OD (mg/l) | seco | 5 | 7,8 | 8,4 | 8,18 | 7,88 | 8,30 | 8,40 | 0,27 | 0,03 |
| | chuvoso | 6 | 7,6 | 8,2 | 7,95 | 7,75 | 8,00 | 8,10 | 0,20 | 0,02 |
| DBO (mg/l) | seco | 5 | 0,3 | 2,3 | 1,33 | 0,54 | 1,35 | 2,09 | 0,84 | 0,64 |
| | chuvoso | 6 | 1,5 | 2,8 | 2,30 | 1,85 | 2,35 | 2,70 | 0,46 | 0,20 |
| Temperatura (°C) | seco | 5 | 17,5 | 23,0 | 20,22 | 18,50 | 20,10 | 22,00 | 1,95 | 0,10 |
| | chuvoso | 6 | 19,5 | 23,2 | 21,52 | 20,30 | 21,60 | 22,65 | 1,24 | 0,06 |

Divisão de períodos secos e chuvosos. ²NA: Número de amostras. ³Valor mínimo. ⁴Valor máximo. ⁵Média. ⁶Percentil 10% dos valores. ⁷Mediana. ⁸Percentil 90% dos valores. ⁹Desvio padrão. ¹⁰Coeficiente de variação. Amostras coletadas entre 26/10/2023 e 29/08/2024.

Fonte: O autor, 2024.

Para o ponto 2, que se encontra logo abaixo da BR – 356, o quadro 4, apresenta os dados organizados segundo a estatística descritiva.

QUADRO 4 - Quadro de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do Ponto 2 – abaixo da BR – 356, no Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos.

| PONTO 2 | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| PARÂMETROS | TEMPO ¹ | NA ² | Min. ³ | Max. ⁴ | Méd. ⁵ | Perc. 10 ⁶ | Mediana ⁷ | Perc. 90 ⁸ | DP ⁹ | CV ¹⁰ |
| pH | seco | 5 | 5,8 | 7,6 | 6,44 | 5,88 | 6,30 | 7,15 | 0,70 | 0,11 |
| | chuvoso | 6 | 6,7 | 8,8 | 7,47 | 6,80 | 7,14 | 8,47 | 0,82 | 0,11 |
| Cond. Elétrica (µS/cm) | seco | 5 | 29,4 | 50,8 | 39,04 | 30,44 | 38,60 | 48,24 | 8,80 | 0,23 |
| | chuvoso | 6 | 13,8 | 50,6 | 21,62 | 14,19 | 15,98 | 34,70 | 14,30 | 0,66 |
| Turbidez (NTU) | seco | 5 | 0,0 | 3,0 | 0,6 | 0,00 | 0,00 | 1,80 | 1,34 | 2,24 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 13,0 | 6,83 | 1,00 | 7,50 | 12,00 | 5,27 | 0,77 |
| Cor (PCU) | seco | 5 | 0,0 | 5,0 | 1,6 | 0,00 | 0,00 | 4,20 | 2,30 | 1,44 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 15,4 | 2,57 | 0,00 | 0,00 | 7,70 | 0,45 | 0,17 |
| OD (mg/l) | seco | 5 | 8,0 | 10,5 | 8,80 | 8,12 | 8,50 | 9,78 | 0,98 | 0,11 |
| | chuvoso | 6 | 7,1 | 8,3 | 7,95 | 7,50 | 8,05 | 8,30 | 0,45 | 0,06 |
| DBO (mg/l) | seco | 5 | 1,4 | 12,5 | 4,35 | 1,43 | 1,75 | 9,35 | 5,44 | 1,25 |
| | chuvoso | 6 | 0,7 | 5,0 | 3,12 | 1,50 | 2,95 | 4,90 | 1,65 | 0,53 |
| Temperatura (°C) | seco | 5 | 18,1 | 24,0 | 21,64 | 19,26 | 22,10 | 23,60 | 2,27 | 0,10 |
| | chuvoso | 6 | 20,1 | 25,0 | 22,43 | 21,05 | 22,25 | 24,00 | 1,59 | 0,07 |

Divisão de períodos secos e chuvosos. ²NA: Número de amostras. ³Valor mínimo. ⁴Valor máximo. ⁵Média. ⁶Percentil 10% dos valores. ⁷Mediana. ⁸Percentil 90% dos valores. ⁹Desvio padrão. ¹⁰Coeficiente de variação. Amostras coletadas entre 26/10/2023 e 29/08/2024.

Fonte: O autor, 2024.

Para o ponto 3, onde se localiza a Cachoeira do Matadouro, o quadro 5 apresenta os dados organizados segundo a estatística descritiva.

QUADRO 5 - Quadro de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do Ponto 3 – Cachoeira do Matadouro, no Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos.

| PONTO 3 | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| PARÂMETROS | TEMPO ¹ | NA ² | Min. ³ | Max. ⁴ | Méd. ⁵ | Perc. 10 ⁶ | Mediana ⁷ | Perc. 90 ⁸ | DP ⁹ | CV ¹⁰ |
| pH | seco | 5 | 5,8 | 7,8 | 6,40 | 5,92 | 6,10 | 7,15 | 0,79 | 0,12 |
| | chuvoso | 6 | 7,1 | 8,4 | 7,49 | 7,11 | 7,32 | 8,05 | 0,49 | 0,07 |
| Cond. Elétrica (µS/cm) | seco | 5 | 40,4 | 53,8 | 45,88 | 41,20 | 45,20 | 51,32 | 5,20 | 0,11 |
| | chuvoso | 6 | 18,8 | 55,1 | 30,92 | 20,40 | 27,38 | 44,97 | 13,20 | 0,43 |
| Turbidez (NTU) | seco | 5 | 2,0 | 9,0 | 4,4 | 2,40 | 3,00 | 7,40 | 2,79 | 0,63 |
| | chuvoso | 6 | 1,0 | 8,0 | 3,83 | 1,50 | 3,50 | 6,50 | 2,48 | 0,65 |
| Cor (PCU) | seco | 5 | 1,0 | 3,0 | 2,2 | 1,40 | 2,00 | 3,00 | 0,84 | 0,38 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 19,2 | 9,20 | 1,50 | 8,00 | 18,10 | 0,59 | 0,06 |
| OD (mg/l) | seco | 5 | 8,5 | 10,1 | 9,22 | 8,66 | 9,10 | 9,86 | 0,61 | 0,07 |
| | chuvoso | 6 | 7,7 | 9,1 | 8,43 | 7,85 | 8,35 | 9,10 | 0,59 | 0,07 |
| DBO (mg/l) | seco | 5 | 4,2 | 18,5 | 10,48 | 5,10 | 9,60 | 16,55 | 6,24 | 0,60 |
| | chuvoso | 6 | 9,6 | 14,6 | 11,15 | 9,85 | 10,60 | 13,00 | 1,80 | 0,16 |
| Temperatura (°C) | seco | 5 | 17,7 | 25,0 | 21,82 | 17,98 | 23,00 | 25,00 | 3,55 | 0,16 |
| | chuvoso | 6 | 21,1 | 24,5 | 22,72 | 21,55 | 22,85 | 23,75 | 1,13 | 0,05 |

Divisão de períodos secos e chuvosos. ²NA: Número de amostras. ³Valor mínimo. ⁴Valor máximo. ⁵Média. ⁶Percentil 10% dos valores. ⁷Mediana. ⁸Percentil 90% dos valores. ⁹Desvio padrão. ¹⁰Coeficiente de variação. Amostras coletadas entre 26/10/2023 e 29/08/2024.

Fonte: O autor, 2024.

Para o ponto 4, que se encontra onde é lançado o esgoto doméstico sem tratamento, o quadro 6, apresenta os dados organizados segundo a estatística descritiva.

QUADRO 6 - Quadro de estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade do Ponto 4 – Ponto de lançamento de esgoto bruto, no Córrego do Matadouro em tempo seco e em períodos chuvosos.

| PONTO 4 | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| PARÂMETROS | TEMPO ¹ | NA ² | Min. ³ | Max. ⁴ | Méd. ⁵ | Perc. 10 ⁶ | Mediana ⁷ | Perc. 90 ⁸ | DP ⁹ | CV ¹⁰ |
| pH | seco | 5 | 55,0 | 63,0 | 5,60 | 5,14 | 5,70 | 5,96 | 0,44 | 0,08 |
| | chuvoso | 6 | 21,0 | 55,0 | 6,23 | 5,85 | 6,10 | 6,75 | 0,42 | 0,07 |
| Cond. Elétrica (µS/cm) | seco | 5 | 5,0 | 9,0 | 58,00 | 53,00 | 57,00 | 61,40 | 3,16 | 0,05 |
| | chuvoso | 6 | 2,0 | 5,0 | 36,67 | 25,00 | 32,00 | 53,00 | 13,35 | 0,36 |
| Turbidez (NTU) | seco | 5 | 10 | 12,0 | 7,2 | 5,40 | 7,00 | 9,00 | 1,79 | 0,25 |
| | chuvoso | 6 | 3,0 | 12,0 | 3,33 | 2,50 | 3,00 | 4,50 | 1,03 | 0,31 |
| Cor (PCU) | seco | 5 | 6,8 | 7,1 | 10,8 | 10,00 | 11,00 | 11,60 | 0,84 | 0,08 |
| | chuvoso | 6 | 6,5 | 8,3 | 7,17 | 3,50 | 6,50 | 11,50 | 3,97 | 0,55 |
| OD (mg/l) | seco | 5 | 21,0 | 25,0 | 6,92 | 6,80 | 6,90 | 7,06 | 0,13 | 0,02 |
| | chuvoso | 6 | 18,9 | 25,0 | 7,17 | 6,50 | 6,85 | 8,15 | 0,78 | 0,11 |
| DBO (mg/l) | seco | 5 | 0,0 | 81,0 | 73,25 | 69,20 | 72,00 | 78,30 | 5,50 | 0,08 |
| | chuvoso | 6 | 0,0 | 65,0 | 33,78 | 4,35 | 33,00 | 64,00 | 30,71 | 0,91 |
| Temperatura (°C) | seco | 5 | 21,0 | 25,0 | 22,34 | 21,00 | 22,30 | 23,96 | 1,63 | 0,07 |
| | chuvoso | 6 | 18,9 | 25,0 | 21,47 | 19,10 | 21,25 | 24,05 | 2,33 | 0,11 |

¹Divisão de períodos secos e chuvosos. ²NA: Número de amostras. ³Valor mínimo. ⁴Valor máximo. ⁵Média. ⁶Percentil 10% dos valores. ⁷Mediana. ⁸Percentil 90% dos valores. ⁹Desvio padrão. ¹⁰Coeficiente de variação. Amostras coletadas entre 26/10/2023 e 29/08/2024.

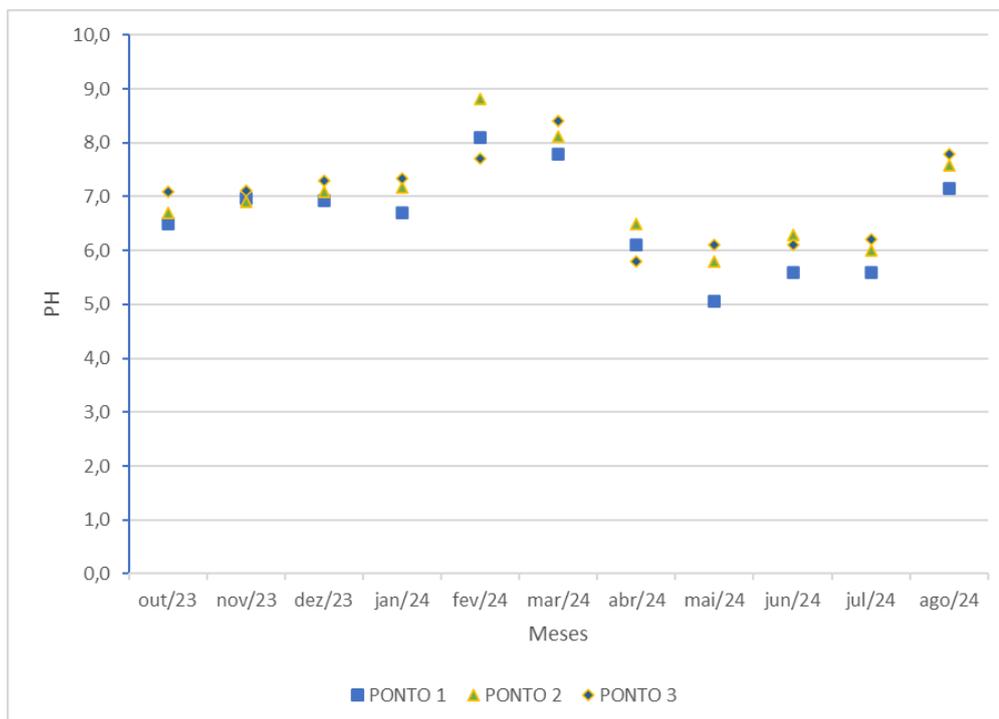
Fonte: O autor, 2024.

4.2 Parâmetros qualitativos

4.2.1 Ph

Segundo a classe 2 pela DN COPAM-CERH/MG Nº 8, os valores de referência para pH devem estar entre 6,0 e 9,0. No gráfico 9, foram comparados os valores de pH dos pontos 1, 2 e 3, que são a montante do lançamento de esgoto bruto.

GRÁFICO 9 – Comparação dos valores de pH dos pontos 1, 2 e 3.



Fonte: O autor, 2024.

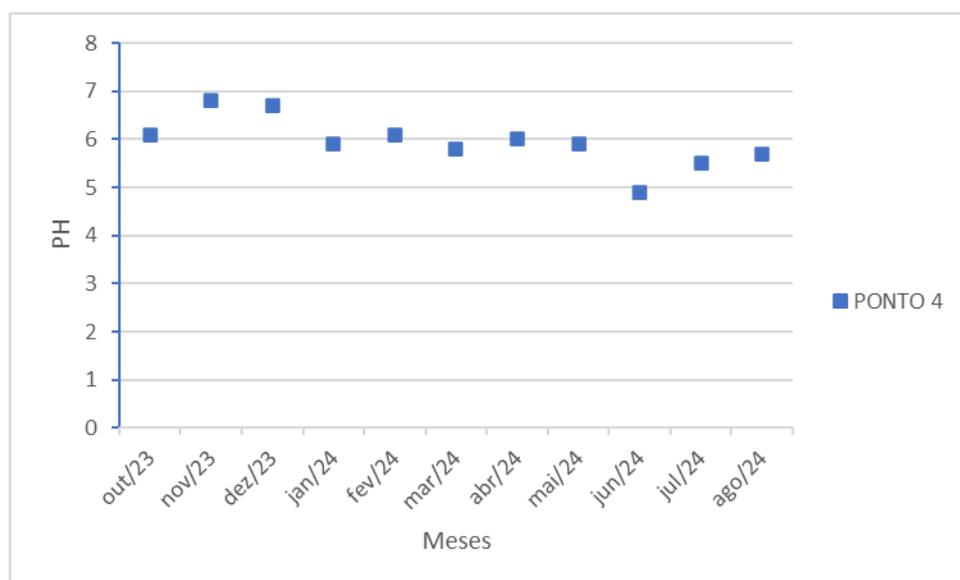
É possível notar que os valores de pH se encontram dentro da faixa preconizada pela legislação para um córrego de classe 2. O ponto 1, sendo a cabeceira do córrego, e aquele que possui a menor interferência de contribuições externas como, drenagem da rodovia e lançamento de esgoto bruto.

Os resultados correspondentes ao mês de fevereiro são os mais elevados. Por se tratar de um período de muitas precipitações o volume de água nos corpos hídricos é maior. Levando em consideração que os pontos 2 e 3 estão abaixo de uma rodovia, a impermeabilização e o sistema de drenagem aumentam o volume de contribuição de água, propiciando uma maior diluição de compostos dissolvidos. Esses fatores, segundo Carvalho et al. (2000), tendem a elevar os níveis de pH até valores próximos à neutralidade. Contudo, pode ocorrer o fenômeno da chuva ácida, devido a liberação de poluentes na atmosfera como dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), originados principalmente de veículos e indústrias, que causa uma diminuição do pH no córrego, o que pode explicar como alguns valores se encontram abaixo de

6.

Ao analisar o ponto 4, onde é lançado o esgoto doméstico bruto, percebe-se os menores valores do parâmetro. O gráfico 10 mostra a oscilação dos valores de pH no ponto 4, e nota-se que após a manutenção da rede de esgoto entre os pontos 2 e 3, os valores se encontraram abaixo do que preconiza a deliberação normativa.

Gráfico 10 - Variação de pH ao longo dos meses no ponto 4.



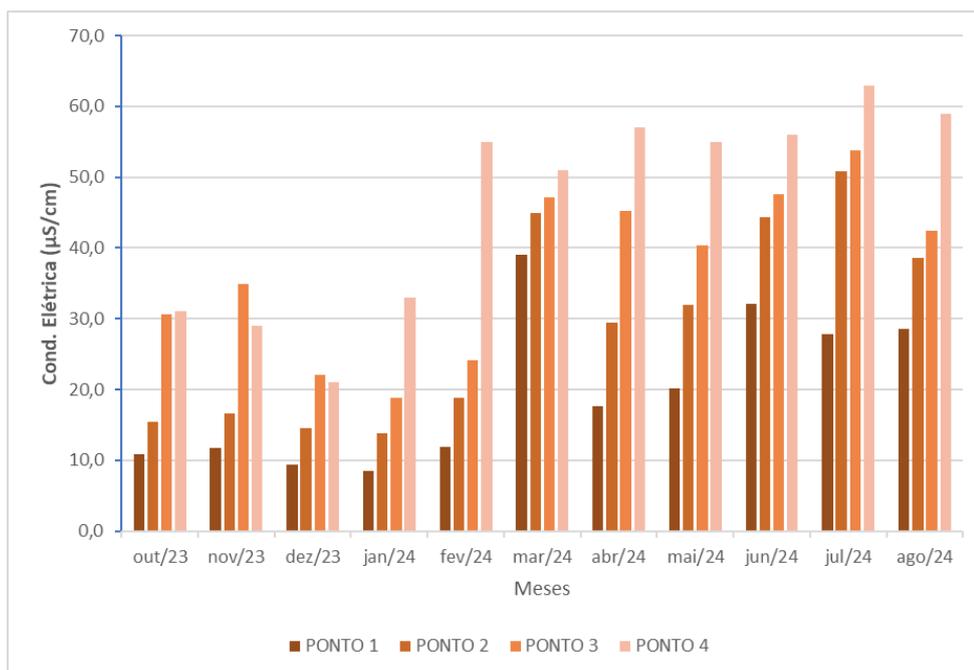
Fonte: O autor, 2024.

Uma das diversas consequências do lançamento de efluentes em corpos d'água, é a eutrofização, que aumenta as concentrações de nutrientes como nitrogênio e fósforo, gerando assim um ambiente favorável para o crescimento de macrófitas e de algas. A decomposição dessas espécies em ambientes aquáticos causa um aumento na acidez da água (NOZAKI, 2014), porém, como se trata de um ponto onde existe uma alta velocidade de escoamento, tanto pela inclinação acentuada do ponto 4 quanto por se tratar de um ponto de confluência, não há tempo de ocorrer tal processo, levando a conclusão mais provável de se tratar do próprio pH ácido do esgoto bruto lançado de forma irregular, o que foi verificado em situações semelhantes por Colzani (2013).

4.2.2 Condutividade Elétrica

No gráfico 11, observa-se a comparação dos valores de condutividade nos quatro pontos amostrais, ao longo do período de análises.

Gráfico 11 – Comparação dos valores de condutividade elétrica dos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

Em relação aos resultados de condutividade elétrica encontrados nas amostras, percebeu-se que, nos meses de outubro, novembro e dezembro, os valores encontrados no ponto 3 se equipararam ou ultrapassaram os valores do ponto 4. Após a alteração do ponto de lançamento de esgoto, houve um aumento dos valores encontrados no ponto 4 em relação aos demais.

É notável a diferença entre os três primeiros pontos e o ponto a jusante do lançamento de efluente sem tratamento, após os meses iniciais (outubro, novembro e dezembro). Segundo Gonçalves et al. (2020), isso pode se dar pela adição de sólidos dissolvidos na água após o lançamento de efluente no corpo hídrico.

O ponto 4 apresenta uma média de $36,67 \mu\text{S cm}^{-1}$ para tempo chuvoso e $58 \mu\text{S cm}^{-1}$

1 na estiagem, tendo um aumento de aproximadamente 37%. Isso ocorre devido o baixo volume de precipitações, resultando em uma maior concentração de substâncias polares encontradas em esgotos domésticos, que se dissolvem em íons em meio aquoso (PEREIRA et al., 2023).

4.2.3 Turbidez

Muitas mudanças na paisagem ao redor e no próprio córrego foram observadas. Uma delas, mais impactante, foi o acúmulo de sedimentos logo abaixo da Cachoeira do Matadouro (ponto 3) (Figura 14).



Figura 14 – Acúmulo de sedimentos abaixo da Cachoeira do Matadouro (ponto 3).

Fonte: O autor, 2024.

Ao avaliar a presença desse acúmulo de material sedimentar, a legislação estabelece que, substâncias que contribuam para o assoreamento do corpo hídrico devem ser virtualmente ausentes (BRASIL, 2022), configurando uma inadequação das condições de qualidade. A jusante do ponto 3, ocorre o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento. Os valores de turbidez encontrados no ponto 4, no ano de 2024, se mostraram significativamente altos. Observando o gráfico 4, temos altos valores de turbidez no ponto 3, que possivelmente se dá pela dificuldade da luz incidir na água devido o acúmulo de sólidos sedimentáveis (FRAVET, 2006), já os resultados elevados do ponto 4 podem ser uma consequência da contribuição do esgotamento

sanitário a jusante, uma vez que, a presença de microrganismos e matéria orgânica no esgoto lançado sem tratamento, podem, ocasionalmente, formar agregados que permanecem suspensos na água. Além disso, o aumento das concentrações de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, estimula o crescimento de algas, cuja decomposição afeta os valores de turbidez (VON SPERLING, 1996).

Segundo a legislação, por não apresentar enquadramento aprovado, o Córrego do Matadouro é considerado como classe 2, sendo assim, os valores encontrados no ponto de lançamento de esgoto bruto (P4), são muito superiores ao que preconiza a DN COPAM-CERH Nº 8, que é de 100 NTU (BRASIL, 2022).

4.2.4 Cor

Os valores encontrados para cor aparente nos pontos amostrais anteriores ao despejo irregular de efluente doméstico se mantiveram baixos, sendo o ponto 3 o mais elevado. Após o lançamento de esgoto bruto no ponto 4, houve um grande aumento desse parâmetro, comportamento parecido com o encontrado para os valores de turbidez.

A proximidade de residências, pequenos empreendimentos, ruas impermeabilizadas e, até mesmo próximo a uma oficina mecânica, faz com o córrego analisado tenha uma alteração em seus aspectos físicos como cor e turbidez (ALMEIDA, 2020). O impacto nos corpos hídricos que estão próximos à áreas urbanizadas é tão alto, que pode causar o assoreamento da nascente e extinguir o córrego (ROVERI; MUNIZ, 2016). Um ponto a ser destacado a respeito do uso e ocupação do solo ao redor do córrego do Matadouro, é a contribuição tanto da oficina mecânica, que recebem veículos de todos os portes para manutenção, quanto das residências próximas ao ponto 2. A dispersão de material particulado originado dessas fontes, pode ter como destino as águas do córrego, o que também altera a cor aparente (ALMEIDA, 2020).

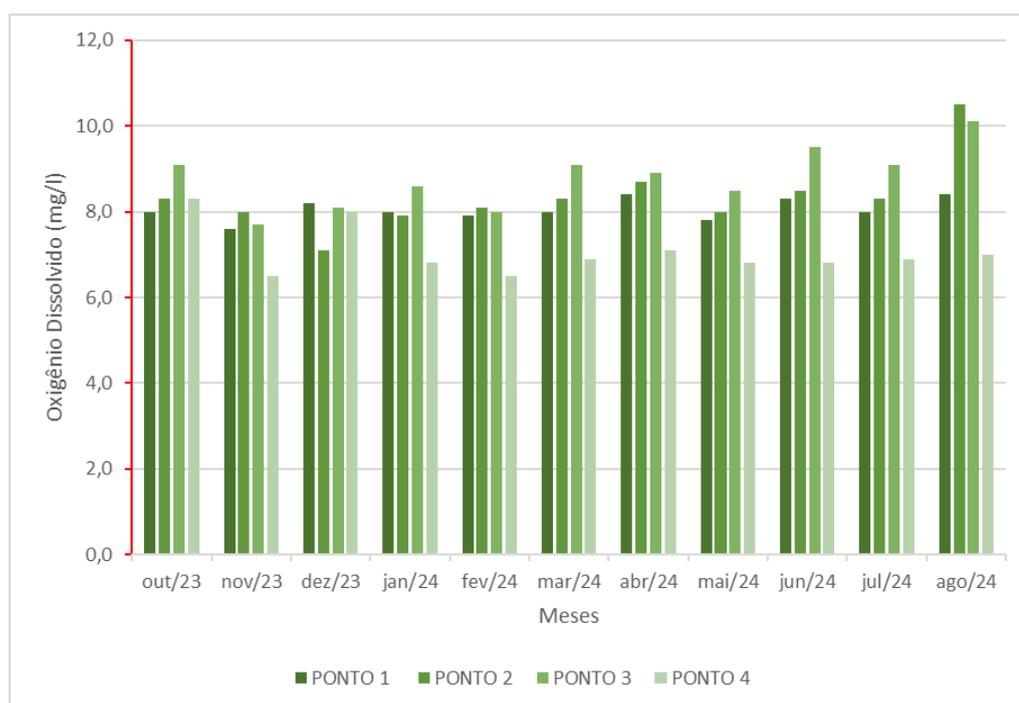
Como mencionado na análise anterior de valores de turbidez, a presença de sólidos suspensos dificultam a incidência de luz na água. Como exemplo desses sólidos tem-se, o carreamento de óleo, tanto da rodovia, quanto da oficina, que seriam fontes difusas de poluição, a matéria orgânica presente em esgoto bruto e os metais pesados

como cobre, ferro e manganês, originados de fontes pontuais de poluição. Isso pode ser causado pela união de fatores temporais e o uso do solo no local, aumentando o volume de água escoado e, conseqüentemente, a contribuição que chega até o córrego.

4.2.5 Oxigênio Dissolvido

Sendo um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação das condições de qualidade de água em corpos hídricos, o oxigênio dissolvido apresentou uma faixa de resultados esperados, com base nos valores de referência citados por von Sperling (2005), analisando os pontos a jusante e a montante do lançamento de esgoto bruto. O gráfico 12 exemplifica a comparação dos valores de OD entre os pontos de coleta

Gráfico 12 – Comparação de valores de OD nos pontos amostrais.



Fonte: O autor, 2024.

O ponto 3 apresentou a maior média de valores de oxigênio dissolvido. O motivo desse ponto apresentar essa característica, provavelmente é a agitação da água causada pela Cachoeira do Matadouro, causando uma oxigenação no meio aquático (NOZAKI, 2014). Os pontos 1 e 2, também apresentaram médias de valores de OD que indicam

um córrego em boas condições, sendo respectivamente 8,1 mgO₂/l e 8,3 mgO₂/l, sendo que a faixa para ser considerado em condições adequadas é de 8 a 10 mgO₂/l (Agência Nacional das Águas, 2009).

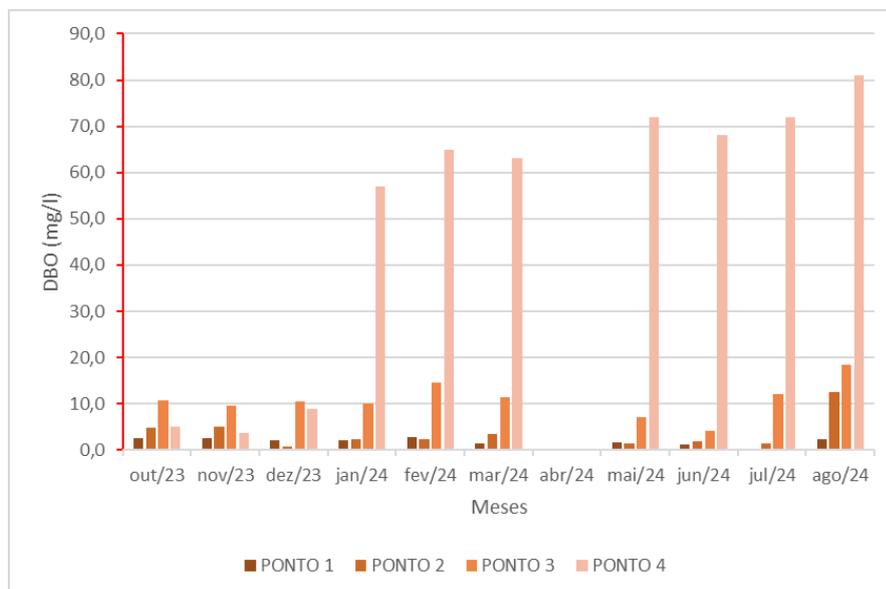
Após a manutenção da rede de esgoto entre os pontos 2 e 3, o lançamento de esgoto in natura, que possui um valor de OD baixo, foi lançado a montante do ponto 4. Por esse motivo foi notado uma queda nos valores de OD. Contudo, por se tratar de uma vazão pequena, esse valor não diminuiu muito. Outro fator a ser levado em consideração é, por se tratar de um córrego que está muito próximo a residências, este esgoto tem em sua composição restos de alimentos, fezes, produtos químicos de limpeza, dentre outros subprodutos, que tem altas concentrações de nitrogênio e fósforo, o que leva a depleção de oxigênio dissolvido pelo consumo de matéria orgânica.

É necessário entender que, cada córrego tem uma capacidade de assimilar lançamentos de efluentes e, caso essa capacidade seja extrapolada, sem uma intervenção, o resultado será um grande impacto ambiental (VON SPERLING, 2005), afetando severamente a biodiversidade aquática. Então mesmo que os valores no ponto 4 não tenham diminuído consideravelmente, o despejo de esgoto sanitário a jusante desse ponto, demanda atenção. Para evidenciar isso, em condições semelhantes de despejo de efluentes domésticos, Pereira et al. (2023), obteve valores abaixo do limite estabelecido pela legislação em pontos a jusante do lançamento de esgoto bruto. Segundo a DN COPAM-CERH/MG nº 8, um corpo d'água de classe 2, não deve apresentar valores de OD inferiores a 5,0 mgO₂/l em nenhuma amostra analisada (BRASIL, 2022), o que foi atendido pelo córrego analisado.

4.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Os pontos 1,2,3 e 4, apresentaram como médias respectivamente de 1,9 mg/l; 3,6 mg/l; 10,9 mg/l e 49,6 mg/l. O ponto 4, em período seco, apresentou o maior valor de DBO₅, 81 mg/l, com mediana de 72 mg/l, e comparando com o resultado encontrado por Souza e Gastaldini (2014) de 23 mg/l, nota-se uma diferença expressiva. O gráfico 13 apresenta uma comparação entre os valores de DBO₅, nos pontos de coleta.

Gráfico 13 – Comparação de valores de DBO nos pontos amostrais.



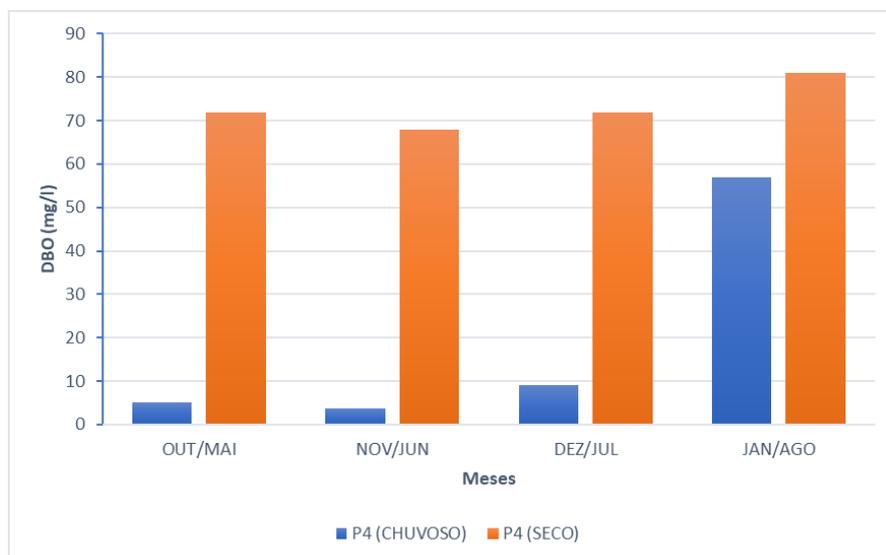
Fonte: O autor, 2024.

Com base na literatura, para um corpo d'água ser considerado limpo, os valores de DBO devem variar entre 2 e 5 mg/l; para esgotos brutos, os valores se encontram na faixa de 200 a 800 mg/l (VON SPERLING, 2005). Como a análise foi feita considerando o córrego do Matadouro como de classe 2, os valores de DBO₅ não devem ultrapassar 5 mg/l.

Os resultados obtidos superam o valor de referência em todas as coletas realizadas na Cachoeira do Matadouro (ponto 3). Isso provavelmente, é consequência de algum resquício de despejo de esgoto sem tratamento em pontos a montante da cachoeira, como o que se encontrava nos primeiros meses de coleta.

Comparando os resultados do ponto 4 em períodos secos e chuvosos, é possível notar que o Córrego do Matadouro apresentou valores maiores em tempo seco. No gráfico 14, foram exemplificadas as comparações.

Gráfico 14 – Comparação entre os valores de DBO₅ no ponto 4 em tempo seco e chuvoso.



Fonte: O autor, 2024.

Em meses com uma precipitação média maior, a vazão do córrego também é maior, resultando em uma diminuição das concentrações de poluentes presentes na água. Contudo, é necessário cautela, pois épocas de maiores índices pluviométricos podem mascarar possíveis focos de poluição, uma vez que a vazão maior do córrego irá atenuar a concentração de poluentes temporariamente. Por esse motivo, existe a necessidade de se quantificar a carga poluidora. Dito isso, utilizou-se a equação 3 para determinar as cargas poluidoras referentes a DBO₅. O gráfico 15 apresenta a comparação das cargas poluidoras encontradas.

QUADRO 3 – Valores de carga poluidora de DBO.

| CARGA POLUIDORA DE DBO (kg/d) | dez/23 | jan/24 | fev/24 | mai/24 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| PONTO 4 | 81,3 | 515,0 | 587,2 | 388,3 |

Fonte: O autor, 2024.

Ao observar o quadro 3, é perceptível que, mesmo em meses de altos índices pluviométricos (janeiro e fevereiro), identificou-se valores expressivos de carga poluidora. Isso pode evidenciar que ocorreu o fenômeno da diluição.

4.2.7. Escherichia coli (E. Coli)

Para o parâmetro de E. Coli, foi apenas determinada a presença ou a ausência dessa bactéria nos pontos do córrego analisado. O método utilizado foi o colilert, realizado em quatro momentos durante o monitoramento, divididos em tempo chuvoso e seco. Na figura 15, é demonstrado o resultado da análise.

Figura 15 – Resultado de análise qualitativa de E. Coli nas amostras coletadas no córrego do Matadouro.



Fonte: O autor, 2024.

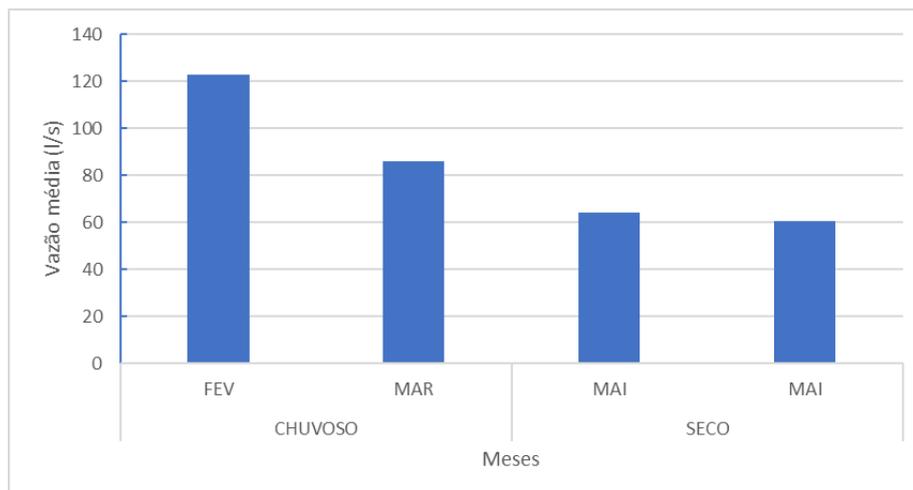
Todas as amostras acusaram a presença da bactéria *Escherichia coli*, tanto em período seco, quanto chuvoso.

4.3 Parâmetro Quantitativo

4.3.1 Medição de Vazão

Em uma tabela de *Excel*, foi realizado o cálculo da vazão média total. Foram feitas medições de vazão nos meses de fevereiro, março, maio e julho de 2024. O gráfico 15 mostra o resultado das medidas de vazão média nos meses indicados.

GRÁFICO 15 – Vazões médias do Córrego do Matadouro.



Fonte: O autor, 2024.

Os resultados de vazão mostram uma diminuição quando se aproxima dos meses mais secos.

Para entender a influência da vazão média, é necessário conhecer o tipo de recobrimento de solo das áreas de drenagem que geram contribuição para o ponto da Cachoeira do Matadouro, local que se mediu a vazão, se é predominante a presença de solo impermeabilizado ou solo permeável, uma vez que a impermeabilização do solo diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial (BASSO et al., 2018).

As regiões a montante do ponto 3, são altamente impermeabilizadas, aumentando a quantidade de água disponível no local.

Apesar dos meses de fevereiro e março apresentarem vazões médias superiores as demais, as cargas poluentes relacionadas a DBO_5 encontradas foram maiores justamente nesses dois meses. Isso pode ser causado, em períodos chuvosos, pelo aumento das contribuições advindas das áreas de drenagem a montante do ponto 3, onde se encontram residências, uma oficina mecânica e a BR-356. Essas contribuições possuem altas concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos já citados anteriormente, que potencializam a contaminação da água.

5. Considerações Finais

O monitoramento das condições de qualidade de água do córrego do Matadouro revelou importantes questões sobre as fontes poluidoras em diferentes períodos, secos e chuvosos. A análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos demonstrou que a sazonalidade influencia significativamente a qualidade da água, evidenciando que os períodos chuvosos, levando em consideração as especificidades da área de estudo, apresentam cargas poluidoras mais elevadas. Essa elevação se relaciona, em grande parte, ao escoamento superficial que mobiliza poluentes acumulados e efluentes não tratados.

Os resultados obtidos dos parâmetros de pH, cor, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e condutividade elétrica, foram comparados com as condições normativas pré-estabelecidas, destacando não apenas as áreas que atendem aos padrões de qualidade, mas também aquelas que exigem intervenções para mitigar as fontes de poluição. Os pontos a montante do local de lançamento de efluente doméstico sem tratamento, se mostraram, em sua maioria, dentro dos padrões exigidos para um corpo hídrico de classe 2, porém, o ponto onde está localizada a Cachoeira do Matadouro, apresentou resultados de DBO₅ superiores ao que preconiza a legislação em 9 das 10 coletas, sendo esse um fator relevante para avaliação das condições de qualidade de um corpo d'água.

A relação entre as cargas poluidoras referentes à DBO₅ e o uso e ocupação do solo nas áreas à montante da Cachoeira do Matadouro (local de determinação da vazão média), foi claramente estabelecida, ressaltando as condições que influenciam no aumento dessas cargas. Existe então a necessidade, tanto de um planejamento urbano mais sustentável, com uma infraestrutura de coleta, transporte e tratamento de esgoto, quanto de práticas de manejo que priorizem a preservação dos recursos hídricos e a recuperação do espaço de lazer e convivência da comunidade do bairro São Vicente, como o desassoreamento do córrego e o seu monitoramento contínuo.

O ponto a jusante do lançamento de esgoto bruto, após os reparos na rede de esgoto em janeiro de 2024, apresentou, em todos os parâmetros avaliados, resultados superiores aos de referência utilizados na análise. Contudo, ao realizar a análise de carga poluidora, notou-se que os valores mais elevados, ocorrem em épocas de altos índices pluviométricos, somando ao lançamento de esgoto bruto, as contribuições de drenagem pluvial da BR-356, das residências e da oficina mecânica, e aumentando a probabilidade de estar acontecendo o fenômeno da diluição das concentrações de poluentes.

A relação entre essas cargas poluidoras referentes à DBO₅ e o uso e ocupação do solo nas áreas à montante da Cachoeira do Matadouro (local de determinação da vazão média), foi claramente estabelecida, ressaltando as condições que influenciam no aumento dessas cargas. Existe então a necessidade, tanto de um planejamento urbano mais sustentável, com uma infraestrutura de coleta, transporte e tratamento de esgoto, quanto de práticas de manejo que priorizem a preservação dos recursos hídricos e a recuperação do espaço de lazer e convivência da comunidade do bairro São Vicente, como o desassoreamento do córrego e o seu monitoramento contínuo.

Realizar esse tipo de monitoramento de qualidade, ganha ainda mais importância em tempos onde desastres envolvendo grandes impactos ambientais estão acontecendo, como rompimentos de barragens de rejeito de minério. Conhecer as condições previamente existentes de qualidade de um corpo d'água, auxilia em medidas de recuperação desse ecossistema após grandes eventos destrutivos.

Recomenda-se que o monitoramento das condições de qualidade da água do córrego do Matadouro, seja contínuo, em períodos secos e chuvosos. A manutenção dos pontos de lançamento de efluentes domésticos, bem como a implantação de uma infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto, são pontos indispensáveis para que se alcance níveis de qualidade de água superiores.

Por fim, os dados gerados neste monitoramento podem servir como base para futuras ações de conscientização e políticas públicas voltadas para a melhoria da qualidade

da água e da saúde ambiental do córrego do Matadouro, contribuindo para a proteção dos ecossistemas locais e a qualidade de vida da população.

5 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A.M.S.B. Caracterização limnológica e classificação das macrófitas aquáticas flutuantes nas cavas de areia da univap campus urbanova jacareí/SP. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Paraíba Faculdade de Educação e Artes, Jacareí, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas. 2009. Acesso em 15 julho de 2024. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed.. Washington: APHA,1998.

BASSO, Leandrea et al. Gerenciamento da Drenagem Urbana: Um desafio multidisciplinar e multissetorial. Revista Conexão Eletrônica, v. 15, n. 1, 2018.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.

BENETTI, A. D.; GEHLING, G. R.; DEUS, A. B. S.; EKMAN, M. C. S. Problemas Associados às Interconexões entre Redes de Águas Pluviais e de Esgotos Sanitários. In: 1° SIMPÓSIO DE ÁGUAS DA AUGM, 2005, Santa Maria. Uso sustentável dos recursos hídricos: tecnologia, gestão e educação. ABRH, 2005.

CAMPANA, Nestor Aldo; TUCCI, Carlos E.M. Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. Revista Brasileira de Engenharia, v. 12, n. 2, p. 79-94, 1994.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.h.M.; TORNISIELO, v.l. 2000. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. Química Nova,

23(5): 618-622.

CHAMUN, Camille Couto et al. Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado à bacia hidrográfica urbana. 2008.

CLIMATE DATA: MARIANA MG, 2023.

COLZANI¹, Emílio; SILVA, Emília Maria. Aspectos ambientais no trecho urbano do córrego Laranja Doce em Dourados, MS, Brasil, 2013.

DA SILVA JUNIOR, Osmar Pereira; DE CARVALHO, Sergio Luís; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Qualidade microbiológica da água do Córrego das Marrecas no município de Dracena-SP. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 13, n. 4, 2017.

DE ALMEIDA, Thainara Perondini et al. Qualidade e preservação da água das fontes minerais naturais do município de Amparo–SP. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 8, n. 56, 2020.

DE CASTRO VIEIRA, Paulo. Avaliação das condições da qualidade da água em tempo seco e durante eventos de chuvas em uma microbacia urbanizada no município de Belo Horizonte. 2008.

DE CARVALHO, Thiago Morato. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

DOS SANTOS, Elizabet et al. Relações pedogeomorfológicas do município de Mariana (MG): uma análise. Simpósio Nacional de Geomorfologia. p.5. 2012.

FRAVET, A.M.M.F. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu - SP e saúde pública. viii, 71 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu,2006.

GONÇALVES, Luan Luongo et al. Qualidade da água de córregos urbanos de São Gabriel/RS. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v. 14, n. 2, p. 267-273, 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 274, 29 de Novembro de 2000. Ministério do Meio Ambiente

HAASE, Dagmar. Effects of urbanisation on the water balance—A long-term trajectory. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 29, n. 4, p. 211-219, 2009.

KALHOR, Koosha; EMAMINEJAD, Newsha. Sustainable development in cities: Studying the relationship between groundwater level and urbanization using remote sensing data. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 9, p. 100243, 2019.

LIMA, Ricardo Neves de Souza et al. 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. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 21, p. 139-150, 2016.

PEREIRA, Matheus Filipe da Silva et al. Condições de qualidade de água em um córrego urbano em Ouro Preto—MG. 2023.

PADOVESI-FONSECA, Claudia; DE FARIA, Rafaela Silva. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil e Europa. *Revista Mineira de Recursos Hídricos*, v. 3, 2022.

PITT, Robert; BURTON, G. Allen. Methods for the assessment of urban wet-weather flow impacts. In: *Linking stormwater BMP designs and performance to receiving water impact mitigation*. 2002. p. 316-333.

ROVERI, V.; MUNIZ, C.C. Contaminação microbiológica por *Escherichia coli*: estudo, preliminar, no canal de drenagem urbana da Av. Lourival Verdeiro do Amaral – São Vicente/SP. *Revista Eletrônica Don Domênico*, Guarujá, v. 12, n. 8, p. 1-9, 2016. Disponível em: <www.faculdadedondomenico.edu.br/revista_don/artigos8edicao/12ed8.pdf>. Acesso em: 28 set. 2024.

SANTOS, I. et al. *Hidrometria Aplicada*, Curitiba: Editoração CEHPAR—Centro de

Hidráulica e Hidrologia. Prof. Parigot de Souza, 2001.

SOUZA, M. M de; GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM); Comissão Estadual de Recursos Hídricos (CERH). Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG nº 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. Diário do Executivo Minas Gerais.

NOZAKI, Cássia Tiemi et al. Comportamento temporal do oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. Atas de Saúde Ambiental-ASA (ISSN 2357-7614), v. 2, n. 1, p. 29-44, 2014.

SILVA, Cláudia de Lima. Estudo da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão do Carmo (MG), com ênfase na geoquímica e na comunidade zooplanctônica. 2013.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995. 428 p.

TUCCI, Carlos E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 2 n.2. Jul/Dez 1997.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. Eclética Química, v. 22, p. 49-66, 1997.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243 p. - (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1)

VON SPERLING, M. Esgotos Sanitários: Soluções de Esgotamento Sanitário. In: BARROS, R. T. V. et al. Manual de Saneamento e proteção ambiental para os municípios. Vol.2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

VON SPERLING, M. (2005). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade das águas de rios. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 7, 2007. 588 p.