

CENTRO UNIVERSITÁRIO BARÃO DE MAUÁ

**ENZO LUIGI CARREGARI BENELLI
LUIZA VITÓRIA PEREIRA DA SILVA
VITÓRIA BEATRIZ LUZ TALARICO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MOGI-GUAÇU NO MUNICÍPIO
DE PITANGUEIRAS - SP**

Ribeirão Preto

2024

**ENZO LUIGI CARREGARI BENELLI
LUIZA VITÓRIA PEREIRA DA SILVA
VITÓRIA BEATRIZ LUZ TALARICO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MOGI-GUAÇU NO MUNICÍPIO
DE PITANGUEIRAS - SP**

Trabalho de conclusão de curso de
Ciências Biológicas do Centro
Universitário Barão de Mauá para
obtenção do título de bacharel.

Orientadora: Profa. Dr.^a Valéria Cristina
da Silva

Ribeirão Preto

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

A532

Análise da qualidade da água do rio Mogi-Guaçu no município de Pitangueiras - SP/ Enzo Luigi Carregari Benelli; Luiza Vitória Pereira da Silva; Vitória Beatriz Luz Talarico - Ribeirão Preto, 2024.

35p.il

Trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Barão de Mauá

Orientador: Dra. Valéria Cristina da Silva

Bibliotecária Responsável: Maria Gabriela Farias Cobianchi CRB⁸ 9914

**ENZO LUIGI CARREGARI BENELLI
LUIZA VITÓRIA PEREIRA DA SILVA
VITÓRIA BEATRIZ LUZ TALARICO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MOGI-GUAÇU NO MUNICÍPIO
DE PITANGUEIRAS – SP**

Trabalho de conclusão de curso de
Ciências Biológicas do Centro
Universitário Barão de Mauá para
obtenção do título de bacharel.

Data de aprovação: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr.^a Valéria Cristina da Silva
Centro Universitário Barão de Mauá – Ribeirão Preto

Me. Marcelo Nunes Mestriner
Centro Universitário Barão de Mauá – Ribeirão Preto

Me. José Norberto Bazon
Centro Universitário Barão de Mauá – Ribeirão Preto

Ribeirão Preto

2024

Dedicamos este trabalho aos nossos pais que foram os pilares para que conseguíssemos passar por essa trajetória e aos nossos amigos que foram essenciais para que essa caminhada fosse mais leve, nos motivando e alegrando todos os dias.

AGRADECIMENTOS

Chegar a este momento é uma grande vitória para nossa trajetória acadêmica, e neste momento desejamos expressar nossa mais sincera gratidão a todos aqueles que fizeram parte dessa trajetória incrível.

Agradecemos a nossa orientadora Valéria Cristina da Silva, a Andréa Cristina Tomazelli por toda disponibilidade para nos ajudar ao longo de todo processo de formação e suas incontáveis contribuições para nos tornar profissionais melhores.

Ao professor Mario Henrique Paziani pelo apoio e ajuda em momentos de confusão e, incontáveis puxões de orelha em momentos necessários, a professora Lucila Costa Zini Angelotti cuja o apoio na parte estatística foi essencial.

Este é o resultado de um trabalho coletivo, que representa o esforço que empregamos nesses anos de aprendizagem, agradecemos a todos aqueles que passaram por nossas vidas e nos acrescentaram algum ensinamento, sem isso não seríamos o que somos hoje, obrigado.

“O animal é tão ou mais sábio do que o homem: conhece a medida da sua necessidade, enquanto o homem a ignora.”

(Demócrito)

RESUMO

O rio Mogi-Guaçu transita por uma área de aproximadamente 15.000 km², abastece cerca de 43 municípios em sua extensão, sendo fundamental para a manutenção e fluidez da vida e dos ambientes que percorre. Analisar os parâmetros da qualidade da água é de suma importância para a manutenção dos ecossistemas, visto que, existe a dispersão de contaminantes e poluentes, favorecendo a proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos. Neste estudo a qualidade da água do rio Mogi-Guaçu em uma área próxima ao município de Pitangueiras (SP), contendo ranchos próximos às margens do rio foi avaliada com o objetivo de analisar e comparar os parâmetros da qualidade da água do rio em três pontos de coleta subsequentes: o primeiro em uma área de vegetação preservada, o segundo em uma área com maior intervenção humana, ocupada por ranchos, e o terceiro em outra área de vegetação preservada. As amostras foram coletadas na estação de seca e chuvosa. Nos bioensaios foram observados os parâmetros físico-químicos (pH e turbidez) e microbiológicos (coliformes totais, fecais e bactérias consumidoras de matéria orgânica), que demonstraram alteração significativa entre os pontos apenas na turbidez. A presença de coliformes totais e fecais foi observada nos três pontos analisados, indicando que a água não está apropriada para consumo, o que pode enquadrar o rio Mogi-Guaçu em um dos pontos de contaminação presentes na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu. Concluiu-se que a presença ou ausência dos ranchos não demonstrou uma influência significativa na qualidade da água, destacando a necessidade de pesquisas futuras mais detalhadas e aprofundadas sobre o tema.

Palavras-chave: qualidade da água; rio Mogi-Guaçu; análise microbiológica.

ABSTRACT

The Mogi-Guaçu River flows through an area of approximately 15,000 km², supplying about 43 municipalities along its length, playing a crucial role in maintaining and supporting the life and environments it traverses. Analyzing water quality parameters is of utmost importance for the preservation of ecosystems, as the dispersion of contaminants and pollutants can favor the proliferation of potentially pathogenic microorganisms. This study assessed the water quality of the Mogi-Guaçu River in an area near the municipality of Pitangueiras (SP), containing small houses (ranchos) near the riverbanks, with the aim of analyzing and comparing the water quality parameters at three subsequent collection points: the first in a preserved vegetation area, the second in an area with greater human intervention occupied by ranches, and the third in another preserved vegetation area. Samples were collected during both dry and rainy seasons. Bioassays were conducted, observing physical-chemical (pH and turbidity) and microbiological (total coliforms, fecal coliforms, and organic matter-consuming bacteria) parameters, which showed significant changes between the points, but only in turbidity. The presence of total and fecal coliforms was observed at all three analyzed points, indicating that the water is not suitable for consumption, which could classifying the Mogi-Guaçu River as one of the contamination points in the Mogi-Guaçu River Basin. The results indicated that the presence or absence of ranches did not show a significant influence on water quality, underscoring the need for more detailed and in-depth future research on the topic

Keywords: water quality; Mogi-Guaçu river; microbiological analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA	12
2.1 Pesquisa bibliográfica	12
2.2 Área de estudo	12
2.3 Coleta de amostras	16
2.4 Análises laboratoriais	16
2.5 Análise estatística	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
4 CONCLUSÃO	31
REFÊRENCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A visão filosófica de Heráclito de Éfeso emerge como uma lente intrigante para compreendermos a dinâmica das ações antrópicas frente aos recursos hídricos. Este filósofo sustenta a visão de que a natureza é caracterizada por um constante fluxo e transformação, expressando tal ideia na metáfora de que é impossível banhar-se duas vezes na mesma água de um rio, dada sua perpétua mutabilidade (Silva, 1998).

Nesse contexto, ao relacionarmos essa concepção com a poluição crescente dos rios resultante do desenvolvimento urbano e industrial, torna-se evidente que as águas que percorrem esses cursos naturais já não refletem mais suas condições originais, sendo profundamente influenciadas pelas atividades antrópicas. Os efeitos correlatos da urbanização e da industrialização, juntamente com o rápido crescimento populacional observado nas últimas décadas, são facilmente visíveis devido às consequências causadas na sociedade atual (Seabra, 2015).

Os rios situados próximos a áreas urbanas são exemplos claros dessa combinação de efeitos, durante o início da ocupação urbana esses espaços hidrográficos eram utilizados como fonte de recursos básicos, como água e alimento, além de servirem como vias de transporte. No entanto, com o aumento da urbanização, esses ambientes passaram a ser utilizados como locais para o despejo de resíduos de origem doméstica e industrial, acarretando a contaminação dessas águas. Consequentemente, os rios tiveram seus fluxos naturais modificados e, muitas vezes, houve a necessidade de desvio e até mesmo canalização para acomodar as mudanças impostas pelo desenvolvimento urbano (Santos, 2015).

Os recursos hídricos em cidades industrializadas enfrentam sérios desafios decorrentes de altas concentrações de impurezas, tanto microbiológicos quanto de compostos químicos, o que os torna impróprios para o consumo humano. A ausência de um planejamento adequado na gestão desses recursos resulta em uma degradação contínua e significativa da qualidade da água. Esse cenário não apenas provoca a poluição dos cursos d'água, mas também acarreta a perda da biodiversidade e tem impactos adversos para a saúde da população que depende desses recursos naturais (Silva, 2021).

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostram que em média mais de um milhão e quinhentos mil humanos morrem por ano, devido a alguma doença associada à água contaminada e, cerca de 80% das doenças que se espalham pelos países subdesenvolvidos são provenientes dessas águas (OMS, 2014 *apud* Miranda Junior; Borges; Leme, 2022).

Por meio de estudos, é possível monitorar as concentrações de determinados poluentes nos corpos d'água, contribuindo para a criação de estratégias de monitoramento e gerenciamento, possibilitando o desenvolvimento de políticas para um maior controle dos recursos hídricos e da poluição. A redução da disponibilidade da água está relacionada diretamente com as formas de uso e da contaminação dos lençóis freáticos (Teles *et al.*, 2022).

Tendo em foco a análise da qualidade da água do rio Mogi-Guaçu, que passa por cidades ao redor da região de Pitangueiras (SP), que contêm ranchos ou chácaras habitadas margeadas por ele, é de suma importância a análise de suas águas, tendo em vista que não há presença de tubulação de água e esgoto em regiões ribeirinhas (Tavares *et al.*, 2021), acarretando a provável poluição dos rios por despejo de esgoto e descarte inadequado de agrotóxicos usados em plantações.

Vale ressaltar que a bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu apresenta pontos elevados de contaminação em algumas áreas de seu percurso (Teles *et al.*, 2022). Outro fator importante para a análise dessas águas é o possível consumo destas por ribeirinhos, ocasionado pela ausência de rede de distribuição de água tratada aos ranchos. Desta forma, estes indivíduos acabam consumindo água de poços artesianos ou do próprio rio, o que pode ocasionar doenças ou intoxicações.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar e comparar os parâmetros da qualidade da água (físico-químicos e microbiológicos) do rio Mogi-Guaçu em áreas de vegetação preservada e áreas alocadas com ranchos, localizado nas proximidades da cidade de Pitangueiras (SP). Desta forma, pretendeu-se verificar os impactos ambientais presentes no rio, consequências de atividades antrópicas.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio de pesquisas bibliográficas, coleta e análise de amostras. Realizaram-se duas coletas no rio Mogi-Guaçu (Pitangueiras - SP) nos meses de junho e setembro de 2024. As amostras referentes a junho representaram o período de seca do rio e as amostras do mês de setembro foram referentes ao período de cheia.

Ao todo foram coletadas vinte e quatro amostras nas estações de seca e cheia, em três pontos de coletas. Em cada ponto coletou-se oito amostras para análise dos seguintes parâmetros: turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), massa seca de sólidos totais e testes microbiológicos para detecção de coliformes totais e fecais.

2.1 Pesquisa bibliográfica

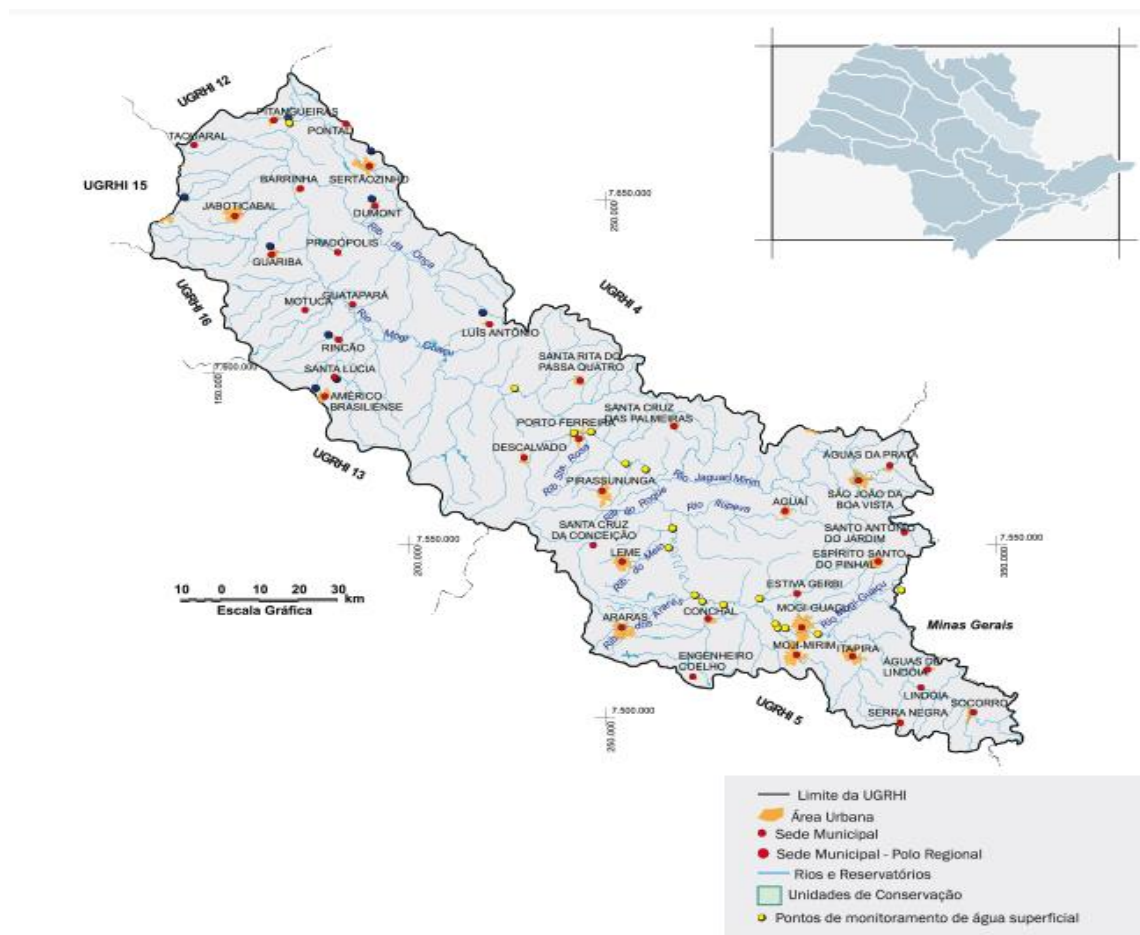
O levantamento bibliográfico foi feito através de consulta nas bases de dados do Google Acadêmico, em revistas científicas *online* e na *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Também foram consultadas teses e dissertações que abordaram o tema proposto pelo experimento, disponíveis na base de dados da Fiocruz, Unicamp, Universidade Federal de Pernambuco, entre outros, assim como órgãos governamentais como o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Sistema integrado de gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para realizar a pesquisa, foram utilizados artigos e trabalhos publicados em português e inglês utilizando as palavras-chave: qualidade de água, análise microbiológica, coliformes, rio Mogi-Guaçu, *water* e *quality*. Os artigos escolhidos foram selecionados de acordo com a relevância para o estudo.

2.2 Área de estudo

O município de Pitangueiras (SP) pertence à bacia hidrográfica do Mogi-Guaçu que abrange cerca de 43 municípios, percorrendo uma área de 15.004 km² (Figura 1) (SigRH, 2023). O rio Mogi-Guaçu (Figura 2) percorre aproximadamente 473 km, onde passa por mais de 40 municípios entre os Estados de Minas Gerais e São Paulo, abastecendo uma população de mais de um milhão e meio de

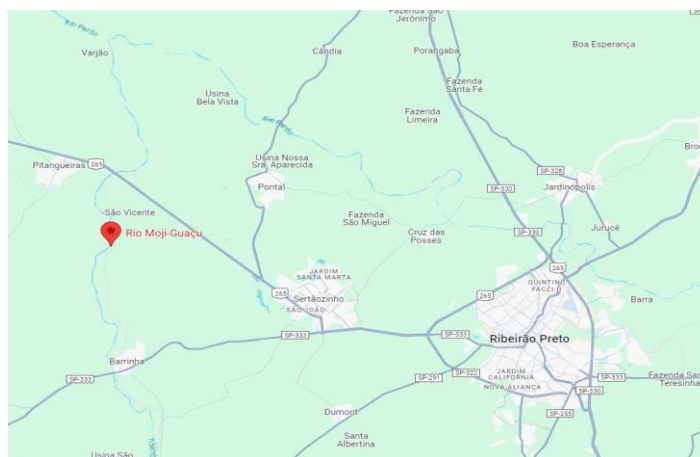
peças, servindo também como área de recreação para a população (IBGE, 2016).

Figura 1 – Municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu no Estado de São Paulo.



Fonte: Portal SigRH, 2010.

Figura 2 – Localização geográfica do rio Mogi-Guaçu na área de interesse.



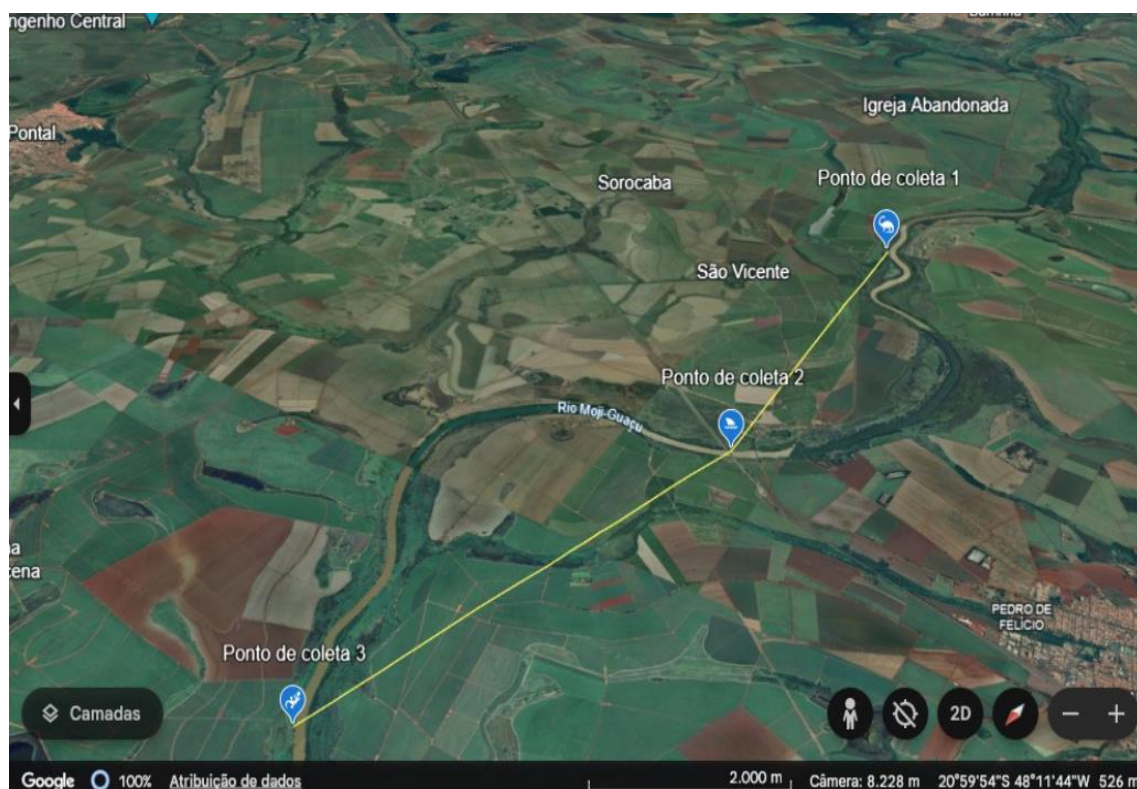
Fonte: Google Maps, 2024.

2.3 Coleta das amostras

A área de estudo (Figura 3) foi escolhida estrategicamente na região de Pitangueiras (SP), dividida em três pontos de coleta subsequentes (Tabela 1):

- Ponto de coleta 1: Área de vegetação preservada.
- Ponto de coleta 2: Área com ranchos alocados as margens do rio.
- Ponto de coleta 3: Área de vegetação preservada.

Figura 3 – Localização dos pontos de coleta.



Fonte: Google Earth, 2024.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Ponto	Coordenadas	Descrição
Inicial	21°05'41.0"S 48°11'15.5"W	Vegetação preservada
Intermediário	21°00'55.8"S 48°10'26.7"W	Intervenção antrópica
Final	20°57'32.6"S 48°09'20.5"W	Vegetação preservada

Fonte: Autoria própria.

Foram coletadas quarenta e oito amostras, sendo vinte e quatro na estação seca referente ao mês de julho e vinte e quatro na estação chuvosa referente ao mês de setembro. Em cada ponto coletou-se oito amostra para analisar os

parâmetros da qualidade da água. As amostras foram coletadas em garrafas plásticas esterilizadas de 300 mL.

O ponto de coleta um é uma área preservada sem interferência antrópica, com correntezas fortes (Figura 4).

Figura 4 – Ponto de coleta 1



Fonte: Autoria própria.

O ponto de coleta dois está alocado com ranchos às margens do rio Mogi-Guaçu, tendo como característica correntezas mais leves (Figura 5).

Figura 5 – Ponto de coleta 2.



Fonte: Autoria própria.

O ponto de coleta três fica localizado em área preservada, caracterizado com altos barrancos e correnteza leve (Figura 6).

Figura 6 – Ponto de coleta 3.



Fonte: Autoria própria.

2.4 Análises laboratoriais

Para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas as amostras foram levadas para Ribeirão Preto (SP), no Centro Universitário Barão de Mauá, as amostras foram coletadas 24h antes da análise e mantidas a 18°C.

Os parâmetros físico-químicos analisados incluíram turbidez e pH da água. A turbidez da água do rio Mogi-Guaçu foi realizada para verificar a presença de partículas em suspensão nas amostras coletadas. As medições de turbidez foram efetuadas utilizando um turbidímetro *Hanna instruments*® modelo: HI 93703C calibrado com os padrões de referência.

O pH das amostras foi analisado através do medidor de pH (modelo: SLFQB 011) da *Scienlabor*® para determinar a acidez ou alcalinidade. Sendo previamente calibrado conforme os padrões de referência.

As análises microbiológicas foram realizadas através da utilização do Aquateste e Aquacult (*Laborclin*®) que identifica coliformes totais e fecais e as bactérias consumidoras de matéria orgânica, respectivamente.

O Aquateste é um meio de cultura fornecido em frascos estéreis, contendo porções individuais projetadas para análise de uma única amostra. Ele é

composto por sais, fontes de carbono e nitrogênio, indicadores e nutrientes específicos, permitindo a detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli*. A identificação dos coliformes totais ocorre por meio da atividade da enzima β -galactosidase, que participa da fermentação da lactose. Essa enzima degrada o substrato ONPG (ortho-nitrofenil- β -galactopiranosídeo), incluído no Aquateste, gerando um produto de coloração amarela. Já a *Escherichia coli* é diferenciada de outros coliformes pela produção de β -glicuronidase, enzima que atua sobre o substrato MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucuronídeo), presente no Aquateste. A degradação do MUG resulta na formação de 4-metilumbeliferona, um composto que emite fluorescência sob luz ultravioleta (Laborclin®). A sensibilidade da metodologia para *Escherichia coli* é de 1 UFC/100mL de amostra. A especificidade para não coliformes é de 10^6 UFC/100 mL.

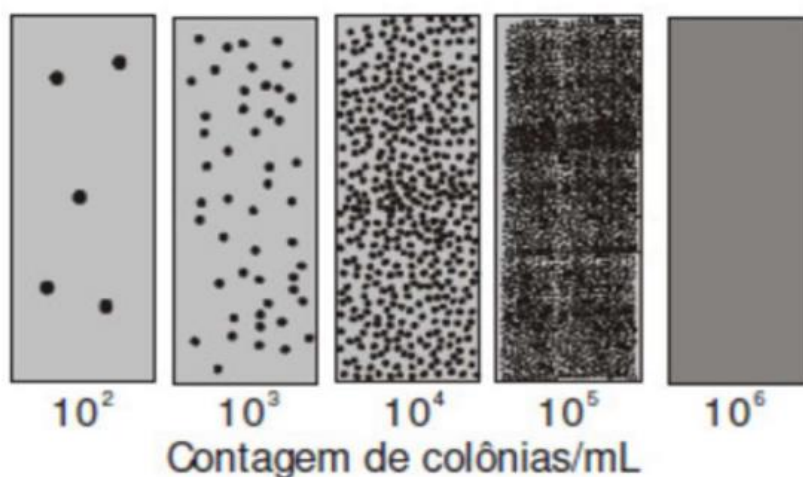
O Aquateste coli foi inoculado em 100 mL das amostras de água que foram incubadas a $35\pm 0,5^\circ\text{C}$ por 24 hora. Após o período de cultivo, as amostras foram analisadas conforme a turvação, coloração e fluorescência, sendo:

- Inalterada e sem turvação = ausência de crescimento.
- Coloração amarelada = presença de coliformes totais.
- Fluorescência azul esverdeada = presença de *E. coli*.

O sistema Aquacult foi empregado para a contagem de bactérias consumidoras de matéria orgânica, sendo amplamente reconhecido como um dos métodos mais comuns para avaliar populações bacterianas em água. Este método não distingue entre diferentes tipos de bactérias, servindo para fornecer informações gerais sobre a qualidade da água. O Aquacult utiliza um sistema de comparação com gabarito (Figura 7) e apresenta uma sensibilidade mínima de 10^2 UFC/mL. O meio utilizado no Aquacult é o *Plate Count* Ágar enriquecido com TTC (cloreto de trifeniltetrazólio), que favorece o crescimento de uma ampla variedade de bactérias, além de alguns fungos filamentosos e leveduras. O digesto enzimático de caseína fornece aminoácidos e compostos nitrogenados essenciais para o crescimento microbiano, enquanto o extrato de levedura contribui principalmente com vitaminas do complexo B. A dextrose atua como fonte de energia. Já o TTC é reduzido pelas células bacterianas, formando um composto insolúvel que dá às colônias uma coloração avermelhada (Laborclin®).

A tampa do recipiente estéril possui uma lâmina contendo o meio de cultura, que foi mergulhado nas amostras líquidas de água em análise. Em seguida a lâmina foi adaptada novamente no vial e a tampa foi bem fechada. As amostras foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C durante 48h.

Figura 7 – Gabarito utilizado na análise do teste Aquacult.



Fonte: Interlab, 2015.

2.5 Análise estatística

As distribuições das características de natureza qualitativa foram descritas por meio de frequência absoluta e percentuais, e as características de natureza quantitativas foram descritas por meio de medida de tendência central (média) e variabilidade (desvio padrão), os efeitos dos fatores sobre o parâmetro físico-químico quantitativos da água foram avaliados por meio da realização da análise de variância com dois fatores (ANOVA 2-way), seguida de teste de comparações múltiplas de médias de Tukey, o nível de significância adotado foi 5%.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados avaliados dos parâmetros da qualidade da água do rio Mogi-Guaçu no município de Pitangueiras (SP) (pH, turbidez e análise microbiológica) foram comparados com a resolução CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2012).

A análise microbiológica é fundamental para avaliar a qualidade da água de um rio e a segurança do ecossistema aquático, bem como para a saúde pública. Essa análise utiliza uma bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, denominada *Escherichia coli*, que está “[...] presente em número elevado nas fezes de animais endotérmicos, raramente é detectada na ausência de poluição fecal. É considerada o indicador mais adequado de contaminação por excretas em águas doces” (CETESB, 2018, p. 35-36), sendo amplamente utilizada para identificação da mesma.

As análises microbiológicas realizadas nas 24 amostras coletadas nos meses de julho e setembro revelaram contaminação por coliformes totais. Além disso, o teste específico para detecção de coliformes fecais (*Escherichia coli*) também confirmou a contaminação (Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13). A presença desta bactéria nas amostras sugere que a qualidade da água está comprometida, sugerindo a presença de patógenos que representam riscos à saúde humana.

Figura 8 – Teste positivo para coliformes totais no ponto de coleta 1.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Teste positivo para coliformes totais no ponto de coleta 2.



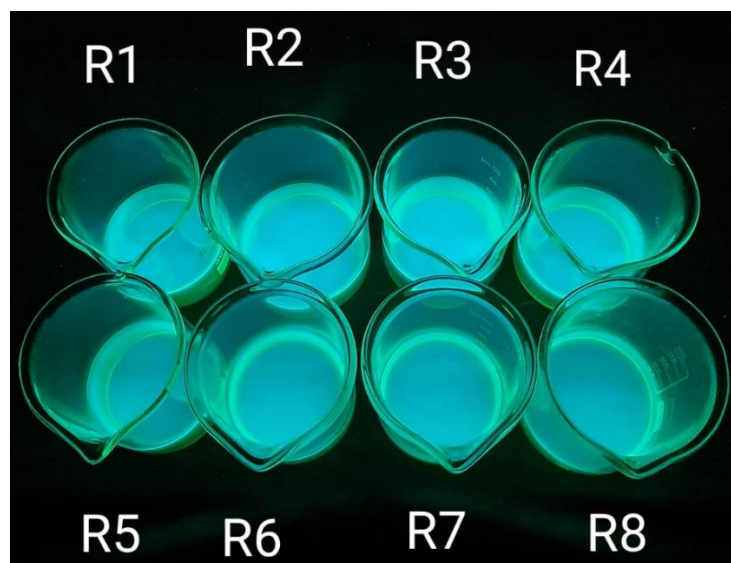
Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – Teste positivo para coliformes totais no ponto de coleta 3.



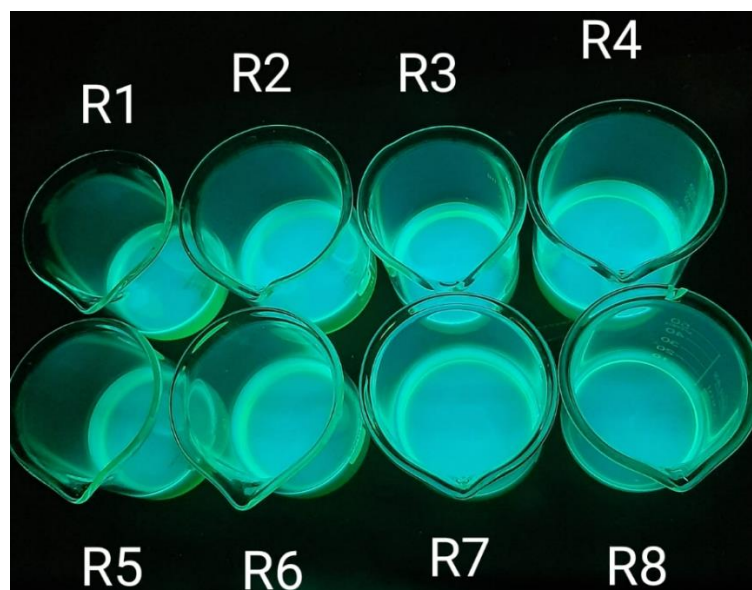
Fonte: Autoria própria.

Figura 11 – Teste positivo para *Escherichia coli* ponto de coleta 1.



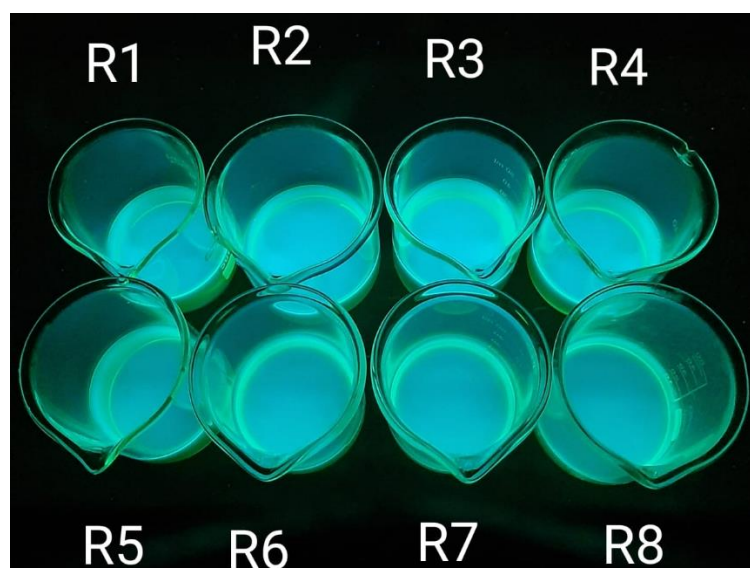
Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Teste positivo para *Escherichia coli* ponto de coleta 2.



Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Teste positivo para *Escherichia coli* ponto de coleta 3.



Fonte: Autoria própria.

Outro aspecto microbiológico analisado foi a presença de bactérias consumidoras de matéria orgânica, que mostrou que a concentração presente nas amostras analisadas ultrapassa o permitido pela Portaria nº 2.914/2011 (Brasil, 2012), que define os padrões de potabilidade da água e, define uma concentração máxima de 500 unidades formadoras de colônia (UFC) presentes na água. Os resultados encontrados nas amostras presentes nas figuras 14, 15, 16 e na tabela 2 indicam a presença de 10^2 UFC/mL em alguns pontos e de 10^3 UFC/mL em outros. Deste modo, a quantidade de bactérias excede parcialmente os valores permitidos, uma vez que algumas amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos pela Portaria, os valores excedidos indicam que esta água não está propícia para o consumo humano, como citado por Teles *et al.* (2022).

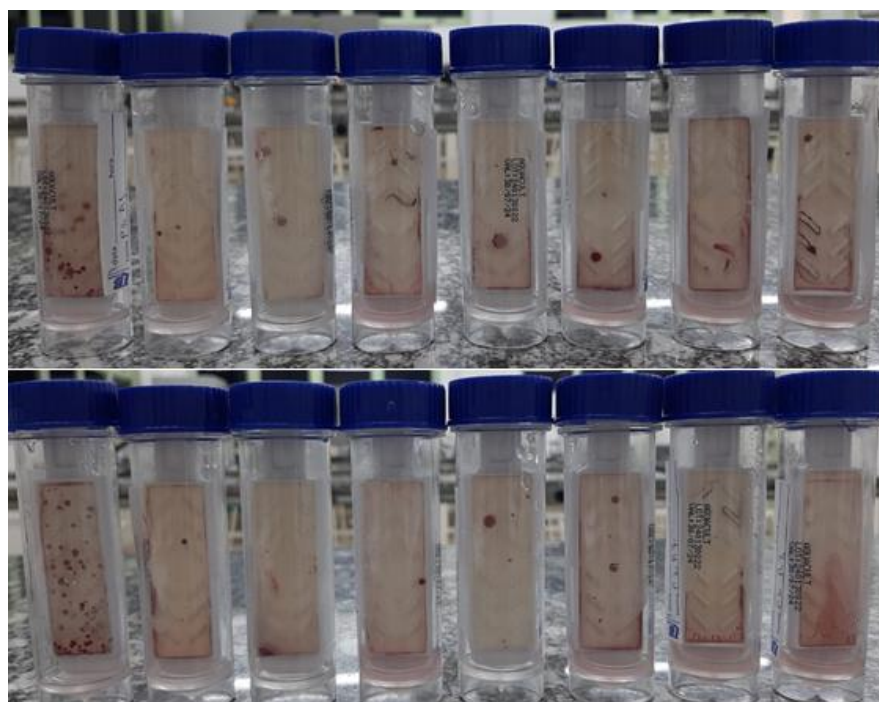
Os resultados microbiológicos deste estudo mostram que, nos três pontos analisados, os níveis de coliformes totais, coliformes fecais e bactérias consumidoras de matéria orgânica estão acima dos valores permitidos pela Portaria nº 2.914/2011. Além disso, não foram observadas diferenças significativas entre os pontos, o que sugere que esta região, assim como outras áreas da Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu, pode apresentar focos de contaminação.

Figura 14 – Teste de verificação de crescimento de bactérias consumidoras de matéria orgânica no ponto de coleta 1.



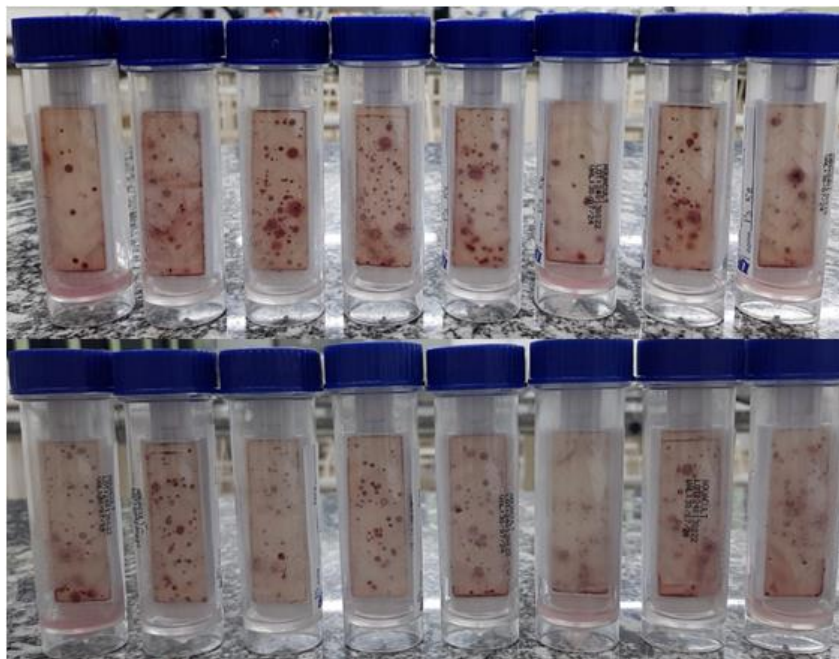
Fonte: Autoria própria.

Figura 15 – Teste de verificação de crescimento de bactérias consumidoras de matéria orgânica no ponto de coleta 2.



Fonte: Autoria própria.

Figura 16 – Teste de verificação de crescimento de bactérias consumidoras de matéria orgânica no ponto de coleta 3.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Número de Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL) de bactérias consumidoras de matéria orgânica em cada ponto de coleta.

Coleta 1 (seca)			Coleta 2 (chuvoso)		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
10^2	10^3	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2
10^2	10^2	10^3	10^2	10^2	10^2

Fonte: Autoria própria.

A análise do pH da amostra da água de um rio, emerge como um parâmetro fundamental. O potencial hidrogeniônico reflete as condições químicas de acidez e basicidade do ambiente aquático que desencadeiam um papel vital na saúde dos ecossistemas.

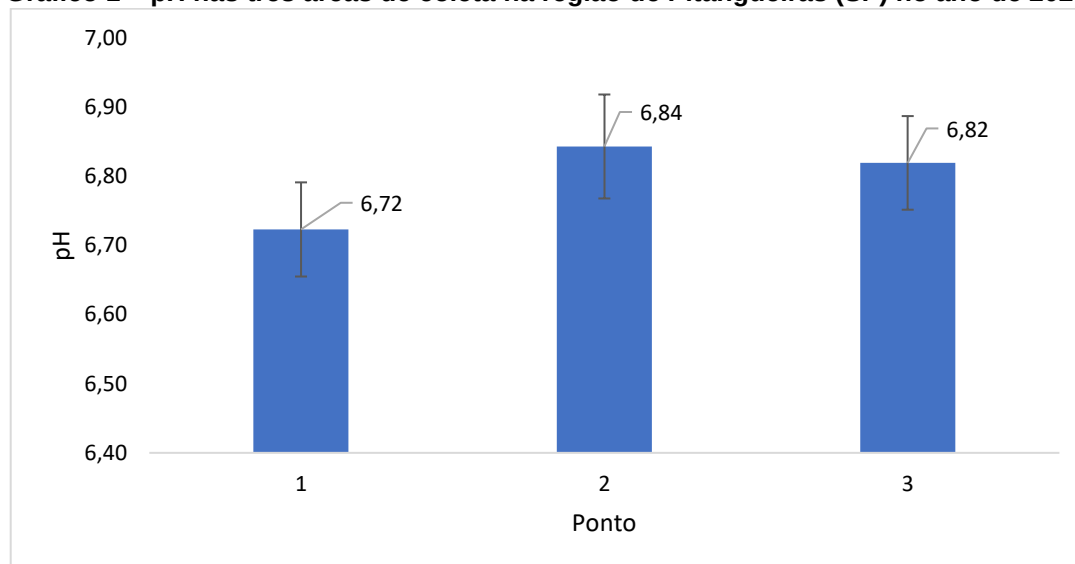
A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (CETESB, 2018, p. 18).

Neste contexto, é crucial que o pH de um rio de classe 2 permaneça dentro dos valores ideais entre 6,0 a 9,0 conforme estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2012). Esses parâmetros são essenciais para a sobrevivência de diversas espécies aquáticas, uma vez que cada organismo possui limites específicos de tolerância e variações. Alterações extremas fora do intervalo estabelecido pela resolução citada podem comprometer a vida das espécies presente nesse ecossistema.

As análises físico-químicas foram apresentadas de acordo com os resultados estatísticos. A realização da variância (ANOVA 2-way) não detectou efeito significativo da interação entre os fatores ponto de coleta e estação do ano em relação ao pH ($p = 0,7876$), mas detectou efeitos significativos desses fatores isoladamente (ponto de coleta: $p = 0,0003$; estação: $p < 0,0001$).

As amostras de água do ponto 1 apresentaram pH médio significativamente menor que o do ponto 2 ($p = 0,0004$) e 3 ($p = 0,0046$). Os pontos 2 e 3 não tiveram pH médios significativamente diferentes entre si ($p = 0,6870$) (Gráfico 1).

Gráfico 1 – pH nas três áreas de coleta na região de Pitangueiras (SP) no ano de 2024.

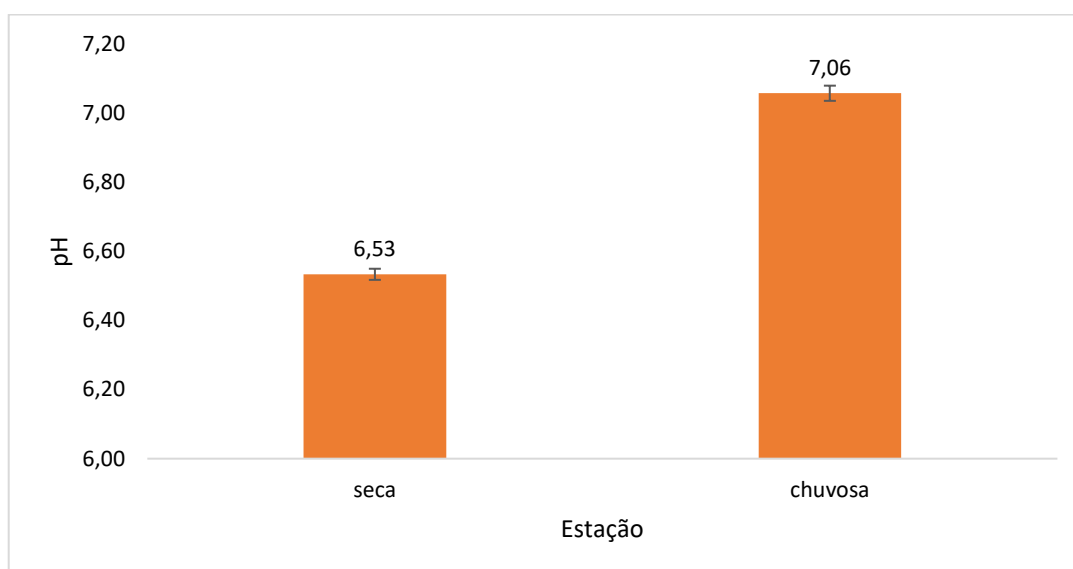


Fonte: Autoria própria.

O pH médio da água das amostras obtidas na estação seca foi significativamente menor que a das amostras obtidas na estação chuvosa ($p < 0,0001$) (Gráfico 2). Entretanto, não houve grandes alterações, sendo mantido os

valores recomendados pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2012). Os pontos analisados por Teles *et al.* (2022), no rio Mogi-Guaçu localizado no Estado de Minas Gerais também se mantem dentro do recomendado pela Resolução, apesar dos pontos de contaminação na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu. Ambos os estudos demonstram que os resíduos *in natura* descartados no rio não interferem no potencial hidrogeniônico da água.

Gráfico 2 – pH referente ao período de seca e chuvoso na região de Pitangueiras (SP) no ano de 2024.



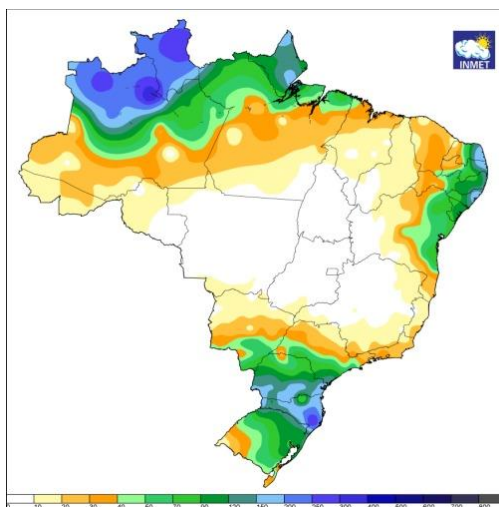
Fonte: Autoria própria.

A turbidez é a redução da intensidade em que um feixe de luz atravessa uma amostra de água. A alta turbidez em um rio pode provocar diversos impactos negativos na qualidade da água e na biodiversidade. Sendo assim, é importante que os corpos d'água de classe 2 estejam dentro do limite de até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2012). Esse fator reduz a fotossíntese de vegetação submersa e algas, o desenvolvimento reduzido de plantas e, consequentemente, a produtividade de peixes. Assim, a turbidez influencia diretamente a biodiversidade aquática, além de afetar negativamente os usos doméstico, industrial e recreacional da água. (CETESB, 2018).

Portanto, este parâmetro é crucial para determinar a qualidade da água para identificar se as ações antrópicas estão afetando a comunidade aquática e a saúde humana, já que a água do rio Mogi-Guaçu é usada para o abastecimento e consumo rancheiro, assim como recreação de contato primário conforme postulado na classificação 2. A análise de variância (ANOVA 2-way) detectou efeito significativo da interação entre os fatores ponto de coleta e estação do ano para a turbidez ($p < 0,0001$).

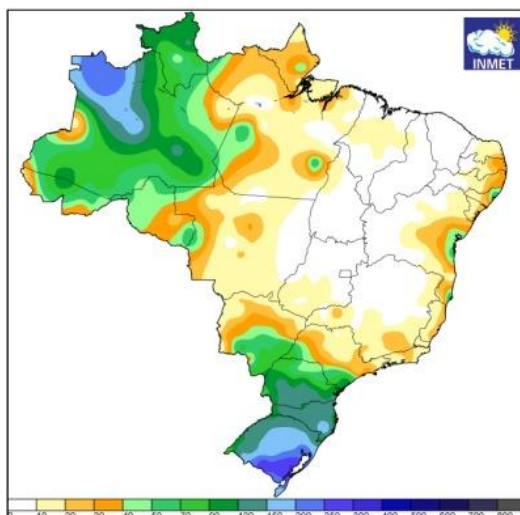
Vale ressaltar que, durante os meses de julho e setembro de 2024, houve redução da precipitação de chuvas no norte do estado de São Paulo, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2024), com volumes inferiores a 50 mm, (Figuras 17 e 18). Além disso, ocorreu uma alta concentração de focos de incêndios na região Sudeste nas datas próximas a segunda coleta, de acordo com o informado pelo BDQueimadas (Terra Brasilis, 2024), e ilustrado na figura 19.

Figura 17 – Precipitação acumulada (mm) em julho de 2024.



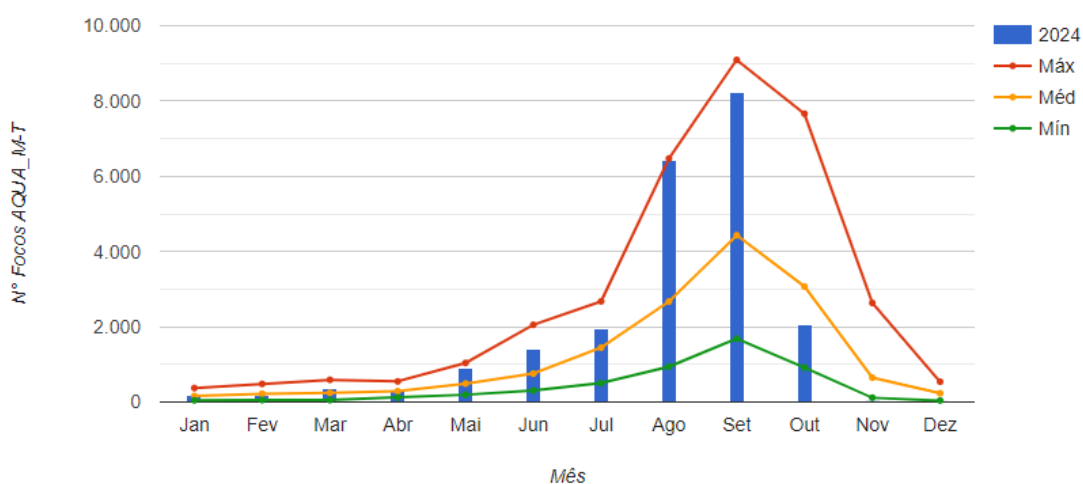
Fonte: INMET, 2024.

Figura 18 – Precipitação acumulada (mm) em setembro de 2024.



Fonte: INMET, 2024.

Figura 19 – Comparativo dos números de focos de queimadas na região sudeste em 2024.



Fonte: BDQueimadas, 2024.

Devido a grande quantidade de queimadas na região de Pitangueiras (SP) houve a distribuição de cinzas pelo ar e por consequência, a mistura desta nas águas do rio Mogi-Guaçu. De acordo com Brito *et al.* (2021) esta mistura altera de forma significativa a qualidade da água, mudando o pH e turbidez, como observado na comparação entre a água sem presença de cinzas obtendo pH de 6,19 e água com 100 g/L⁻¹ de cinzas resultando em pH de 8,39.

Sendo assim, os efeitos isolados dos fatores ponto de coleta e estação do ano não foram avaliados. O teste *post hoc* de comparações múltiplas de Tukey mostrou que não houve diferença significativa apenas entre as turbidezes médias entre os pontos 1 e 2 na estação chuvosa ($p = 0,0653$), e entre os pontos 2 na

estação seca e 1 na estação chuvosa ($p = 0,9165$) e 2 na estação seca e 3 na estação chuvosa ($p = 0,3393$) (Quadro 1).

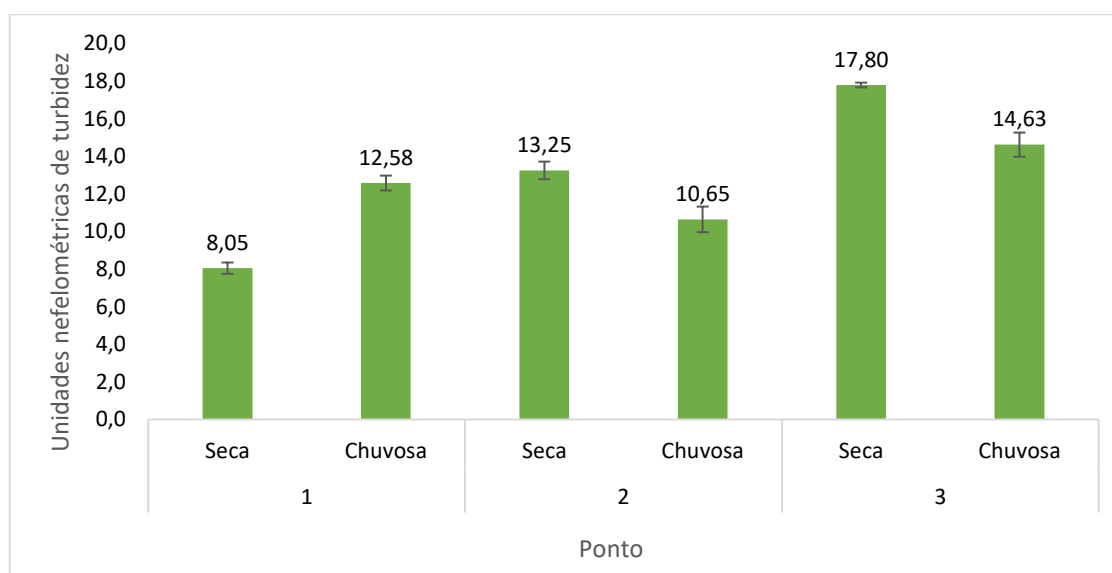
Quadro 1 – Comparação múltipla de turbidez referente ao local de coleta e estação seca e chuvosa.

Estação	Localidade	Seca			Chuvosa		
		1	2	3	1	2	3
Seca	1	-	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0049	< 0,0001
	2		-	< 0,0001	0,9165	0,0047	0,3393
	3			-	< 0,0001	< 0,0001	0,0004
Chuvosa	1				-	0,0653	0,0444
	2					-	< 0,0001
	3						-

Fonte: Autoria própria.

Todas as demais combinações de ponto de coleta e estações apresentaram turbidezes médias significativamente diferentes umas das outras, sendo a turbidez média no ponto 3 na estação seca a mais alta de todas, e a turbidez média do ponto 1 na estação seca a mais baixa de todas (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Turbidez referente aos períodos de seca e chuvosa nas três áreas de coleta na região de Pitangueiras (SP).



Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Lei 12.651/2012 do Código Florestal Brasileiro, as margens dos cursos de água são consideradas áreas de preservação permanente, onde a interferência humana é proibida. No caso do rio Mogi-Guaçu,

a margem no local de ocupação tem aproximadamente 100 metros. A lei permite a ocupação dessas terras a partir de 50 metros de distância da margem, desde que a largura do corpo d'água varie entre 50 e 200 metros (Brasil, 2024) (Figuras 20, 21 e 22).

A ocupação desta área inflige o art. 4º do Código Florestal e pode, conseqüentemente, afetar a qualidade da água local, especialmente considerando a ausência de tratamento de esgoto, que é descartado *in natura* no corpo d'água, (Tavares *et al.*, 2021), motivo pela qual há presença de coliformes fecais na água, destacando também o escoamento de contaminação de origem animal (Silva, 2021).

Figura 20- Largura das margens do rio Mogi-Guaçu.



Fonte: Google maps, 2024.

Figura 21 – Largura da área de preservação permanente.



Fonte: Google maps, 2024.

Figura 22 – Largura entre a margem e a ocupação dos ranchos no rio Mogi-Guaçu.



Fonte: Google maps, 2024.

4 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar e comparar os parâmetros da qualidade da água (físico-químicos e microbiológicos) em áreas de vegetação preservada e áreas alocadas com ranchos no rio Mogi-Guaçu.

Os dados coletados revelaram informações importantes sobre a qualidade da água, contribuindo para um entendimento maior sobre as águas do rio Mogi-Guaçu. Os testes microbiológicos mostraram-se positivos para a presença de coliformes totais e fecais (*E. coli*) enquadrando o rio Mogi-Guaçu em um dos pontos de contaminação presentes na Bacia Hidrográfica do Mogi-Guaçu. Vale ressaltar que o consumo de águas contaminadas com *E. coli* é prejudicial à saúde, sendo esta bactéria encontrada em dejetos de animais e esgoto.

Os níveis de pH obtidos pelo estudo ficaram dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA. Em alguns pontos de coleta a contagem de bactérias consumidoras de matéria orgânica presentes na água ultrapassam os valores permitidos pela Portaria nº 2.914/2011. O parâmetro de maior preocupação foi a turbidez, para o qual observou-se oscilações durante os

meses de coleta. Essas oscilações foram influenciadas pela localidade dos pontos e a ocorrência de focos de incêndio próximo aos locais no mês de setembro.

Os resultados obtidos neste trabalho não mostraram diferença entre as áreas estudadas, evidenciando a necessidade de maiores análises. Sugere-se a realização de pesquisas mais aprofundadas sobre a qualidade da água do rio Mogi-Guaçu, considerando que a ocupação de ranchos nas suas margens infringe a Lei 12.651/2012, que determina essas áreas como de preservação permanente. Essas pesquisas poderão estabelecer um nexo de causalidade entre a presença de ranchos e a baixa qualidade da água ou, na ausência de conexões, excluir a ocupação como causa do problema. Além disso, os resultados poderão auxiliar no desenvolvimento de medidas e estratégias para melhorar a gestão ambiental e o descarte de resíduos provenientes dos ranchos ao longo do rio.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei nº 12651/2012**. Código Florestal. Brasília: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 04 nov. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim agroclimático**. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/boletinsagro#>. Acesso em: 22 out. 2024.

BRASIL. Ministério da saúde. **Portaria MS nº 2.914/2011**: procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: MS, 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_2914_2011.pdf. Acesso em: 25 maio 2024

Brito, D.Q. *et al.* Short-Term Effects of Wildfire Ash on Water Quality Parameters: A Laboratory Approach. **Bull Environ Contam Toxicol**. [S.l.], v. 7, p. 500-505, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03220-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-021-03220-9#author-information>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BRUNI, J. C. A água e a vida. **Tempo Social**, [s.l.], v. 5, n. 1-2, p. 53-65, dez. 1993. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/ts.v5i1/2.84942>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ts/a/KjkwytLhvpf5BJSyRyDTFDrb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 fev. 2024.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2017**: Apêndice E. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 29 out. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções do CONAMA**: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 a janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: MMA, 2012. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. Acesso em: 25 maio 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rio Mogi-Guaçu**: ponte de ferro. [S.l.], IBGE, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=447499>. Acesso em: 25 maio 2024.

MIRANDA JUNIOR, A. C.; BORGES, R.C.; LEME, M. A. G. Avaliação dos parâmetros do lançamento de efluentes na qualidade da água do rio Mogi Guaçu compreendido no perímetro urbano do município de Mogi Guaçu-SP. **FOCO: Caderno de estudos e pesquisas**, [s.l.], n. 18, p. 22-47, 2022. Disponível em: <https://revistafoco.inf.br/index.php/FocoFimi/article/view/110/0#:~:text=Logo%2C%20este%20trabalho%20analisa%20os%20impactos%20do%20lan%20amento,Mogi%20Gua%20interior%20do%20Estado%20de%20S%20Paulo>. Acesso em: 15 maio 2024.

SANTOS, P. H. G. **A percepção ambiental em rios urbanos**: o caso do rio Capibaribe em São Lourenço da Mata - PE. 2015. 90f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17080/1/Disserta%20o%20Final%20Corrigida%20-%20Digital%20II.pdf%20certo.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

SEABRA, O. C. L. Urbanização e industrialização: rios de São Paulo. **Labor e Engenho**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 37-48, mar. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/lobore.v9i1.2092>. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/2092/pdf_137. Acesso em: 18 fev. 2024.

SIGRH- Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHi 09 2023, ano base 2022**. [S.l.], 2023. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursos_hidricos. Acesso em: 28 ago. 2024.

SILVA, E. R. **O curso da água na história**: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de

Saúde Pública. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em:
http://www.pickupau.org.br/mundo/curso_agua/O%20Curso%20da%20%C1gua%20na%20Hist%F3ria.pdf. Acesso em: 18 fev. 2024.

SILVA, T. S. M. **Qualidade microbiológica do Rio Carioca-RJ**: isolamento e identificação de bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes e sua susceptibilidade a antimicrobianos. 2021. 77 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Curso de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em:
https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/49219/ta%c3%adssa_souza_menezes_silva_ensp_mest_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 18 fev. 2024.

TAVARES, A. R. F. *et al.* Difficulty in accessing basic sanitation in the riverside regions of the State of Pará and its consequences on the quality of water resources: a case study from Ilha das Onças. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 16, p. 1-12, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23899. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23899>. Acesso em: 4 nov. 2024.

TELES, I. B. *et al.* Analysis of the water quality of the Mogi-Guaçu river through physical, chemical, and microbiological parameters. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1-9, ago. 2022. DOI:
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33285>. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33285>. Acesso em: 15 maio 2024.
TERRA BRASILIS. **Banco de dados queimadas**. 2024. Disponível em:
<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 22 out. 2024.