

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA  
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Breno Felipe De Sena

**QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO EM QUATRO PONTOS DO  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

São João Evangelista

2026

BRENO FELIPE DE SENA

**QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO EM QUATRO PONTOS DO  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador Prof. Dr. Claudionor Camilo Da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

São João Evangelista

2026

---

S474q Sena, Breno Felipe de.  
Qualidade da água para irrigação em quatro pontos do município de São João Evangelista – MG / Breno Felipe de Sena – 2026.  
23f.

Orientador: Dr. Claudionor Camilo da Costa. Coorientadora: Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. Coliformes totais. 2. Físico-químicos. 3. Hortaliças. 4. Microbiologia. 5. CONAMA 357/2005. I. Sena, Breno Felipe de. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 631.587

---


Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Breno Felipe De Sena


**QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO EM QUATRO PONTOS DO  
MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO EVANGELISTA – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso Bacharelado em Agronomia do Instituto  
Federal de Minas Gerais - *Campus* São João  
Evangelista para obtenção do grau de bacharel  
em Agronomia.


Aprovado em: 02 /02 / 2026 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **CLAUDIONOR CAMILO DA COSTA**  
Data: 03/02/2026 12:41:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Claudionor Camilo Da Costa – IFMG-SJE (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **GRAZIELE WOLFF DE ALMEIDA CARVALHO**  
Data: 03/02/2026 09:25:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho – IFMG-SJE  
(Coorientadora)

Documento assinado digitalmente  
 **JESSICA SOARES DE SOUZA**  
Data: 03/02/2026 10:08:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jessica Soares de Souza - Bióloga, especialista em meio ambiente

## RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade da água utilizada para irrigação em quatro pontos do município de São João Evangelista – MG, abrangendo análises físico-químicas e microbiológicas relevantes para o cultivo de hortaliças consumidas cruas. As coletas ocorreram entre maio e outubro de 2019, contemplando parâmetros como pH, turbidez, condutividade elétrica, cor, sólidos totais e coliformes totais e termotolerantes. Os resultados indicam variações relevantes entre os pontos, com um deles apresentando restrições ao uso agrícola, sobretudo devido a cargas orgânicas e presença elevada de coliformes. Os dados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e adoção de práticas adequadas de manejo agrícola e saneamento.

**Palavras-chave:** Coliformes Totais. Físico-químicos. Hortaliças. Microbiologia. CONAMA 357/2005.

## ABSTRACT

This study evaluated the quality of irrigation water in four sampling points in the municipality of São João Evangelista – MG, Brazil. Physical-chemical and microbiological parameters were analyzed between May and October 2019, including pH, turbidity, electrical conductivity, color, total solids, total coliforms, and thermotolerant coliforms. The results indicate significant variations among sampling sites, with one point presenting limitations for irrigation due to high organic load and fecal contamination. The findings highlight the importance of continuous monitoring and appropriate agricultural and sanitary practices. Other required parameters were not analyzed due to the absence of appropriate equipment and/or reagentes

**Keywords:** Total Coliforms. Physicochemical. Vegetables. Microbiology. CONAMA 357/2005.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Média dos resultados das análises de pH nos pontos de monitoramento por mês.....	14
Quadro 2. Média dos resultados das análises de Turbidez nos pontos de monitoramento por mês.....	15
Quadro 3. Média dos resultados das análises de Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos de monitoramento por mês.....	16
Quadro 4. Média dos resultados das análises de Sólidos Suspensos nos pontos de monitoramento por mês.....	16
Quadro 5. Média dos resultados das análises de Condutividade Elétrica nos pontos de monitoramento por mês.....	17
Quadro 6. Média dos resultados das análises de Cor nos pontos de monitoramento por mês.....	18
Quadro 7. Média dos resultados das análises de Coliformes Totais nos pontos de monitoramento por mês.....	18
Quadro 8. Média dos resultados das análises de Coliformes Termotolerantes nos pontos de monitoramento por mês.....	19

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.MATERIAL</b>	
<b>MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1Área de estudo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2Análises físico-químicas .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3Análise bacteriológica .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4Análise e Comparação de Dados .....</b>	<b>12</b>
<b>3RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>4CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição hídrica compromete a integridade dos ecossistemas, reduz a disponibilidade de água para múltiplos usos e impacta negativamente a produção agrícola e a biodiversidade regional (TUNDISI, 2014). Em particular, a precariedade dos serviços de saneamento e a ocupação desordenada do solo contribuem de forma direta para a degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas (MONTE-MÓR *et al.*, 1997; ÁVILA, 2007).

A água é um insumo essencial na produção agrícola e desempenha papel decisivo na segurança alimentar, especialmente na irrigação de hortaliças consumidas cruas. Nos últimos anos tais recursos hídricos vêm sendo modificados por ações antrópicas, resultando em prejuízo na qualidade e disponibilidade de água, o que evidencia a necessidade crescente de monitoramento com relação das alterações na qualidade de água, de forma a não comprometer seu aproveitamento múltiplo e minimizar os impactos negativos do ambiente. (Braga *et al.*, 2006).

A qualidade da água influencia diretamente a produtividade das culturas e representa um fator de risco sanitário quando contaminada por microrganismos patogênicos ou por excesso de matéria orgânica e sólidos. Estudos recentes apontam que águas superficiais utilizadas sem tratamento apresentam risco significativo de veiculação de *Escherichia coli* e outras enterobactérias associadas a surtos de doenças de origem alimentar (ALLENDE & MONAGHAN, 2015; ALEGBELEYE *et al.*, 2023).

Neste contexto, a utilização de indicadores de contaminação e de parâmetros físico-químicos para avaliação da qualidade da água constitui ferramenta essencial para prevenir doenças e garantir a segurança dos alimentos. Diretrizes e compêndios internacionais, como os documentos da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) sobre qualidade da água para agricultura, orientam a avaliação de riscos e trazem sugestões de medidas de mitigação, destacando a importância do monitoramento microbiológico e físico-químico e o uso de medidas de gestão de risco quando águas de qualidade limitada são empregadas na produção de alimentos (DRECHSEL, 2023).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece critérios de enquadramento dos corpos d'água e limites de qualidade para usos preponderantes, incluindo o uso de águas superficiais na irrigação. Para hortaliças, a normativa recomenda limites físico-químicos e microbiológicos rigorosos, em especial para coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. A legislação estabelece em seu texto que para a irrigação de hortaliças podem ser utilizadas águas

enquadradas em duas classes, sendo que a Classe I é destinada para a irrigação de hortaliças consumidas cruas e a Classe II para demais hortaliças (BRASIL, 2005).

Na região do Vale do Rio Doce, onde se localiza São João Evangelista (MG), fatores de urbanização e atividades agroindustriais nas cidades vizinhas podem influenciar a qualidade hídrica local, tornando o monitoramento físico-químico e microbiológico imprescindível para a gestão regional dos recursos hídricos (IGAM, 2014). Considerando a importância socioeconômica da agricultura familiar no município de São João Evangelista – MG, estabeleceu-se como objetivo avaliar a qualidade da água utilizada para a irrigação de hortaliças. A hipótese central do trabalho é que, devido à provável influência do lançamento de efluentes urbanos e do carreamento superficial de fertilizantes provenientes da intensa atividade agrícola, a água em alguns dos pontos não atende aos padrões de qualidade legal e técnica, o que pode acarretar riscos sanitários para os consumidores e riscos de manejo para a produção agrícola da região.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de São João Evangelista, localizados na bacia hidrográfica do Rio Doce, na região leste do Estado de Minas Gerais. O município possui aproximadamente 16.000 habitantes, no qual 45% são residentes da zona rural. A economia se baseia em sua grande maioria de atividades advindas da agricultura familiar (IBGE, 2010), sendo o uso de água dos córregos São Nicolau e Vargem Grande, importantes recursos hídricos para a irrigação e produção de hortaliças do município.

O estudo foi conduzido de junho a outubro de 2019, em quatro pontos georreferenciados no município de São João Evangelista – MG. Os pontos estão localizados nas ruas Maria Araújo - Ponto 1 (-18°32'13"S -42°44'28"W), Rua José Celestino Ribeiro –Ponto 2 (-18°34'27"S - 42°45'30"W), na qual encontra-se o local de captação de água da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) do município de São João Evangelista, o Ponto 3 está localizado na propriedade encontrada na rodovia MG 117 próximo ao córrego Cana Brava (-18°32'12"S - 42°48'00"W), o Ponto 4 está localizado no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista (IFMG-SJE), onde encontra-se uma nascente (-18°33'03"S, -42°45'14"W).

As coletas foram realizadas quinzenalmente conforme a disponibilidade para a realização das mesmas. Procedeu-se a identificação das coletas, com data e horário, sendo realizadas observações quanto as atividades presentes próximas dos pontos de coletas, as quais poderiam causar interferência em quantidade e qualidade dos cursos de água nos pontos de coletas.

### 2.2 Análises físico-químicas

Para avaliar a qualidade da água destinada à irrigação de hortaliças, foram coletadas duas amostras de 500 mL de água em cada sítio amostral. Também foram utilizadas as amostras acondicionadas em frascos plásticos tipo Polietileno Tereftalato (PET), previamente esterilizados. Todas as etapas de coleta e preservação foram executadas seguindo as diretrizes do “Guia de coleta e preservação de amostras de água” (CETESB, 2005). As análises foram processadas no mesmo dia da coleta no Laboratório de Qualidade de Água do IFMG-SJE,

conforme a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Os parâmetros analisados incluíram: Potencial Hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, turbidez, cor e sólidos totais. Foram coletados volumes de água suficientes para serem manuseados no laboratório e que representassem de maneira equivalente os locais das coletas. Os frascos utilizados para coleta de vidro de borossilicato, os quais foram devidamente identificados para transporte. As análises foram realizadas nos laboratórios do IFMG-SJE e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais de São João Evangelistas (COPASA-SJE).

A determinação do pH foi realizada em um medidor microprocessador de mesa (Modelo MB10, fabricado por Marte), utilizando cerca de 100mL da amostra. O equipamento foi previamente calibrado com soluções padrões específicos para sua medição. Para a turbidez, utilizou-se o método nefelométrico em um turbidímetro (Modelo 2100P ISSO Turbidimeter), que consiste em um equipamento com luz de tungstênio e detectores fotoelétricos para medir a luz dispersa a 90°, que expressa a variável em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). Este aparelho também foi previamente calibrado utilizando água deionizada, conforme a metodologia descrita em seu manual.

Já a determinação de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) utilizou uma alíquota de 100 mL, disposta em cápsula de porcelana e levada à estufa a 105° por 24 horas. Após o período de secagem, a cápsula foi resfriada em dessecador e pesada em balança analítica. O cálculo dos sólidos totais foi realizado com base na diferença de peso das cápsulas, seguindo a Norma Técnica da Sabesp (NTS) 013 (1999).

### **2.3 Análise bacteriológica**

Para presença de coliformes totais e coliformes termotolerantes, utilizou-se a técnica dos tubos múltiplos, para se obter o Número Mais Provável (NMP) de microrganismos em uma dosagem de 100 mL por amostra (NMP/ 100mL) observando o número de tubos de cultura positivos por meio de tabelas específicas (APHA, 2005).

Para a prova presuntiva para coliformes totais e coliformes termotolerantes consistiu na realização de semeadura de volumes determinados da amostra e diluições em tubos de culturas com caldo lactosado (CL), sendo incubados a 35°C, por 48 horas. Onde ocorreu uma seleção inicial de organismos que fermentam a lactose com produção de gás, sendo tal produção e a turvação do meio de cultura, indicativa de prova presuntiva positiva para a

presença de bactérias do grupo coliformes (APHA, 2005).

A prova confirmatória consistiu na transferência, com auxílio de uma alça de platina com cabo estéril, de alíquotas das culturas de todos os tubos positivos da prova presuntiva, para tubos de cultura contendo meio *Escherichia coli*, os quais foram incubados em banho-maria a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ , por 24 horas. A produção de gás sugere que houve a fermentação do meio e é indicativo de prova confirmativa positiva para presença de coliformes termotolerantes (APHA, 2005).

## 2.4 Análise e Comparação de Dados

Os resultados obtidos para os parâmetros físicos, químicos e biológicos foram submetidos à comparação qualitativa. Os valores encontrados foram confrontados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 357, de 17 de março de 2005, especificamente para águas de Classes I e II (BRASIL, 2005).

A determinação das classes de água na resolução está relacionada com seus possíveis usos, sendo a destinação da água para irrigação é determinada em função do risco sanitário que ela representa, sendo categorizada em classes distintas. A Classe I engloba a irrigação de hortaliças e frutas que serão consumidas cruas e que se desenvolvem rentes ao solo ou sem a remoção da película (casca). Este uso exige os padrões de qualidade mais rigorosos, particularmente microbiológicos, devido ao elevado risco de ingestão direta de patógenos. Por outro lado, a Classe II destina-se à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas em geral e de áreas de contato público, como parques, jardins e campos esportivos. Embora esta classe ainda requeira controle de qualidade, ela apresenta um risco sanitário menor que a Classe I, pois as culturas são frequentemente cozidas ou possuem barreiras naturais (BRASIL, 2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos demonstraram que alguns pontos apresentaram parâmetros físico-químicos e microbiológicos acima dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. Entretanto, parâmetros como pH em todos os pontos durante o monitoramento permaneceram dentro da Classe I (Quadro 1), sendo a variação entre 6,49 no P4 no mês de junho como menor valor, e 7,55 no P4 no mês de julho como maior valor aferido (BRASIL, 2005).

Quadro 1. Média dos resultados das análises de pH nos pontos de monitoramento por mês.

Ponto/Mês	pH				
	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
P1	7,46	7,42	7,26	7,38	7,34
P2	6,87	7,45	6,75	7,05	6,75
P3	6,95	7,45	7,28	7,38	7,35
P4	6,49	7,55	6,93	6,73	7,25

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

No que diz respeito ao uso da água para irrigação, Vialle *et al.* (2011) afirmam que água com pH inferior a 6,0, apesar de não causar danos às hortaliças e serem tamponadas no solo, são corrosivas, podendo comprometer o sistema de irrigação. No tocante ao risco de entupimento, Nakayama e Bucks (1991) classificam em baixo, quando o pH for menor que 7; moderado, quando for entre 7 e 8, e severo, quando for maior que 8.

Os valores de Turbidez apresentaram maiores variações quanto às classes, sendo que os pontos P2, P3 e P4 se mantiveram dentro da Classe I, enquanto o P1 se manteve dentro da Classe II (BRASIL, 2005). A maior disparidade nos valores de turbidez foi observada durante o mês de Junho. Neste período, o P2 registrou o valor mínimo de 6,00 UNT, enquanto o P4 apresentou o valor máximo de 30,50 UNT, indicando a maior variação de turbidez entre os pontos analisados (Quadro 2).

Quadro 2. Média dos resultados das análises de Turbidez nos pontos de monitoramento por mês.

Turbidez (UTN)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	19,12	10,60	10,58	7,07	9,55
<b>P2</b>	6,00	8,75	11,75	7,25	9,50
<b>P3</b>	19,00	12,50	8,70	8,10	9,50
<b>P4</b>	30,50	28,00	19,75	24,75	25,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

A turbidez é um parâmetro físico que mede o grau de atenuação da intensidade de um feixe de luz ao atravessar uma amostra de água, sendo essa redução causada pela absorção e espalhamento da luz pelas partículas sólidas em suspensão. Tais partículas são tipicamente maiores que o comprimento de onda da luz branca e incluem materiais inorgânicos (como areia, silte e argila) e detritos orgânicos (algas, bactérias e plâncton). Embora não influencie diretamente a qualidade da água para irrigação em si, sua medição é importante por ser utilizada como indicador da concentração de sedimentos em suspensão. A elevação da turbidez é um sinal de poluição e pode ser atribuída tanto a fenômenos naturais, como a erosão das margens dos rios em períodos chuvosos, quanto a ações antrópicas, como o lançamento de esgotos sanitários, diversos efluentes industriais e a extração de argila, que introduzem grandes quantidades de material orgânico e sedimentos (CETESB, 2005; BELIZÁRIO *et al.*, 2014; RILEY *et al.*, 2022).

Os resultados das análises de Sólidos Dissolvidos Totais indicam a concentração de material solúvel presente na água. A legislação estabelece um valor máximo permitido 500 mg/L de Sólidos Dissolvidos Totais para a água de irrigação, vale ressaltar que valores acima dessa concentração podem acarretar danos aos sistemas de irrigação (CONAMA, 2005; BATISTA *et al.*, 2010; BELIZÁRIO *et al.*, 2014). Embora a maioria das análises realizadas tenha atendido a este padrão, foram observadas duas exceções no P1, no mês de julho, e no P4, que permaneceu acima do limite durante todo o período de monitoramento (Quadro 3).

Quadro 3. Média dos resultados das análises de Sólidos Dissolvidos Totais nos pontos de monitoramento por mês.

Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	332,58	626,00	449,75	414,25	380,00
<b>P2</b>	252,00	177,00	188,75	214,25	164,00
<b>P3</b>	296,25	222,00	175,75	195,00	359,50
<b>P4</b>	557,75	620,50	561,75	559,50	533,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Os valores de Sólidos Dissolvidos Totais mensurados no P4, que consistentemente excederam os limites legais durante todo o período de análise, sugerem uma influência significativa da intensa atividade agrícola desenvolvida próxima ao sítio amostrado. Considerando que o ponto está localizado no IFMG, que é uma instituição de ensino com cursos focados em temas agrícolas e ambientais, e possui diversas áreas de manejo para fins didáticos, é plausível que as práticas de manejo contribuam para o aumento dos Sólidos Dissolvidos Totais. Contudo, para confirmar essa associação e determinar as causas específicas dos resultados anômalos, faz-se necessário um estudo aprofundado e direcionado no local.

Quanto aos Sólidos Suspensos, as variações foram de 686,00 mg/L, em Julho no P1, e 88,50 mg/L, no P2 em Outubro (Quadro 4), a legislação brasileira não estabelece valores fixos que interferem na qualidade da água para a irrigação de hortaliças, entretanto, altas concentrações de Sólidos Suspensos podem ocasionar problemas nos sistemas de irrigação, obstruindo fisicamente. Concentrações acima de 50 mg/L podem acarretar danos moderados aos equipamentos, sendo que acima de 100 mg/L os danos passam a ser considerados severos (BATISTA *et al.*, 2010; BELIZÁRIO *et al.*, 2014).

Quadro 4. Média dos resultados das análises de Sólidos Suspensos nos pontos de monitoramento por mês.

Sólidos Suspensos (mg/L)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	363,33	686,00	365,00	416,75	334,00
<b>P2</b>	239,25	170,50	204,00	206,75	88,50
<b>P3</b>	236,00	150,00	182,00	228,50	349,00
<b>P4</b>	565,50	600,00	564,00	582,25	488,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Os valores médios de Condutividade obtidos durante as análises estão na faixa de 24,5 a 444,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sendo o primeiro valor correspondente ao P2 no mês de julho e o último ao P4 no mês de junho (Quadro 5). A Resolução do Conama 357 não estabelece valores para esta variável, entretanto, valores acima de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  são associados na literatura a ambientes impactados, por se tratar de uma medida indireta de concentração de nutrientes. Considerando o valor máximo estabelecido para o parâmetro, observa-se que os pontos P1 e P4 permaneceram acima do limite recomendado durante todo o período em que as análises foram realizadas (BRASIL, 2005; CETESB, 2016; RILEY *et al.*, 2022). Contudo, segundo Ayers & Westcot (1999) afirmam que o grau de restrição do uso da água de irrigação quanto à Condutividade Elétrica é classificada como “nenhuma”, quando os valores estiverem abaixo de 0,7 dS m<sup>-1</sup> (700  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), dessa forma, não apresentaria restrição de uso para irrigação.

Quadro 5. Média dos resultados das análises de Condutividade Elétrica nos pontos de monitoramento por mês.

Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	161,5	156,0	142,5	121,8	147,5
<b>P2</b>	57,5	24,5	34,5	39,8	27,0
<b>P3</b>	72,3	78,0	88,3	60,3	87,5
<b>P4</b>	444,5	352,5	170,8	440,3	398,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

A elevação da Condutividade Elétrica nos pontos de monitoramento pode ser atribuída a diferentes fontes de poluição, refletindo o caráter sistêmico da contaminação. No P1, os valores elevados são provável consequência do lançamento de efluentes, dada a localização do ponto e o recebimento de uma grande carga de resíduos do município de São João Evangelista-MG. Em contraste, os valores obtidos no P4, conforme discutido anteriormente, estão possivelmente relacionados ao carreamento superficial de substâncias provenientes da intensa atividade agrícola desenvolvida na área, o que contribui significativamente para o aporte de sais aos corpos d'água.

A Resolução do Conama 357 não traz valores para a Classe I quanto a cor, entretanto, para a Classe II a determinação é de até 75 mg Pt/L (BRASIL, 2005). Considerando este valor todos os pontos se encontram dentro da resolução (Quadro 6).

Quadro 6. Média dos resultados das análises de Cor nos pontos de monitoramento por mês.

Cor (mg Pt/L)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	38,4	16,5	13,5	21,9	22,7
<b>P2</b>	10,5	11,5	14,5	8,8	8,9
<b>P3</b>	27,5	24,0	14,8	11,2	17,5
<b>P4</b>	43,5	38,0	39,0	47,5	37,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

O grupo das bactérias Coliformes é amplamente reconhecido como o principal indicador de contaminação fecal, assumindo importância crucial como parâmetro para avaliar a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos na água (CETESB, 2005). Este grupo se subdivide em Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes (ou fecais). Os Coliformes Totais constituem um grande grupo de bactérias encontradas em diversos ambientes, incluindo solo, águas poluídas e não poluídas, além de fezes de animais de sangue quente. A presença de coliformes totais na água indica uma falha no sistema de tratamento ou contaminação ambiental geral, mas não necessariamente confirma a poluição fecal, visto que muitas espécies deste grupo podem ocorrer naturalmente no solo e na vegetação, inclusive em águas de regiões tropicais sem poluição evidente (BELIZÁRIO *et al.*, 2014; CETESB, 2016; MAGALÃES *et al.*, 2022).

Os Coliformes Totais foram detectados em todas as amostras analisadas. No entanto, a Resolução 357 do CONAMA não estabelece limites máximos permitidos para este parâmetro (BRASIL, 2005). Os valores mensurados variaram significativamente ao longo do monitoramento, oscilando entre um mínimo de 3,6 NMP 100/mL (observado no P3 em junho) e um máximo de 240,0 NMP 100/mL (registrado no P4 em outubro).

Quadro 7. Média dos resultados das análises de Coliformes Totais nos pontos de monitoramento por mês.

Coliformes Totais (NMP 100/mL)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	23,3	35,0	65,5	43,0	93,0
<b>P2</b>	6,4	21,0	11,3	28,5	11,0
<b>P3</b>	3,6	36,0	14,0	29,0	25,5
<b>P4</b>	240,0	35,0	38,0	75,0	240,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Em contraste com os Coliformes totais, os Coliformes Termotolerantes representam um subgrupo mais restrito e de maior relevância sanitária. Eles são definidos por serem microrganismos capazes de fermentar a lactose em temperaturas elevadas (44°C a 45°C), sendo este grupo é um indicador mais significativo de poluição sanitária (BELIZÁRIO *et al.*, 2014; CETESB, 2016; MAGALHÃES *et al.*, 2022).

Os Coliformes Termotolerantes foram detectados em todas as amostras analisadas. A Resolução 357 do CONAMA estabelece um limite de 200 NMP 100/mL para águas classificadas como Classe I. A maioria dos pontos atendeu a esse padrão. Contudo, o P4, nos meses de junho e outubro, apresentou valores superiores a 200 NMP 100/mL, mas inferiores a 1.000 NMP 100/mL, o que o enquadra na Classe II (Quadro 8).

Quadro 8. Média dos resultados das análises de Coliformes Termotolerantes nos pontos de monitoramento por mês.

Coliformes Termotolerantes (NMP 100/mL)					
Mês	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
<b>P1</b>	9,2	11,0	6,4	9,2	11,0
<b>P2</b>	< 3,0	3,6	15,0	7,4	7,4
<b>P3</b>	< 3,0	3,6	9,2	9,2	36,0
<b>P4</b>	240,0	11,0	9,2	43,0	240,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

A presença desses microrganismos, que estão restritos ao trato intestinal de animais endotérmicos, indica que a água recebeu carga de esgoto doméstico ou de adubação orgânica. Do ponto de vista sanitário, a água com elevada contagem de coliformes termotolerantes é considerada imprópria para o uso, especialmente na irrigação por aspersão, devido ao alto risco de disseminar microrganismos patogênicos causadores de doenças. Esse risco é exacerbado pela própria natureza das fontes hídricas; águas superficiais e reservatórios utilizados na irrigação de hortaliças frequentemente apresentam níveis variáveis de indicadores microbiológicos, sofrendo contínua influência sazonal e exposição a fontes de contaminação tanto pontuais quanto difusas (MATOS *et al.*, 2013; DECÓL *et al.*, 2017; ALEGBELEYE *et al.*, 2023).

Tais resultados são possivelmente decorrentes da exploração inadequada do solo nas margens dos corpos d'água, causando o carreamento de sedimentos e nutrientes, e do lançamento não tratado de esgoto doméstico (provável causa da alta contagem de Coliformes Termotolerantes). Diante deste cenário de contaminação por fontes pontuais e difusas, é fundamental a preservação e recuperação das matas ciliares, que possuem um papel protetor

essencial na redução do aporte de sedimentos, nutrientes e agrotóxicos, sendo uma medida crucial de mitigação para a sustentabilidade da bacia hidrográfica (ANBUMOZHI *et al.*, 2005; MARQUES; SOUZA, 2005).

Os resultados do monitoramento apontam para a vulnerabilidade da qualidade da água nos pontos analisados, com a detecção de riscos à saúde pública e à infraestrutura de irrigação concentrados especialmente nos pontos P1 e P4, enquanto outros parâmetros básicos se mantiveram aceitáveis. O pH (faixa de 6,49 a 7,55) e a Cor demonstraram estabilidade, com os pontos enquadrados nas classes adequadas do CONAMA e sem apresentar risco de corrosão. De forma semelhante, a Condutividade Elétrica, embora elevada em P1 e P4, permaneceu abaixo do limite de restrição para irrigação. A maior preocupação reside nos parâmetros críticos: o P4 excedeu consistentemente o limite legal de Sólidos Dissolvidos Totais (SD) (500 mg/L), sugerindo influência significativa da atividade agrícola local. Adicionalmente, as altas concentrações de Sólidos Suspensos em P1 e P4 indicaram um risco de entupimento dos sistemas de irrigação. A Turbidez elevada nesses mesmos pontos confirmou a presença intensa de material em suspensão (inorgânico e orgânico).

O aspecto mais crítico é a contaminação microbiológica: o Ponto 4 foi o mais problemático, apresenta Coliformes Termotolerantes acima limite da Classe I em dois meses. Essa contaminação indica o aporte de esgoto ou adubação orgânica e, conseqüentemente, torna a água imprópria para irrigação por aspersão, devido ao risco de disseminação de microrganismos patogênicos. Em resumo, as análises confirmam a hipótese de contaminação por fontes difusas e pontuais, e demandam a implementação imediata de medidas de controle de efluentes no P1 e de manejo de carreamento agrícola no P4, de forma a garantir a segurança hídrica e alimentar na região.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados demonstram que três dos quatro pontos avaliados apresentam condições adequadas para irrigação de hortaliças, atendendo aos limites da Resolução CONAMA 357/2005, sendo eles os pontos P1, P2 e P3. O ponto 4, entretanto, apresentou valores elevados de turbidez, sólidos e coliformes, provavelmente relacionadas aos usos do solo das zonas ripárias, indicando necessidade ações de mitigatórias. Contudo recomenda-se o monitoramento contínuo da qualidade da água destes pontos e implementação de práticas de manejo sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABADIAS, M. *et al.* Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. **International Journal of Food Microbiology**, v. 123, p. 121–129, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18237811/>. Acesso em: 24 set. 2019.
- ALEGEBELEYE, O. *et al.* Microbiological quality of irrigation water. **Agricultural Water Management**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423000550>. Acesso em: 24 set. 2024.
- ALLENDE, A. *et al.* Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed ‘Red Oak Leaf’ lettuce. **Food Microbiology**, v. 23, n. 3, p. 241–249, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16943010/>. Acesso em 16 set. 2019
- ALLENDE, A.; MONAGHAN, J. Irrigation water quality for leafy crops. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26151764/>. Acesso em: 16 set. 2019
- ALLENDE, A.; MONAGHAN, J. Irrigation water quality for leafy crops: a perspective of risks and potential solutions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, p. 7457–7477, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/12/7/7457>. Acesso em: 16 out 2024
- ALLYDICE-FRANCIS, K.; BROWN, P. D. Diversity of antimicrobial resistance and virulence determinants in *Pseudomonas aeruginosa* associated with fresh vegetables. **International Journal of Microbiology**, v. 2012, p. 1–7, 2012. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3508576/>. Acesso em: 17 set. 2019.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacia do Rio Doce**. Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/sar/sin/b\\_doce](https://www.ana.gov.br/sar/sin/b_doce). Acesso em: 25 set. 2019.
- ANBUMOZHI, V.; RADHAKRISHNAN, J.; YAMAJI, E. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. **Ecological Engineering**, v. 24, p. 517–523, 2005. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.jan.2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223481807\\_Impact\\_of\\_Riparian\\_Buffer\\_Zones\\_on\\_Water\\_Quality\\_and\\_Associated\\_Management\\_Considerations](https://www.researchgate.net/publication/223481807_Impact_of_Riparian_Buffer_Zones_on_Water_Quality_and_Associated_Management_Considerations). Acesso em: 15 set 2019.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/PC/Downloads/standardmethodsfortheexaminationofwaterandwastewater1000-3000.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.
- APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/PC/Downloads/standardmethodsfortheexaminationofwaterandwastewater1000-3000.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

- ÁVILA, J. L. Urbanização e impactos ambientais: uma análise da relação. *In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA*, 7., 2007, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza, 2007. Disponível em: [https://www.academia.edu/37448933/Urbaniza%C3%A7%C3%A3o\\_e\\_Impactos\\_Ambientais\\_uma\\_an%C3%A1lise\\_da\\_rela%C3%A7%C3%A3o\\_entre\\_as\\_caracter%C3%ADsticas\\_dos\\_espacos\\_urbanos\\_ea\\_polui%C3%A7%C3%A3o\\_h%C3%ADrica\\_na\\_regi%C3%A3o\\_do\\_m%C3%A9dio\\_Rio\\_Doce\\_](https://www.academia.edu/37448933/Urbaniza%C3%A7%C3%A3o_e_Impactos_Ambientais_uma_an%C3%A1lise_da_rela%C3%A7%C3%A3o_entre_as_caracter%C3%ADsticas_dos_espacos_urbanos_ea_polui%C3%A7%C3%A3o_h%C3%ADrica_na_regi%C3%A3o_do_m%C3%A9dio_Rio_Doce_). Acesso em: set 14 2019.
- BARAK, J. D.; SCHROEDER, B. K. Interrelationships of food safety and plant pathology: the life cycle of human pathogens on plants. *Annual Review of Phytopathology*, v. 50, p. 241–266, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22656644/>. Acesso em: 14 set 2019
- BATISTA, R. O. *et al.* Efeito das características do esgoto doméstico na uniformidade de aplicação de sistemas de irrigação por gotejamento. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 4, p. 137–144, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/download/2025/pdf/7171>. Acesso em: set 14 2023.
- BÁRBARA, V. F. *et al.* Monitoramento sazonal da qualidade da água do Rio Araguari/AP. *Revista Biociências*, v. 16, n. 1, 2010. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/111>. Acesso em: 14 set. 2023
- BOEHM, C. **Água do Rio Doce está imprópria para consumo dois anos após tragédia de Mariana**. Agência Brasil, São Paulo, 7 nov. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-11/aguas-do-rio-doce-estao-improprias-para-consumo-2-anos-apos-tragedia-em>. Acesso em: 14 out 2023.
- BRACKETT, R. E. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, p. 305–311, 1999. Disponível em: <https://scispace.com/papers/incidence-contributing-factors-and-control-of-bacterial-x1has8h7a8>. Acesso em: Set 14 2019.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escritura, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450). Acesso em: 14 set 2019.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em 14 set 2019

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/items/5d27cb64-649d-4e4f-b70c-313960afba32/full>. Acesso em: 15 set 2019.

DANTAS, I. L. A. *et al.* Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do rabanete. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/G6Ncq3F7HpDRgckfzfNtjgj/?lang=pt>. Acesso em: 14 set 2019.

DRECHSEL, P.; MARJANI ZADEH, S.; PEDRERO, F. **Water quality in agriculture: risks and risk mitigation**. Rome: FAO; IWMI, 2023. DOI: 10.4060/cc7340en. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc7340en>. Acesso em 14 set 2019.

EDBERG, S. C. *et al.* *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, p. 1068–1083, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10880185/>. Acesso em: 14 set 2023.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GIL, M. I. *et al.* Pre- and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, p. 453–468, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24915374/>. Acesso em 14 set 2023.

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

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

ZULPO, D. L. *et al.* Avaliação microbiológica da água consumida em bebedouros universitários. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 107–110, 2006. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/2405/2058>. Acesso em: 15 set 2019.