

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

HENZO HENRIQUE SIMIONATTO

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
DO CÓRREGO DO GALANTE NO OESTE PAULISTA**

Ilha Solteira
2023



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

HENZO HENRIQUE SIMIONATTO

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
DO CÓRREGO DO GALANTE NO OESTE PAULISTA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Especialidade: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Sérgio Luís de Carvalho
Orientador

Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro
Coorientadora

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S589d Simionatto, Henzo Henrique.
Diagnóstico da qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Galante no Oeste Paulista / Henzo Henrique Simionatto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
106 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais , 2023

Orientador: Sérgio Luís de Carvalho
Co-orientador: Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro
Inclui bibliografia

1. Ações antrópicas. 2. IQA. 3. Resolução CONAMA N° 357/2005. 4. Degradação. 5. Monitoramento ambiental.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GALANTE NO OESTE PAULISTA

AUTOR: HENZO HENRIQUE SIMIONATTO

ORIENTADOR: SERGIO LUIS DE CARVALHO

COORDINADORA: JULIANA HELOISA PINÊ AMÉRICO PINHEIRO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área:
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SERGIO LUIS DE CARVALHO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. CESAR GUSTAVO DA ROCHA LIMA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Dra. CLÁUDIA HITOMI WATANABE REZENDE (Participação Virtual)
Departamento de Química Ambiental / Instituto de Química - UNESP

Ilha Solteira, 15 de dezembro de 2023

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

De acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil (ODS's), este trabalho se enquadra nos ODS's 06, água limpa e saneamento, 11, cidades e comunidades sustentáveis, e 14, vida debaixo da água, uma vez que contribui com informações de monitoramento de qualidade da água, podendo estabelecer condições para o melhoramento do recurso hídrico principal e seus afluentes existentes na microbacia hidrográfica estudada, a qual se encontra, em sua quase totalidade, antropizada.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

According to the Sustainable Development Goals in Brazil (SDG's), this work falls under SDG's 06, clean water and sanitation, 11, Sustainable Cities and Communities, and 14, life under water, since it contributes with information for monitoring water quality, being able to establish conditions for the improvement of the main water resource and its tributaries existing in the studied watershed, which is, in its almost totality, anthropized.

IMPACTO POTENCIAL DE ESTA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Brasil (ODS's), este trabajo se enmarca en el ODS's 06, agua limpia y saneamiento, 11, ciudades y comunidades sostenibles, y 14, vida subacuática, ya que aporta información para el monitoreo de la calidad del agua, pudiendo establecer condiciones para el mejoramiento del principal recurso hídrico y sus afluentes existentes en la cuenca estudiada, la cual es, en su casi totalidad, antropizada.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, que concede, a todo momento, o dom da vida, a saúde e a sabedoria que preciso para viver meus dias.

A Jesus Cristo e Nossa Senhora, que sempre intercede a Deus os meus pedidos e súplicas diárias.

À minha esposa, Marcela, que com muita paciência e amor contribui para a realização dos meus sonhos.

Ao meu filho, Heitor, que trouxe, com o seu nascimento, mais alegria para minha vida.

Aos meus pais, Marta e Edmir, lavradores da terra, que me mostram todos os dias, por meio do amor e honestidade, o real significado do sucesso na vida pessoal e profissional.

Ao meu irmão, Edmir Jr., que vem seguindo os passos dos meus pais e se mostrando uma pessoa melhor a cada dia que passa.

E, por fim, ao meu sogro, Djalma, e minha sogra, Roseli, por me confiar sua filha e sempre nos proporcionar caminhos para uma vida tranquila e feliz.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof.^o Dr. Sergio Luis de Carvalho, e à minha coorientadora, Prof.^a Dra. Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro, por sempre contribuírem impecavelmente com minha formação acadêmica.

Ao Centro Universitário de Adamantina – UniFai, por ceder os laboratórios de análises analíticas e de solos e seus equipamentos, que foram fundamentais para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À Escola de Engenharia de São Carlos – EESC-USP, em nome do Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, por colaborar com a doação de reagentes necessários para as análises de Nitrogênio Total e Fósforo Total.

À Secretaria Municipal da Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente de Tupi Paulista – SEMAAMA, que contribuiu com inúmeras informações para o desenrolar do presente diagnóstico.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena – FCAT-UNESP, em nome do Prof.^o Dr. Ronaldo Cintra, por disponibilizar os dados meteorológicos necessários para esse trabalho.

Aos professores da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS-UNESP que me deram suporte nas disciplinas durante esse processo acadêmico.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa, a qual foi fundamental para a realização dessa pesquisa e no meu desempenho acadêmico.

E, por fim, ao meu amigo Arthur, por toda parceria e colaboração com a elaboração dos mapas usados nesse trabalho acadêmico, além de todas as publicações que fizemos ao longo desses anos.

“Para mim, é impossível existir sem sonho. A vida na sua totalidade me ensinou como grande lição que é impossível assumi-la sem risco.”

Paulo Freire

RESUMO

Embora a água seja um elemento indispensável para a manutenção da vida na Terra, esse recurso passa por grandes pressões ocasionadas pelas ações antrópicas. Os fatores que estão associados a esses desequilíbrios são, crescimento populacional desordenado, uso indiscriminado do solo na agropecuária, mau gerenciamento de efluentes sanitários e drenagem urbana, além das interferências naturais como, variação do clima, intemperismos das rochas predominantes, dissolução do solo, entre outros. Para qualificar a poluição ensejada nessas águas por esses condicionantes, é utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), que, mediante análises físicas, químicas e biológicas, classifica a qualidade da água. Com base nisso, o presente trabalho tem por objetivo diagnosticar a qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Galante no Oeste Paulista. Para o presente trabalho foram selecionados e adotados seis pontos de coleta. O período de coleta e análise das amostras de água teve duração de um ano, de dezembro/2021 a novembro/2022. Foi necessária, para a obtenção dos resultados do IQA, a análise de nove variáveis de natureza física, química e biológica, seguindo suas respectivas metodologias. As variáveis Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT) e Oxigênio Dissolvido (OD) foram determinadas por espectrofotometria. Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial hidrogeniônico (pH), Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Turbidez e Sólidos Totais (ST), seguiram os métodos descritos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. A partir dos resultados obtidos foi aplicada estatística descritiva para avaliação e comparação dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 2, durante o período chuvoso e seco nos seis pontos de coleta e amostragem. Por fim, o cálculo do IQA foi feito por meio do produto ponderado das nove variáveis. A qualidade da água do córrego do Galante (SP) variou entre Boa, Aceitável e Ruim, para o período de seca, e Boa, Aceitável, Ruim e Péssima, para o chuvoso. Os pontos P1, P2 e P3, foram, de modo geral, intensamente impactados, sendo os fatores, lançamento de efluente sanitário, possível lançamento de esgoto clandestino, eventuais rompimentos e vazamentos de tubulações de esgoto bruto e drenagem urbana, mais influentes na alteração desse recurso hídrico, com isso, ensejando baixos valores de OD e altas concentrações de variáveis como DBO, CT e nutrientes (PT e NT). Para os pontos

P4, P5 e P6, apesar de registrar valores em desconformidade para com os estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, há uma melhora considerável quando analisado o IQA. Diante do exposto, o monitoramento ambiental se faz necessário, pois além de ser um instrumento indispensável em uma bacia hidrográfica, ele quantifica e determina os efeitos antrópicos, validando e proporcionando a busca por recursos para efetivas decisões que certifiquem a conservação e preservação dos recursos naturais e, além disso, visando as particularidades do presente estudo, busca propor estudos que incentivem a gestão integrada por meio de planos intermunicipais que viabilizem o uso e a disponibilidade hídrica da microbacia hidrográfica do córrego do Galante, estabelecendo a qualidade ambiental para as presentes e futuras gerações.

Palavras-chave: ações antrópicas; IQA; Resolução CONAMA nº 357/2005; degradação; monitoramento ambiental.

ABSTRACT

Although water is an indispensable element for the maintenance of life on Earth, this resource is under great pressure caused by human actions. The factors that are associated with these imbalances are disorderly population growth, indiscriminate use of soil in agriculture, poor management of sanitary effluents and urban drainage, in addition to natural interferences such as climate variation, weathering of the predominant rocks, soil dissolution, among others. In order to qualify the pollution caused in these waters by these conditions, the Water Quality Index (WQI) is used, which, through physical, chemical and biological analyses, classifies the quality of the water. Based on this, the present study aims to diagnose the water quality of the Galante stream watershed in the West of São Paulo. For the present study, six collection points were selected and adopted. The period of collection and analysis of water samples lasted one year, from December 2021 to November 2022. In order to obtain the WQI results, it was necessary to analyze nine physical, chemical and biological variables, following their respective methodologies. The variables Total Nitrogen (TN), Total Phosphorus (PT) and Dissolved Oxygen (DO) were determined by spectrophotometry. Thermotolerant Coliforms (TC), Hydrogen Potential (pH), Temperature, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Turbidity and Total Solids (TS) followed the methods described in the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Based on the results obtained, descriptive statistics were applied to evaluate and compare the standards established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for class 2 freshwaters, during the rainy and dry seasons at the six collection and sampling points. Finally, the WQI was calculated using the weighted output of the nine variables. The water quality of the Galante stream (SP) ranged from Good, Acceptable and Poor for the dry season to Good, Acceptable, Poor and Very Poor for the rainy season. Points P1, P2 and P3 were, in general, intensely impacted, with the factors, discharge of sanitary effluent, possible release of clandestine sewage, eventual ruptures and leaks of raw sewage pipes and urban drainage, more influential in the alteration of this water resource, thus giving rise to low DO values and high concentrations of variables such as BOD, TC and nutrients (PT and NT). For points P4, P5 and P6, despite registering values that do not comply with those established by CONAMA Resolution 357/2005, there is a considerable improvement when the WQI is analyzed. In view of the above, environmental

monitoring is necessary, because in addition to being an indispensable instrument in a watershed, it quantifies and determines the anthropogenic effects, validating and providing the search for resources for effective decisions that certify the conservation and preservation of natural resources and, in addition, aiming at the particularities of the present study, it seeks to propose studies that encourage integrated management through intermunicipal plans that enable the use and the water availability of the Galante stream watershed, establishing the environmental quality for present and future generations.

Keywords: anthropogenic actions; WQI; Resolution CONAMA No. 357/2005; degradation; environmental monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Dinâmica dos diferentes cenários de uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica.....	18
Figura 2	- Fontes de poluição pontuais e difusas.....	21
Figura 3	- Representação da atividade autodepurativa e intervalos de sucessão ecológica de um corpo receptor.....	23
Figura 4	- Área de estudo.....	37
Figura 5	- Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Galante.....	38
Figura 6	- Estações de Tratamento de Esgoto localizadas na microbacia hidrográfica do córrego do Galante - SP	40
Figura 7	- Localização dos pontos de coleta e amostragem na microbacia hidrográfica do córrego do Galante – SP.....	41
Figura 8	Montante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista – SP (P1).....	43
Figura 9	- Jusante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista – SP (P2).....	43
Figura 10	- Ponto com presença de afloramento de água (P3).....	44
Figura 11	- Montante ao desague do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP (P4).....	45
Figura 12	- Jusante do desague do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP (P5).....	45
Figura 13	- Jusante do lançamento do efluente tratado da cidade de Monte Castelo e ponto mais próximo da foz do córrego do Galante (P6).....	46
Figura 14	- Curvas médias de variação de qualidade de água.....	50
Figura 15	- Variação de temperatura na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	57
Figura 16	- <i>Boxplots</i> de temperatura na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	57

Figura 17	- Variação de turbidez na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	59
Figura 18	<i>Boxplots</i> de turbidez na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	60
Figura 19	- Variação de ST na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	61
Figura 20	- <i>Boxplots</i> de ST na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	62
Figura 21	- Variação de pH na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	63
Figura 22	- <i>Boxplots</i> de pH na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	64
Figura 23	- Variação de OD na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	65
Figura 24	- <i>Boxplots</i> de OD na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	66
Figura 25	- Variação de DBO na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	68
Figura 26	- <i>Boxplots</i> de DBO na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022.....	68
Figura 27	- Variação de PT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	70
Figura 28	- <i>Boxplots</i> de PT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	71
Figura 29	- Variação de NT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	73
Figura 30	- <i>Boxplots</i> de NT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022	73
Figura 31	- Variação de CT na água do córrego do Galante (SP) durante o	75

período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022

- Figura 32** - *Boxplots* de CT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022 76
- Figura 33** - Variação do IQA_{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022..... 79
- Figura 34** - *Boxplot* do IQA_{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022..... 79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Fases para proposta de enquadramento de corpos hídricos.....	25
Quadro 2	- Classes de enquadramento das águas doce e seus respectivos usos.....	27
Quadro 3	- Métodos e instrumentos empregados para a determinação de IQA.....	47
Quadro 4	- Variáveis e pesos relativos do IQA.....	49
Quadro 5	- Faixa e classificação do IQA.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Galante – SP.....	38
Tabela 2	- Caracterização dos pontos de coleta e amostragem do córrego do Galante – SP.....	41
Tabela 3	- Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água do córrego do Galante no período seco.....	52
Tabela 4	- Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água do córrego do Galante no período chuvoso.....	54
Tabela 5	- Valores de precipitação registrado entre os meses de dezembro/ 2021 a novembro/ 2022 na microbacia hidrográfica do córrego do Galante - SP.....	55
Tabela 6	- Resultados do IQA _{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVO.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	17
3.2	DEGRADAÇÃO AMBIENTAL ASSOCIADA À BACIAS HIDROGRÁFICAS	17
3.3	QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
3.4	ENQUADRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS..	24
3.5	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....	28
3.5.1	Variáveis físicas.....	29
3.5.1.1	<i>Temperatura.....</i>	29
3.5.1.2	<i>Turbidez.....</i>	30
3.5.1.3	<i>Sólidos Totais (ST).....</i>	30
3.5.2	Variáveis químicas.....	31
3.5.2.1	<i>Potencial hidrogeniônico (pH).....</i>	31
3.5.2.2	<i>Oxigênio Dissolvido (OD).....</i>	32
3.5.2.3	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....</i>	33
3.5.2.4	<i>Fósforo Total (PT).....</i>	34
3.5.2.5	<i>Nitrogênio Total (NT).....</i>	34
3.5.3	Variáveis Biológicas.....	35
3.5.3.1	<i>Coliformes Termotolerantes.....</i>	35
4	MATERIAIS E MÉTODO.....	37
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.2	PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	40
4.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
4.3.1	Coleta das amostras.....	46
4.3.2	Determinação das variáveis do IQA.....	47

4.3.3	Cálculo do IQA_{CETESB}.....	48
4.3.3.1	Análise dos resultados.....	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.1	DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DO GALANTE.....	56
5.1.1	Diagnóstico das variáveis físicas.....	56
5.1.1.1	Temperatura.....	56
5.1.1.2	Turbidez.....	58
5.1.1.3	Sólidos Totais (ST).....	60
5.1.2	Diagnóstico das variáveis químicas.....	63
5.1.2.1	Potencial hidrogeniônico (pH).....	63
5.1.2.2	Oxigênio Dissolvido (OD).....	65
5.1.2.3	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	67
5.1.2.4	Fósforo Total (PT).....	69
5.1.2.5	Nitrogênio Total (NT).....	72
5.1.3	Diagnóstico das variáveis biológicas.....	74
5.1.3.1	Coliformes Termotolerantes.....	74
5.1.4	Análise dos resultados de IQA para os períodos seca e chuvoso...	77
6	CONCLUSÃO.....	82
7	RECOMENDAÇÕES.....	83
	REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Vista como elemento essencial para a manutenção da vida na Terra, a água é o recurso que estabelece meios para o desenvolvimento das atividades diárias dos seres humanos, estando presente nas tarefas domésticas, no campo, na indústria, no transporte, no lazer, e, não menos importante, na preservação e conservação da fauna e flora (Von Sperling, 2005; Noori *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2022; Simionatto *et al.*, 2023).

Embora a água seja primordial para a sobrevivência e o desenvolvimento, esse recurso passa por grandes pressões ocasionadas pelas ações antrópicas (Simionatto *et al.*, 2023). Os fatores que estão associados a esses desequilíbrios são, de maneira geral, crescimento populacional, mau gerenciamento de efluentes sanitários e drenagem urbana, além das interferências naturais, como variação do clima, intemperismos das rochas predominantes e dissolução do solo, entre outros (Von Sperling, 1996; Schiavinato; González, 2020; Medeiros, *et al.*, 2021; Simionatto; Carvalho, 2022).

O lançamento de efluente sanitário não tratado e/ou parcialmente tratado em corpo hídrico, por exemplo, resulta em impactos na vida aquática, proliferação de bactérias aeróbicas, transmissão de doenças, desequilíbrio ecológico, eutrofização do curso d'água, além de problemas socioambientais (Nascimento, *et al.*, 2021; Simionatto *et al.*, 2022). Outras causas, como uso inadequado do solo, desmatamento irracional, degradação de matas ciliares e uso indiscriminado de fertilizantes e defensivos agrícolas vêm provocando inúmeros impactos associados à qualidade dos rios, lagos e represas em territórios hidrológicos (Leandro; Rocha, 2019; Medeiros, *et al.*, 2021).

Mediante o contexto supracitado, nas últimas décadas, o assunto manejo, conservação e preservação das águas vêm sendo discutido de maneira crescente e notória, com o objetivo de estabelecer metas ambientais voltadas ao desenvolvimento sustentável desse recurso (Araujo *et al.*, 2022; Santos; Hamacher, 2023). No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº.9.433, de 8 de janeiro de 1997, mediante seus objetivos e instrumentos regulatórios, buscam nortear a gestão hídrica nacional, se fundamentando no uso sustentável das águas (Brasil, 1997). Como exemplo, têm-se os procedimentos de enquadramento e classificação dos recursos hídricos, nos quais estabelecem

condições e direcionamentos de usos gerais e específicos dos corpos d'água (Marcondes; Moreira, 2021; Barros Filho *et al.*, 2023).

Diante do exposto, inúmeros estudos, visando a determinação da qualidade das águas superficiais vêm sendo desenvolvidos com o auxílio de variáveis físicas, químicas e biológicas, associadas a cálculos que resultam na aplicação de índices (Menezes *et al.*, 2018; Bega *et al.* 2020; Souza *et al.*, 2020; Pessoa *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2020; Valentini *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2022; Simionatto *et al.*, 2022; Lages *et al.*, 2023; Moraes *et al.*, 2023).

No Brasil, o Índice de Qualidade da Água (IQA), método de avaliação utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é considerado um instrumento indispensável no monitoramento da qualidade das águas superficiais (Bega, 2020; Ribeiro; 2020). No entanto, os recursos hídricos contemplam uma complexidade que está associada as condições de uma bacia hidrográfica, fator esse que amplia e dificulta a gestão das águas, isso por que há diversificação de variáveis externas que incidem sobre os corpos d'água como, por exemplo, deflúvio intenso, carregamento de matéria orgânica, poluições difusas e pontuais e manejo irregular das matas ciliares (Garcia, *et al.*, 2018; Carvalho *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2021; Lopes *et al.* 2022).

Com base nas informações apresentadas, esse estudo se faz necessário para avaliar a qualidade da água do córrego do Galante, classe 2 (CETESB, 2016), uma vez que esse corpo d'água tem sua nascente, canalizada, no perímetro urbano da cidade de Tupi Paulista – SP, podendo assim, haver uma interferência negativa da urbanização na qualidade da água da nascente deste córrego. Outras condições de influência são os lançamentos de efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto (ETE) das cidades de Tupi Paulista, Monte Castelo e, indiretamente, Nova Guataporanga, além de suas respectivas fontes de drenagem urbana e uso e cobertura do solo dessa microbacia.

Portanto, através de análises físicas, químicas e biológicas e comparação dos resultados utilizando, como ferramenta legal, a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), para água doce classe 2, será possível verificar se a urbanização, o lançamento de efluentes e o uso e cobertura do solo interferem na qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Galante - SP.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo diagnosticar a qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Galante, afluente do rio Aguapeí, no Oeste Paulista.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as condições físicas, químicas e biológicas da água;
- Projetar, por meio de gráficos, e comparar os resultados das variáveis de qualidade da água com os valores de precipitação;
- Realizar análise comparativa da Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce classe 2, por meio dos resultados obtidos;
- Calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Comparar os valores de IQA para os diferentes períodos de coleta e análise das amostras; e
- Propor ações de gestão e conservação da microbacia hidrográfica do córrego do Galante.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

O conceito de bacias hidrográficas vem sendo aprimorado ao longo dos anos (Silva Junior, 2018). Há estudos que caracterizam bacias hidrográficas como áreas de planejamento complexo que possibilitam, por meio de análises, o desenvolvimento de ações e medidas diretas e indiretas evidenciando a integração da gestão hídrica e ambiental (Carvalho, 2020; Trentin *et al.*, 2021; Lopes *Et al.* 2022).

A Lei Federal nº 9.433/ 97, intitulada Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, traz em seus fundamentos que bacia hidrográfica é uma unidade territorial delimitada para gestão e gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (Brasil, 1997).

Além dessas definições, as bacias hidrográficas, quando apresentadas de forma sistêmica, são áreas definidas por meio dos divisores de água, caracterizados por serem as regiões mais altas desses territórios, e drenadas por um rio principal e seus tributários, onde a água da chuva infiltra, formando as nascentes e alimentando os lenções freáticos, ou escoam superficialmente, contribuindo na formação de rios e seus afluentes, que, por fim, converge todo fluxo contido em uma única saída, a foz, ponto mais baixo de uma bacia hidrográfica (Capanema, 2015; Silva Junior, 2018; Garcia, *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2021).

Quando integradas a variáveis ambientais - geomorfologia, litologia, solos, clima, vegetação - articulados com a escala espacial e temporal, são consideradas, do ponto de vista científico, como um indispensável instrumento de pesquisa, sendo apresentada como um recorte espacial de conhecimento sistêmico (Teixeira *et al.*, 2021; Gomes *et al.*, 2021).

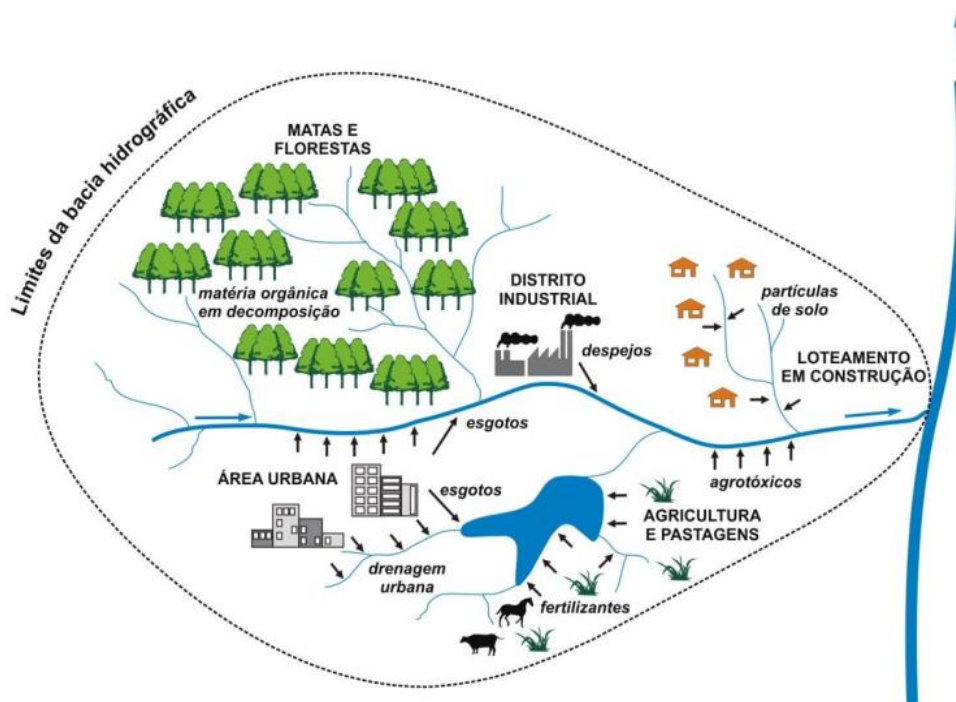
3.2 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL ASSOCIADA À BACIAS HIDROGRÁFICAS

Imutáveis décadas de pouca gestão referente ao meio ambiente resultaram em problemas associados à degradação das bacias hidrográficas (Schiavinato; González, 2020; Medeiros, *et al.*, 2021). Isso fez com que fatores como crescimento desordenado de áreas urbanizadas, desmatamento, queimadas, uso indiscriminado

de fertilizantes e defensivos agrícolas, má gestão e gerenciamento dos resíduos sanitários, entre outros, implicassem no crescente problema de poluição e contaminação dos recursos naturais existentes em territórios hidrológicos (Nascimento, *et al.*, 2021; Simionatto; Carvalho, 2022; Pompêo; Moschini-Carlos, 2022). Dessa forma, a degradação caracteriza-se pela intensificação do desequilíbrio ambiental em bacias hidrográficas, resultando em alterações ecossistêmicas (Garcia, *et al.*, 2018).

Seguido desse contexto, a diversificação dos cenários de uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas (Figura 1), partindo do princípio das alterações antropogênicas, apresenta consequências expressivas com relação às condições de qualidade hídrica e recuperação do meio aquático (Gomes, *et al.*, 2018; Leandro; Rocha, 2019; Medeiros, *et al.*, 2021). Concomitante ao exposto, os problemas associados à degradação das bacias implicam ainda em adversidades socioeconômicas, como o transtorno na saúde pública e ameaça à qualidade de vida (Leandro; Rocha, 2019; Simionatto *et al.*, 2023).

Figura 1 – Dinâmica dos diferentes cenários de uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica



Fonte: Sperling (2014).

A discussão desses fatores levanta argumentos sobre a poluição natural das águas, a qual é caracterizada por processos resultantes de fenômenos naturais, como: arraste, por meio de deflúvio, de materiais de origem orgânica e inorgânica presente no solo; fezes e restos mortais de animais silvestres; decomposição da vegetação e características químicas das rochas predominantes no aquífero freático (Alencar *et al.*, 2019; Pereira Filho, 2021; Simionatto *et al.*, 2023). No entanto, pouco irá influenciar na gestão natural dos recursos hídricos a ponto de tornar essas águas impróprias para consumo (Silva Junior, 2018).

Por outro lado, a poluição antrópica, com o lançamento – direto ou indireto – de efluente sanitário, resulta em alterações diversificadas no ambiente aquático e na qualidade da água (Santos *et al.*, 2018). A composição desse resíduo líquido tem características heterogêneas, podendo conter elevadas concentrações de sólidos, contaminantes emergentes (metais pesados e fármacos), substâncias mutagênicas e organismos patógenos (Ragassi, 2018; Silva Junior, 2018; Ribeiro *et al.*, 2022; Ribeiro, 2020; Simionatto *et al.*, 2023).

Além disso, outro fator que favorece a degradação das bacias hidrográficas e seus cursos d'água é a falta de matas ciliares e de sua preservação. Essas são elementos indispensáveis para efetivar a proteção dos recursos hídricos, operando como retentor de sedimentos, nutrientes e parte dos poluentes químicos que podem alterar a qualidade das águas superficiais (Garcia *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2021).

Contudo, a soma das alterações, sejam naturais ou antrópicas, irão, de alguma forma, alterar significativamente as condições de qualidade da água dos recursos hídricos superficiais pertencentes a uma dada bacia hidrográfica, resultando em processos físicos, assoreamento, químicos, aporte de nutrientes, ou biológicos, microrganismos, cabendo expressar, por fim, a importância do monitoramento ambiental desses ambientes, os quais são dotados de interações bióticas e abióticas (Leandro; Rocha, 2019; Schiavinato; González, 2020).

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A água, elemento essencial para a manutenção da vida no planeta, padece, historicamente, por problemas de poluição (Ribeiro *et al.*, 2022; Gois *et al.*, 2022; Teles *et al.*, 2023). No entanto, sabe-se que as interações das primeiras civilizações pouco influenciavam na qualidade da água, porém a cultura do uso dos recursos

hídricos como forma de abastecimento e recebimento de dejetos, implica significativamente na atualidade, uma vez que o mundo ultrapassa a margem de oito bilhões de habitantes (UNFPA, 2022; Teles *et al.*, 2023).

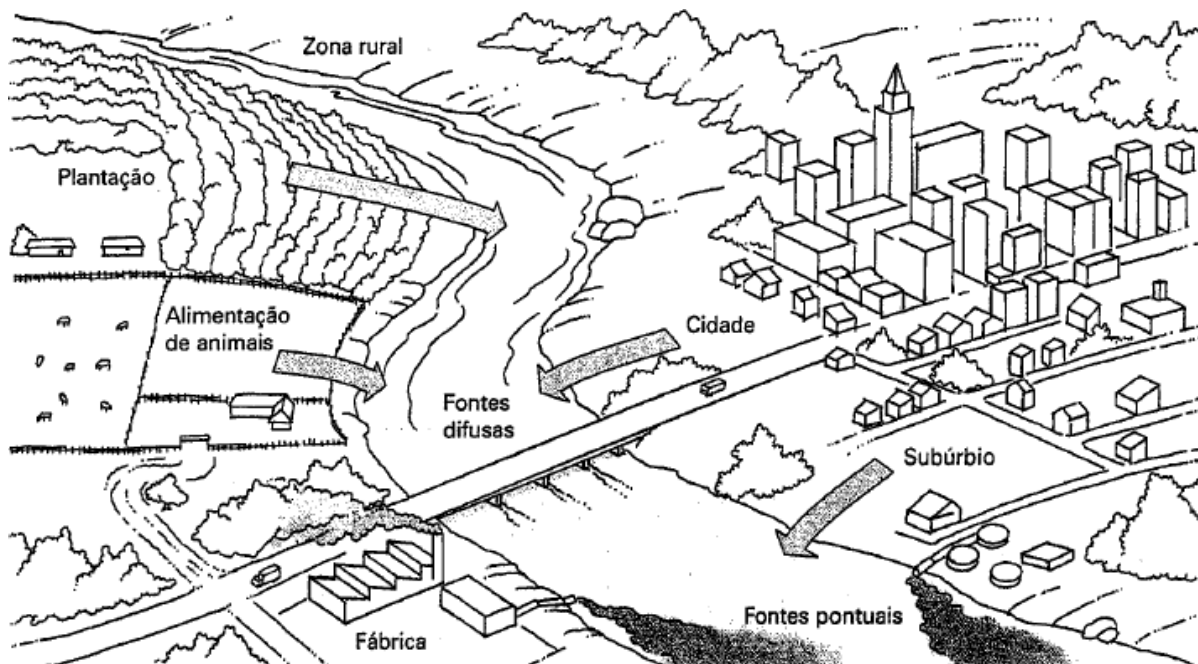
Apesar dos recursos hídricos serem considerados tão importantes para a qualidade de vida, ainda é pouco o empenho para sua recuperação e manutenção (Souza *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2022).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostra que 84,1% dos brasileiros possuem abastecimento de água e 50,8% contam com o atendimento de coleta e tratamento de esgoto (Brasil, 2020). Os 49,2% da população que não é atendida pela coleta e tratamento de esgoto preenche uma lacuna que causa o problema de lançamento de efluente não tratado nos recursos hídricos que, conseqüentemente, afeta todo sistema biótico de um determinado ecossistema (Santos *et al.*, 2018; Simionatto *et al.*, 2023). Além disso, têm-se ainda os transtornos com os emissários que não atingem os parâmetros estabelecidos por lei, causando mais adversidades com relação à qualidade da água (Moraes, *et al.*, 2021).

A expressão “qualidade da água”, não estabelece, necessariamente, uma condição de pureza ou limpidez e, sim, remete às características físicas, químicas e biológicas (Simões *et al.*, 2020). Entretanto, pode-se dizer que, quanto menos contato antropogênico a água tiver, mais qualidade ela terá (Garcia *et al.*, 2019; Batista *et al.*, 2022).

As inúmeras formas de uso da água no cotidiano, seja na indústria, na agricultura, nas atividades domésticas, no lazer ou até mesmo geração de energia elétrica, resultam na poluição dos recursos hídricos alterando a qualidade de suas águas (Ribeiro *et al.*, 2022). Baseado nisso, caracterizam-se dois tipos de fontes poluidoras, a difusa (contribuição indireta) e a pontual (contribuição direta) (Figura 2) (Camelo *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2021).

Figura 2 – Fontes de poluição pontuais e difusas



Fonte: Braga *et. al.* (2005).

As fontes difusas são geradas em áreas extensas, chegam aos corpos hídricos intermitentemente e seu controle, monitoramento e análise são difíceis de determinar pelo fato de não ser possível identificar suas reais origens (Campos; Kuhn, 2021). Essas fontes possuem movimentações intensas e diversificadas, pois se fundamentam na dispersão de variados poluentes que, associado à geomorfologia da bacia de drenagem, afeta, indiretamente, o meio aquático e seu ecossistema (Kozak; Fernandes, 2022).

Em contrapartida, as fontes pontuais, identificadas com mais facilidade, são caracterizadas e monitoradas de forma mais rápida e eficiente (Camelo *et al.*, 2020). Elas atingem os recursos hídricos, na maioria das situações, de forma concentrada, localizada e com regime de vazão frequente (Pereira *et al.*, 2021). Um exemplo dessas fontes são os efluentes sanitários, que lançam concentrações elevadas de compostos físicos, químicos e biológicos, alterando diretamente as condições da biota local (Ribeiro *et al.*, 2022).

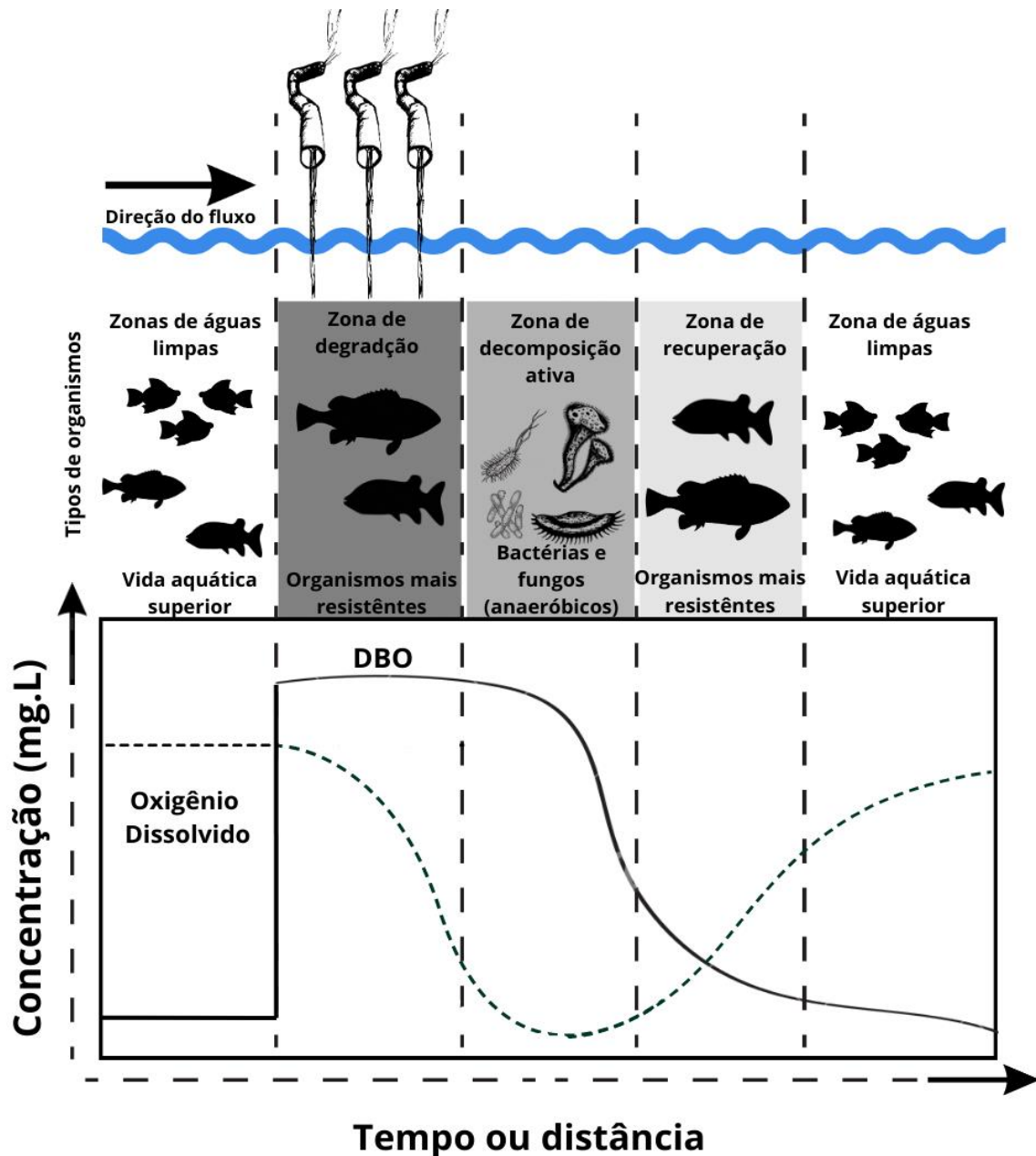
Mesmo com as incisivas alterações antrópicas exercidas sobre os recursos hídricos (lançamento de efluentes, drenagem urbana, escoamento agrícola, entre outros), esses ainda se mantêm em busca da homeostase por meio de um mecanismo natural denominado autodepuração (Kotnala *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2022). Esse processo consiste em reestabelecer o equilíbrio do meio aquático

mediante influência das condições físicas (turbulência, incremento de vazão superficial e subsuperficial), químicas (oxidação/ redução da matéria e precipitação química) e biológicas (surgimento de organismos produtores e consumidores) (Novais *et al.*, 2019).

Para tanto, a autodepuração é uma ferramenta trivial e encarregada por instaurar córregos e rios poluídos, resgatando a qualidade de suas águas ao longo do carrear de seu leito (Novais *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2022). Essa circunstância trará o equilíbrio do meio aquático, no entanto, para que haja sinergia nesse ecossistema, é necessário que as condicionantes antrópicas estabeleçam padrões aceitáveis com relação as suas ações cotidianas.

Ao longo do tempo e da direção longitudinal, a autodepuração é um processo que se caracteriza por seus estágios de sucessão ecológica e por trechos fisicamente identificados (Figura 3) (Sperling, 2014; Braga *et al.*, 2005).

Figura 3 – Representação da atividade autodepurativa e intervalos de sucessão ecológica de um corpo receptor



Fonte: Adaptado de Braga *et al.* (2005) e Sperling (2014).

Em análise ao processo autodepurativo, as zonas de águas limpas estão situadas uma a montante do emissário de efluentes e a outra após a estabilização da zona de recuperação, onde há pouca contaminação anterior (Corrêa; Araújo, 2015). Essa zona é caracterizada por concentrações superiores de OD e vida aquática, quando comparadas com outras zonas (Sperling, 2014).

A zona de degradação ocorre imediatamente após a descarga de resíduos, na qual tem uma alta concentração de matéria orgânica e elevada turbidez, no momento em que começa a degradação orgânica a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) aumenta rapidamente e o OD começa a diminuir, consecutivamente a isso há a diminuição da variabilidade de espécies dos organismos no ambiente (Novais *et al.*, 2019; Simionatto *et al.*, 2023).

As zonas de degradação ativa são caracterizadas por organismos que decompõem ativamente a matéria orgânica. É o local onde a qualidade da água é mais degradada, há redução drástica de OD e organismos aeróbicos, aumento do número de protozoários e macrofauna com espécies limitadas (Sperling, 2014; Luz *et al.*, 2019).

Finalmente, na zona de recuperação, o córrego começa a retornar às condições anteriores, onde a maior parte dessa matéria orgânica é estabilizada, as condições aeróbicas são gradualmente restauradas e, assim, o balanço de oxigênio torna-se positivo (Sperling, 2014).

3.4 ENQUADRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Em resposta às práticas de deterioração incididas sobre os aspectos quali e quantitativo da água, foi sancionada, em 8 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que é responsável por desenvolver medidas que garantam a proteção e o uso sustentável das águas brasileiras (Brasil, 1997).

Com base nisso, em meio aos instrumentos da PNRS, há o enquadramento dos recursos hídricos em classes (Brasil, 1997). Essa ferramenta busca assegurar a qualidade e quantidade das águas para que sejam conciliáveis aos usos prioritários a que são destinadas; além dessa vertente, estabelece, mediante ações de prevenção permanente, a diminuição de custos referentes ao combate à poluição dos recursos hídricos (Brasil, 1997; CETESB, 2019; Ribeiro, 2020; Marcondes; Moreira, 2021; Rodrigues *et al.*, 2022; Barros Filho *et al.*, 2023).

Passados alguns anos, com o objetivo de estabelecer melhores condições para a qualidade das águas, o enquadramento e as classificações dos recursos hídricos sofreram reformulações, dentre essas pode ser colocado em pauta a Resolução CONAMA nº 357/2005, que “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” (Brasil, 2005).

O processo de enquadramento de um corpo d’água precisa, necessariamente, ser resultado de fatores determinantes, como a característica do território hidrológico, uso preestabelecido do recurso hídrico, condições atuais do ambiente aquático e valoração ambiental do ecossistema (Ribeiro, 2020).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº. 91 estabelece quatro fases para proposta de enquadramento, nas quais precisão estar em conformidade com o Plano de Recursos hídricos da bacia hidrográfica analisada (Brasil, 2008). Essas fases são caracterizadas e apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Fases para proposta de enquadramento de corpos hídricos

Fases	Descrições
Diagnóstico	Aborda a caracterização geral da bacia hidrográfica e do uso e ocupação do solo; identificação e localização dos usos e interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água, destacando os usos preponderantes; identificação, localização e quantificação das cargas das fontes de poluição pontuais e difusas atuais, oriundas de efluentes domiciliares, industriais, de atividades agropecuárias e de outras fontes causadoras de degradação dos recursos hídricos; disponibilidade demanda e condições de qualidade das águas; e capacidade de investimento em ações de gestão de recursos hídricos.
Prognóstico	Avalia os impactos sobre os recursos hídricos; as cargas poluidoras de origem urbana, industrial, agropecuária e de outras fontes que causem alteração, degradação ou contaminação das águas; as condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos; e os usos pretendidos das águas, considerando as características de cada bacia.

Propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento	Tem ampla participação da comunidade da bacia hidrográfica por meio de consultas públicas, encontros técnicos e oficinas de trabalho. As propostas devem ser elaboradas com vistas ao alcance ou manutenção das classes de qualidade de água pretendidas em conformidade com cenários de curto, médio e longo prazo. Busca-se alcançar um conjunto de parâmetros de qualidade da água e das vazões de referência definidos para o processo de gestão de recursos hídricos em função dos usos pretensos das águas, devendo ser utilizado como base para ações de prevenção, controle e recuperação da qualidade das águas da bacia hidrográfica.
Programa para efetivação	Deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução; recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos e cumpridos; propostas que serão apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimentos dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento; e subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacias hidrográficas.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2008); ANA (2009); Silva; Albuquerque (2018); Ribeiro (2020).

Concluído as respectivas fases de proposta de enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, por responsabilidade dos órgãos deliberantes, inicia-se o procedimento de classificação, o qual deve ser estabelecido pela legislação ambiental vigente e delegada competência aos Comitês de Bacias Hidrográficas, onde se deve analisar e aprovar para que em seguida encaminhem a deliberação aos Conselhos Nacional ou Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio de atuação (Brasil, 1997; ANA, 2005; Ribeiro, 2020). Após, utiliza-se a Resolução CONAMA nº 357/05 para a classificação dos corpos hídricos, onde,

conforme disposição, as águas doces são classificadas em cinco classes, destinadas a distintos usos (Quadro 2) (Brasil, 2005).

Quadro 2 – Classes de enquadramento das águas doce e seus respectivos usos

Classes	Uso das águas
Classe especial	a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.º 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e) aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e) dessedentação de animais.
Classe 4	a) navegação; b) harmonia paisagística.

Fonte: Brasil (2005); Ribeiro (2020).

Observado o supracitado, cabe, ainda, ressaltar que as águas doces não enquadradas pelas autoridades outorgantes ou, que ainda possuam propostas de enquadramento não aprovadas, deverão ser consideradas de domínio classe 2, no entanto, se as condições de qualidade atuais forem superiores, isso determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente – classe 1 ou especial (Brasil, 2005).

3.5 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Os Índices são caracterizados por serem vocábulos usados para interpretação precisa da realidade de uma determinada situação (Santos *et al.*, 2021). Isso só é possível de ser desenvolvido mediante o uso de base científica e método adequado de cálculo, podendo, posteriormente, ser utilizado como ferramenta de tomada de decisão para gestores (Libânio, 2016; Silva Junior, 2018; Bega, 2020; Ribeiro, 2020). Com relação aos índices e indicadores ambientais, eles são resultados da crescente preocupação pública com relação aos aspectos do desenvolvimento ambiental (CETESB, 2018).

Para entender as características da água, por exemplo, é necessário um grande número de parâmetros e informações, muitas vezes complexos para um entendimento comum. Dessa forma, a principal vantagem dos índices é a facilidade de comunicação com o público leigo, pois apresenta a combinação de diversas variáveis em um único número.

Estudos referentes ao IQA foram propostos para descrever a qualidade das águas superficiais em escala global (Ewaid *et al.*, 2020; Uddin *et al.*, 2021; Han *et al.*, 2022; Dandge; Patil, 2022). As primeiras tentativas datam da década de 1960, notadamente de 1965, quando Horton desenvolveu o primeiro IQA (Menezes *et al.*, 2016).

O IQA é utilizado no Brasil desde 1975 para fornecer informações básicas ao público sobre qualidade da água e gestão ambiental. Essa ferramenta de análise foi adaptada do IQA criado pela *National Sanitation Foundation* nos Estados Unidos em 1970, com o objetivo de comparar a qualidade dos recursos hídricos e monitorar as mudanças na qualidade da água ao longo do tempo ou no espaço, refletindo a contaminação da água por atividades humanas, como o lançamento de esgoto

sanitário em águas superficiais (Ferreira *et al.*, 2015). Embora inicialmente utilizado apenas pela CETESB, outros estados brasileiros aderiram nas décadas seguintes, e atualmente tornou-se um dos principais indicadores de qualidade da água no país (CETESB, 2018).

As regulamentações apontam que para a efetivação do processo de gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, deve ser analisado, de início, um conjunto de variáveis de caráter qualitativo (Santos *et al.*, 2020). Partindo desse princípio, o IQA associado a nove parâmetros de características físicas (turbidez, Sólidos Totais e Temperatura), químicas (Nitrogênio Total, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio e pH) e biológicas (Coliformes Termotolerantes), estabelecem resultados que apontam a contaminação e poluição dos recursos hídricos e, logo, fornecer assistência para a tomada de decisão pelos órgãos gestores e fiscalizados, como o caso da CETESB no Estado de São Paulo (Libânio, 2016; Silva Junior, 2018; Neves *et al.*, 2019).

3.5.1 Variáveis físicas

3.5.1.1 Temperatura

A interferência na temperatura das águas superficiais pode derivar de condições naturais (incidência solar e regiões termais) ou antropogênicas (lançamento de efluente sanitário e degradação das matas ciliares) que, por fim, reflete sobre os ecossistemas aquáticos (Nolasco *et al.*, 2020). A alteração dessa variável pode provocar mudanças nas características físicas, como viscosidade e densidade do líquido; químicas, como aceleração nas reações químicas e bioquímicas; e biológicas; podendo resultar em um ambiente letal para organismos sensíveis (Brasil, 2017). A temperatura, ainda, tem uma indispensável função no controle de espécies aquáticas, sendo, possivelmente, considerada um dos atributos mais significativos para essa biota (Begon *et al.*, 2008; Uacane *et al.*, 2021).

Considerando que a temperatura não expressa significativos efeitos à saúde populacional, no que tange à qualidade da água para abastecimento, os padrões de potabilidade brasileiro e da Organização Mundial da Saúde - OMS não estabelecem um valor máximo para água destinada a consumo humano (Libânio, 2016). No entanto, a Resolução Conama n°. 397/08 que complementa a Resolução Conama

nº. 357/05, traz em sua estrutura legal que a temperatura não deve ultrapassar as condições dos 40°C e, além disso, não comprometer a estabilidade dos usos previstos do recurso hídrico (Brasil, 2005).

3.5.1.2 Turbidez

Apontada como uma variável que interfere na passagem da luminosidade no meio aquático, a turbidez é resultado da presença de partículas insolúveis, microrganismos, matéria orgânica, entre outros materiais suspensos ou dissolvidos, os quais agem absorvendo ou impedindo a incidência dos raios solares na água (Funasa, 2014). Essa alteração no ambiente também pode contribuir e estar associada à presença de sabor e odor, visto que leva, na composição da água, matéria orgânica (Gloria *et al.*, 2017).

As partículas responsáveis por evidenciar a turbidez na água possuem diferentes tamanhos, podendo ser caracterizadas desde matérias grosseiras a coloidais, sendo o nível e a turbulência do corpo d'água os encarregados a mudar essas condições (Glória *et al.*, 2017). Esses elementos são os fatores que estabelecem, por exemplo, a aparência turva na água, sendo capaz de prejudicar o processo fotossintético das algas e similares (Sperling, 2014). Outro distúrbio que pode causar interferência na biota aquática é a aglomeração das partículas próximas à superfície do curso hídrico, pois podem promover a absorção do calor adicional da luz do sol, equalizando o aumento da temperatura da lâmina superficial da água (Von Sperling, 2005; FUNASA, 2014; Gloria *et al.*, 2017).

A turbidez, entretanto, é oriunda de processos naturais como o intemperismo de rochas, partículas da própria biota (algas, por exemplo), entre outros (Sperling, 2014). Ainda assim, as ações antrópicas surgem para intensificar o efeito desse parâmetro nos recursos hídricos, contribuindo nos desarranjos ambientais referentes à qualidade das águas (Simionatto *et al.*, 2022; RIBEIRO *et al.*, 2022).

Por fim, em apresentação as medidas legais de análise de qualidade das águas superficiais, a Resolução CONAMA nº. 357/05, para águas doces de classe 2, estabelece que a turbidez não deve ultrapassar o valor de 100 NTU (Brasil, 2005).

3.5.1.3 Sólidos Totais (ST)

Os sólidos totais, representados como matéria resultante de procedimentos como, evaporação, secagem e calcinação de amostras de água a um determinado tempo e temperatura, podem estar relacionados à variável turbidez, os quais, juntos, podem expressar valores que refletem nas condições de poluição local; essa situação só será determinada mediante condição de espaço e tempo (Quinelato *et al.*, 2020; Berlanda *et al.*, 2021).

Condicionado ao apresentado anteriormente, os sólidos totais não podem ser diretamente associados ao parâmetro da turbidez, é relevante frisar que essas variáveis não são absolutamente equivalentes (Ribeiro, 2020). Para isso, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) apresentou uma explicação bastante simples: “colocar uma pedra em um copo de água limpa conferirá a ele elevada concentração de sólidos totais, porém turbidez praticamente nula” (FUNASA, 2014).

A presença elevada de sólidos na água tem potencial de desequilibrar uma grande comunidade aquática, uma vez que é capaz de mudar as condições de incidência dos raios solares na água, interferindo no desenvolvimento metabólico de organismos autotróficos em imersão, dificultando a realização da fotossíntese, que, consequentemente, resultará em prejuízos na cadeia heterotrófica, a qual depende exclusivamente do oxigênio produzido mediante processo fotossintético para respiração (Glória *et al.*, 2017).

Contudo, os resíduos sólidos quando se sedimentam no fundo dos recursos hídricos podem resultar no assoreamento, que, à vista disso, gerará distúrbio na movimentação hidroviária, resultando ainda no possível aumento de risco de enchentes decorrentes dos períodos de intenso deflúvio (ANA, 2023).

A Resolução CONAMA n°.357/05 não estabelece limite para sólidos totais presentes em águas doces de classe 2. No entanto, usa-se o limite estipulado para a variável sólidos suspensos totais, o qual retrata o valor de 500 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005).

3.5.2 Variáveis químicas

3.5.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é a variável que busca interpretar a concentração de íons de hidrogênio (H) presente no ambiente líquido (Piveli; Kato, 2006; Libânio, 2016). Esse cenário acontece mediante interação entre os elementos químicos existentes, representado

por pH ácido, pH alcalino e pH neutro (USEPA, 2009). É entendido como um parâmetro indispensável nas análises de qualidade na área do saneamento ambiental, isso por que influencia no equilíbrio químico que ocorre naturalmente por fenômenos como dissolução de partículas rochosas, absorção gasosa, oxidação da matéria e processo fotossintético (Von Sperling, 2005; Piveli; Kato, 2006). Em contrapartida, o pH também atua como agente modificador influenciado pelas ações antrópicas, podendo ser por meio dos lançamentos de efluentes sanitários e/ou carreamento de insumos agrícolas (Piveli; Kato, 2006; Gasparoto, 2011).

Para que haja um equilíbrio referente às condições do pH presente nas águas superficiais, a CONAMA n°. 357/05 estabelece que esse parâmetro deve estar variando entre os valores de 6 a 9 (Brasil, 2005). As oscilações referentes aos números regulamentados em resolução podem elevar os efeitos de substâncias químicas caracterizadas como tóxicas para os organismos aquáticos, estando dentre essas os contaminantes emergentes (Libânio, 2016).

3.5.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Caracterizado como elemento vital para a existência e manutenção da vida aquática, o Oxigênio Dissolvido em águas poluídas e/ou contaminadas por efluentes resulta em baixa ou nenhuma concentração, isso por que acaba sendo consumido pela matéria orgânica no processo de decomposição (Ragassi *et al.*, 2017; Manoel *et al.*, 2019; Simionatto *et al.*, 2023). Visto de outra forma, quando analisado em águas mais limpas, a presença, em concentração, de OD é maior, sendo, na maioria dos casos, superiores a $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ (ANA, 2023).

Situações diferentes a essas condições supracitadas podem ocorrer em ambientes que, naturalmente, resultam em baixos ou elevados valores de OD, um exemplo disso é a variação de altitude, ou seja, onde menor a pressão atmosférica, menor a capacidade de solubilização do OD na água (Silva Junior, 2018; ANA, 2023).

Há cenários, onde o OD pode resultar em valores de concentração superiores a $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$, isso acontece, por exemplo, em ambientes eutrofizados, nos quais estabelecem condições de supersaturação (Silva Junior, 2018; Libânio, 2016). Esse contexto retrata um ambiente, geralmente lagos e represas, com crescimento expressivo de algas, que durante a incidência solar, em razão do processo

fotossintético, elevam os valores de oxigênio na água (Silva Junior, 2018; Libânio, 2016). Porém, durante a noite, devido à inoccrrência de fotossíntese e a respiração dos organismos, a concentração de oxigênio despenca consideravelmente, sendo um potencial causador da morte de peixes (Libânio, 2016).

O oxigênio, além da fotossíntese, é introduzido na água mediante processo físico, no qual depende das condições hidráulicas, a exemplo disso têm-se a intensidade da vazão de um corpo hídrico e as condições geológicas do local (CETESB, 2017).

Por fim, para estabelecer condições de fiscalização e melhorias da qualidade ambiental do meio aquático, a CONAMA n.º 357/05 regulamentou para rios classe 2 o valor de concentração superior de 5,0 mg.L⁻¹ de OD na água (Brasil, 2005).

3.5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é caracterizada por ser a quantidade necessária de oxigênio para estabilização da matéria orgânica em uma amostra de água e/ou efluente (Manoel *et al.*, 2019; Ribeiro *et al.*, 2022). Em laboratório, ela é analisada, em um período de cinco dias a uma temperatura de 20°C, para verificar o consumo desse oxigênio presente (Libânio, 2016. CETESB, 2018). Para as condições de qualidade da água, esse parâmetro tem sua relevância, uma vez que caracteriza o nível de poluição de um recurso hídrico superficial (Von Sperling, 1996).

Altos valores de DBO, geralmente, resultam de lançamentos de cargas orgânicas (Simionatto *et al.*, 2023). O lançamento de efluente sanitário com baixa eficiência, por exemplo, pode exceder a capacidade de autodepuração de um recurso hídrico, resultando na redução extrema de OD, provocando adversidades ambientais como percepção de odores, poluição estética e desaparecimento de espécies aquáticas nativas (Manoel *et al.*, 2019).

Para manter um equilíbrio ecológico no ambiente aquático, diferente da concentração estabelecida de OD, a CONAMA n.º 357/2005, regulamenta que o valor de DBO_{5,20} não deve ultrapassar as condições de 5,0 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005).

3.5.2.4 Fósforo Total (PT)

Esse elemento pode chegar aos corpos d'água tanto por meio de eventos naturais quanto por antropogênicos (Gloria *et al.*, 2017; Simionatto; Carvalho; 2022).

As fontes naturais, geralmente, estão relacionadas a cargas difusas oriundas de processos erosivos da própria bacia hidrográfica, decomposição de organismos aquáticos e terrestres (por meio de lixiviação de restos mortais), vegetação que constituem as matas ciliares, intemperismo de rochas, entre outras (Santos *et al.*, 2018; ANA, 2023). Já as fontes antrópicas, por sua vez, são interpretadas por serem os principais meios de chegada do fósforo nas águas superficiais, onde detém, em sua maioria, o lançamento de efluente sanitário e, também, o escoamento de produtos agrícolas (Santos *et al.*, 2018; ANA, 2023).

A eutrofização é um fenômeno, o qual é resultado do aporte de nutrientes, incluindo o fósforo, nos recursos hídricos (Sperling, 2014; Brasil, 2005; ANA, 2023). Apesar de ser uma condição que pode ocorrer naturalmente, esse processo quando se desenvolve de forma antrópica resulta em uma aceleração com relação às mudanças ambientais no meio aquático, como alteração no sabor, odor, cor e turbidez das águas, além de causar desenvolvimento e crescimento descontrolado de plantas aquáticas, as quais acabam por interferir nos usos da água, seja no transporte ou lazer, e causando a mortandade de peixes (Barreto *et al.*, 2003). Esse fenômeno, normalmente, ocorre em ambientes lênticos (lagos e represas), sendo menos frequente em meios lóticos (rios, córregos e ribeirões), por estabelecerem condições pouco favoráveis para o desenvolvimento de algas e outras plantas (Sperling, 2014).

A Resolução CONAMA n.º 357/05 regulamenta que em águas doces de classe 2, seja em ambientes lóticos ou tributários intermediários, a concentração máxima permitida de fósforo total (PT) corresponda a $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (Brasil, 2005).

3.5.2.5 Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio, em águas superficiais, é um indicador, por exemplo, de lançamento de efluente sanitário, uma vez que manifesta a presença de compostos orgânicos, amônia, nitritos e nitratos (Sperling, 2014; Braga *et al.*, 2005). Além disso, geralmente, aponta a existência de poluição recente, isso por que essas substâncias, quando presentes em água, passam por um processo de oxidação rápida, devido à ação de bactérias nitrificantes (Cuelbas, 2007; Zoppas *et al.*, 2016).

Assim como o fósforo, o nitrogênio é um nutriente que influencia nos processos biológicos, isso mostra que, além de ser essencial para a vida, o lançamento excessivo em recursos hídricos superficiais pode causar o crescimento descontrolado de algas, resultando na eutrofização dos ambientes aquáticos, na grande maioria lânticos, que gerará transtornos no abastecimento de água ao público, lazer e equilíbrio do ecossistema aquático (Sperling, 2014; Manoel *et al.*, 2019; Simionatto; Carvalho, 2022).

As diversas características de compostos nitrogenados presentes nas águas darão indícios de sua qualidade hídrica sanitária (RIBEIRO, 2020). A sua procedência nos recursos hídricos, basicamente, é condicionada entre fenômenos naturais; fixação biológica do nitrogênio atmosférico por meio das algas e bactérias, fixação química mediante transformação do nitrogênio orgânico em inorgânico e fixação física através da dissolução de outros compostos, e ações antropogênicas; lançamento de efluente sanitário, dejetos animais (fezes e restos mortais) e aporte de agroquímicos e fertilizantes agrícolas (Sperling, 2014; Libânio, 2016; Manoel *et al.*, 2019; Simionatto; Carvalho, 2022). No efluente sanitário, por exemplo, o nitrogênio é, em grande parcela, constituído pela presença de proteína e ureia (Ribeiro, 2020).

É estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/05 que o Valor Máximo Permitido (VPM) de Nitrogênio Total (NT) em águas doces de classe 2 dependerá do valor de pH da amostra, sendo de “3,7 mg.L⁻¹ N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L⁻¹ N, para < pH ≤ 8,5 e 0,5 mg.L⁻¹ N, para pH > 8,5” (Brasil, 2005).

3.5.3 Variáveis Biológicas

3.5.3.1 Coliformes Termotolerantes (CT)

Apesar dos microrganismos serem fundamentais na regulação de inúmeros processos naturais, principalmente na transformação da matéria no que tange aos ciclos biogeoquímicos, eles também são responsáveis por transmitir e proliferar doenças de origem hídrica, por exemplo, e por isso representam aspectos de relevância em termos de análise de qualidade biológica da água (Russo *et al.*, 2021; Sanjad, 2021).

Os recursos hídricos, quando caracterizados como corpos receptores de efluentes sanitários, ficam sujeitos a receberem incontáveis indivíduos de ordem diminuta, como bactérias, protozoários e vírus (Ribeiro, 2020; Malagi *et al.*, 2019). Esses microrganismos podem causar distúrbios na saúde pública, principalmente se associados à poluição das águas destinadas para fins de uso recreativo, pesca ou abastecimento, pois resulta em contato direto e possível ingestão, podendo provocar sérios problemas gastrointestinais (ANA, 2023). A exemplo disso tem-se os Coliformes Termotolerantes (CT), que estão presentes no subgrupo das bactérias coliformes, aqui representado pela *Escherichia coli*, originalmente encontrada em fezes de seres de sangue quente, como é o caso dos humanos e animais silvestres e domésticos (FUNASA, 2014; Osiska *et al.*, 2017). Essa condição exclusiva caracteriza essa bactéria como bioindicador de contaminação por efluente doméstico (Silva Junior *et al.*, 2017).

Embora presente no organismo dos seres humanos e em outros animais homeotérmicos em condições normais de saúde, a *E. coli*, em ambientes aquáticos, pode gerar declínio da concentração de OD e o aumento da densidade de micro poluentes nos recursos hídricos (Silva Junior *et al.*, 2017; Libânio, 2016).

A Resolução CONAMA n.º 357/05 estabelece padrões para essa variável biológica de qualidade da água, onde não deverá ser excedido um limite de 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral (Brasil, 2005).

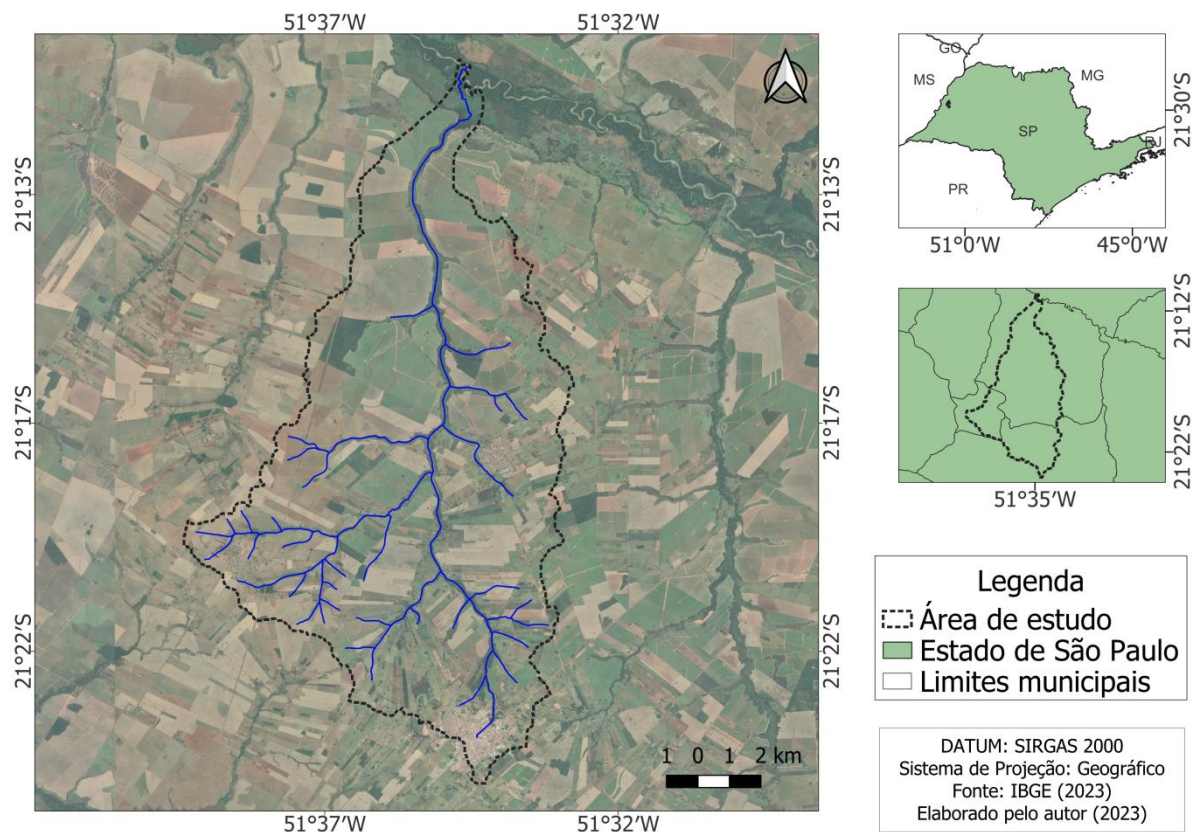
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do córrego do Galante, com área aproximada de 150,73 km², abrange os municípios de Tupi Paulista, Nova Guataporanga e Monte Castelo, e possui uma população estimada de 22.232 habitantes (IBGE, 2023), localizada na região oeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 21°17'11,24" S e 51°34'50,66" W (Figura 4), sendo caracterizada como um território intermunicipal.

Sua nascente encontra-se, canalizada, no perímetro urbano da cidade de Tupi Paulista e seu ponto de desague na zona rural do município de Monte Castelo, no rio Aguapeí afluente do rio Paraná.

Figura 4 – Área de estudo

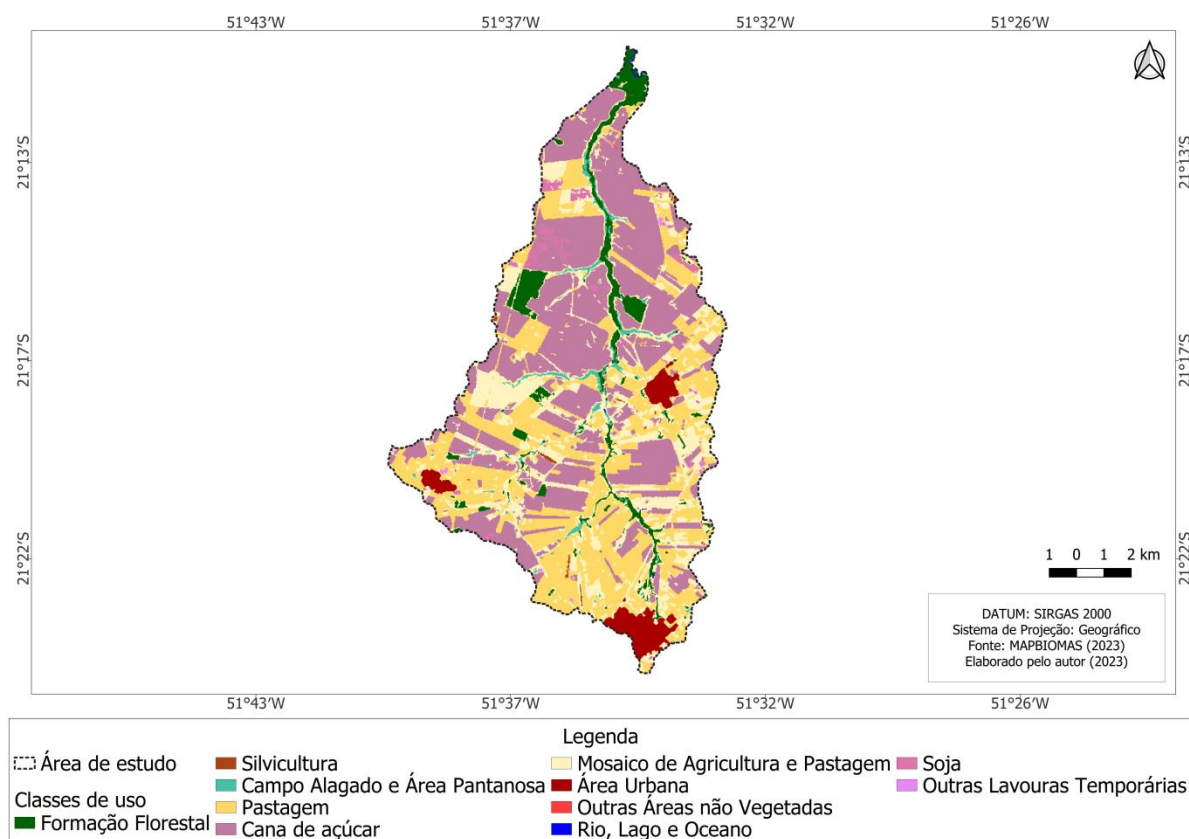


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Nessa região o clima predominante é o tropical de altitude de ordem Aw e Cwa, na escala Köppen (Köppen, 1931). A temperatura média anual é de 24,7°C, alcançando 30,2°C em épocas mais quentes e de chuvas intensas (outubro a março), e 20°C nas estações frias e secas (abril a setembro) (INMET, 2023).

A microbacia do córrego do Galante é um dos inúmeros exemplos de áreas transformadas pela ação antrópica, sendo ocupada por diferentes culturas agrícolas e malhas urbanizadas – Figura 5 e Tabela 1. Além disso, ao longo do corpo hídrico principal e de seus afluentes, encontram-se pontos críticos de degradação das matas ciliares o que torna, ainda mais, vulnerável a condição ambiental dos recursos hídricos.

Figura 5 – Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Galante



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 1 – Quantificação das classes de uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do córrego do Galante – SP

Uso do solo	Área (km²)
Formação florestal	8,3
Silvicultura	0,31
Campo alagado e área pantanosa	2,04
Pastagem	45,73
Cana de açúcar	57,34
Mosaico de agricultura e pastagem	29,79
Área urbana	4,77
Outras áreas não vegetadas	0,06
Rio, lago e oceano	0,1
Soja	2,11
Outras lavouras temporárias	0,2
Total	150,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Além disso, ainda existem as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) dos municípios, que atendem em média 83,97% do esgoto sanitário (IBGE, 2010), sendo duas em Tupi Paulista, uma em Nova Guataporanga e uma em Monte Castelo, que lançam seus efluentes tratados, direta e indiretamente, no Córrego do Galante (Figura 6).

Figura 6 – Estações de Tratamento de Esgoto localizadas na microbacia hidrográfica do córrego do Galante - SP



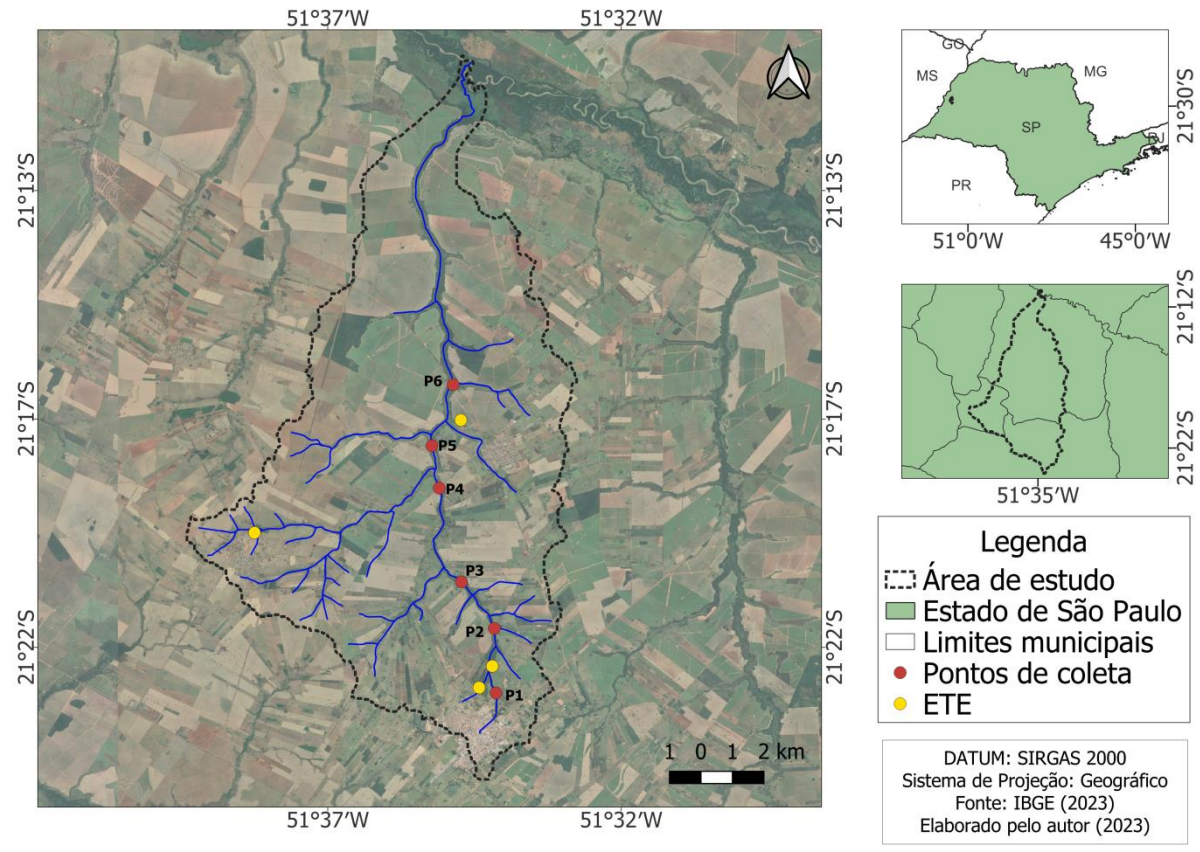
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Todas elas caracterizam-se pelo sistema de tratamento australiano, no qual é constituído de lagoa anaeróbia seguido de lagoa facultativa (Von Sperling, 1996; Pacheco; Wolff, 2004).

4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Para a realização do presente trabalho foram selecionados e adotados seis pontos de coleta e amostragem, os quais encontram-se distribuídos ao longo do corpo hídrico principal da microbacia hidrográfica do córrego do Galante (Figura 7).

Figura 7 – Localização dos pontos de coleta e amostragem na microbacia hidrográfica do córrego do Galante – SP



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Cada ponto possui suas características, conforme são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização dos pontos de coleta e amostragem do córrego do Galante – SP

Pontos de Amostragem	Caracterização dos pontos de amostragem	Distância entre os pontos de amostragem (km)	Coordenadas Geográficas		Altitude (m)
			Latitude	Longitude	
P1	Montante de lançamento de efluente sanitário (Rural)	P1 = 0	21°22'26.37"S	51°34'6.15"W	365
P2	Lançamento de efluente	P1 a P2 = 2,36			347

	sanitário (Rural)		21°21'15.15"S	51°34'8.03"W	
P3	Jusante a lançamento de efluente sanitário (Rural)	P2 a P3 = 2,10	21°20'23.86"S	51°34'44.23"W	333
P4	Montante a afluente receptor de efluente doméstico (Rural)	P3 a P4 = 4,10	21°18'40.38"S	51°35'8.82"W	307
P5	Montante de lançamento de efluente doméstico (Rural)	P4 a P5 = 1,66	21°17'53.54"S	51°35'16.96"W	302
P6	Jusante de lançamento de efluente doméstico (Rural)	P5 a P6 = 2,56	21°16'46.21"S	51°34'53.57"W	296

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O período de coleta e análise das amostras de água teve duração de um ano, iniciando no mês de dezembro/2021 e finalizando no mês de novembro/2022, resultando em uma coleta mensal, cada, para os seguintes pontos:

- **Ponto 1**

O Ponto 1, localizado em ambiente rural e próximo de pequenas propriedades de cunho agrícola, (Figura 8) foi definido pelo fato de estar a montante do lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista, além de avaliar as condições da nascente do córrego do Galante, a qual encontra-se drenada junta das águas urbanas.

Figura 8 – Montante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista
– SP (P1)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- **Ponto 2**

Está localizado na Rodovia General Euclides de Oliveira Figueiredo. Esse ponto, a jusante dos emissários das ETE's de Tupi Paulista, foi definido com o intuito de avaliar as condições de qualidade da água do córrego após o lançamento do efluente sanitário (Figura 9).

Figura 9 – Jusante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista –
SP (P2)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- **Ponto 3**

Pouco distante do Ponto 2, apresenta um aumento de vazão devido a presença de afloramentos de água, nascentes difusas, e concentração de um afluente. Esse ponto justifica-se pelo motivo de avaliar a qualidade da água após a movimentação e mistura até o local de coleta (Figura 10).

Figura 10 – Ponto com presença de afloramento de água (P3)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- **Ponto 4**

Ponto divisório entre os municípios de Monte Castelo e Nova Guataporanga, encontra-se parcialmente assoreado (Figura 11). Caracteriza-se por estar a montante do desague do afluente que recebe o efluente tratado do município de Nova Guataporanga – SP.

Figura 11 – Montante ao desagüe do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP (P4)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- **Ponto 5**

Também parcialmente assoreado, encontra-se com suas margens desprotegidas e, conseqüentemente, com a mata ciliar degradada (Figura 12). Nesse local, ao longo do período de coletas, foi visto acesso livre de bovinos e equinos, favorecendo o arraste de solo para dentro do córrego. Além disso, representa a jusante do desagüe do afluente que recebe o efluente tratado do município de Nova Guataporanga e a montante do lançamento do efluente tratado da cidade de Monte Castelo.

Figura 12 – Jusante do desagüe do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP (P5)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- **Ponto 6**

Apesar de estar pouco distante do Ponto 5, encontra-se com as matas um pouco mais preservadas e seu leito não assoreado. Esse ponto caracteriza-se por ser a jusante do lançamento do efluente tratado da cidade de Monte Castelo e o mais próximo da foz do córrego do Galante (Figura 13).

Figura 13 – Jusante do lançamento do efluente tratado da cidade de Monte Castelo e ponto mais próximo da foz do córrego do Galante (P6)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Como visto, todos os pontos supracitados possuem algum tipo de interferência de natureza antropogênica, que pode resultar em modificações das condições físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica do córrego do Galante.

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.3.1 Coleta das amostras

Para cada ponto, foi coletado 1L de água superficial, que foram armazenadas em frascos âmbar e transportadas em caixas térmicas com gelo para serem analisadas no Laboratório de Água do Centro Universitário de Adamantina (UniFai). Vale ressaltar que as coletas ocorriam sempre entre os horários das 7h00 e 9h00,

independente do período sazonal, e, após viagem de 1h00, eram preparadas e analisadas no mesmo dia, com o intuito de estabelecer padrão e qualidade dos resultados.

Os parâmetros pH e Temperatura foram medidos in loco com o auxílio de pHmetro de bolso com compensação automática de temperatura da marca Kasvi®, devidamente calibrado com as soluções tampão pH 4,00; 7,00; e 10,00. Para as demais variáveis seguiu-se o procedimento de coleta e preservação de amostra de água fundamentada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011).

4.3.2 Determinação das variáveis do IQA

Objetivando a obtenção dos resultados do IQA da microbacia do córrego do Galante foi necessário a realização da análise de nove variáveis de natureza física, química e biológica, seguindo suas respectivas metodologias.

As variáveis Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT) e Oxigênio Dissolvido (OD) foram determinadas por meio do medidor multiparâmetros da HANNA Instruments (2016). Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial hidrogeniônico (pH), Temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Turbidez e Sólidos Totais (ST) seguiram os métodos descritos no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (ALFHA, 2017).

No Quadro 3 são detalhados os métodos e seus respectivos instrumentos empregados para a determinação do IQA.

Quadro 3 – Métodos e instrumentos empregados para a determinação de IQA

Parâmetro	Método	Faixa de detecção	Equipamentos e materiais
CT (NMP/100 mg.L ⁻¹)	Placa para Contagem de E. Coli 3M Petrifilm	-	Estufa de Cultura Microbiológica
pH	Eletrométrico	0,00 a 14,0	Phmetro de Bolso com Compensação Automática de Temperatura.
Temperatura (°C)	Eletrométrico	0 a 50 (°C)	pHmetro de Bolso com Compensação Automática de Temperatura.

OD (mg.L ⁻¹)		Adaptação do método de Winkler	0,00 a 10,0 (mg.L ⁻¹)	HI 83206 Environmental Testing Photometer
DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)		Respirométrico/ Manométrico – OXITOP – Incubado	0,00 a 200 (mg.L ⁻¹)	Sensores/ Garrafas/ Incubadora de DBO
NT (mg.L ⁻¹)	Nitrito (mg.L ⁻¹)	Adaptação do método do Sulfato Ferroso	0,00 a 150,00 (mg.L ⁻¹)	HI 83206 Environmental Testing Photometer
	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Adaptação do método da redução de cádmio	0,00 a 30,00 (mg.L ⁻¹)	HI 83206 Environmental Testing Photometer
	Amônia (mg.L ⁻¹)	Adaptação do método de Nessler	0,00 a 10,00 (mg.L ⁻¹)	HI 83206 Environmental Testing Photometer
PT (mg.L ⁻¹)		Adaptação do método dos Aminoácidos	0,00 a 15,00 (mg.L ⁻¹)	HI 83206 Environmental Testing Photometer
Turbidez (NTU)		Nefelométrico	0,00 a 1000 (NTU)	Turbidímetro HANNA
ST (mg.L ⁻¹)		Gravimétrico	-	Mufra/ Estufa de secagem/ Dessecador/ Balança Analítica

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com base nisso, a análise dos resultados da qualidade da água dos pontos de coleta e amostragem foi efetuada por meio do IQA_{CETESB}, o qual é amplamente utilizado no estado de São Paulo e tido como referência para outros estados brasileiros, pois estabelece indicativo de poluição por meio de lançamento de efluente sanitário (CETESB, 2020).

4.3.3 Cálculo do IQA_{CETESB}

Para cada variável foi atribuído um peso (*w*) (Quadro 5), o qual é fixado mediante sua influência na qualidade da água, ou seja, quanto maior o *w* maior sua importância para a análise do estudo (Ribeiro, 2020).

Quadro 4 – Variáveis e pesos relativos do IQA.

Variáveis de IQA	Pesos (w)
OD (mg.L ⁻¹)	0,17
CT (NMP/100 mg.L ⁻¹)	0,15
pH	0,12
DBO (mg.L ⁻¹)	0,10
PT (mg.L ⁻¹)	0,10
NT (mg.L ⁻¹)	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
ST (mg.L ⁻¹)	0,08

Fonte: Adaptado de CETESB (2020)

Além dos pesos (w), é atribuído um valor de qualidade (q), obtido das curvas de variação de qualidade, para cada variável.

De posse desses valores é possível calcular o IQA fazendo uso do produtório apresentado pela Equação 1.

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

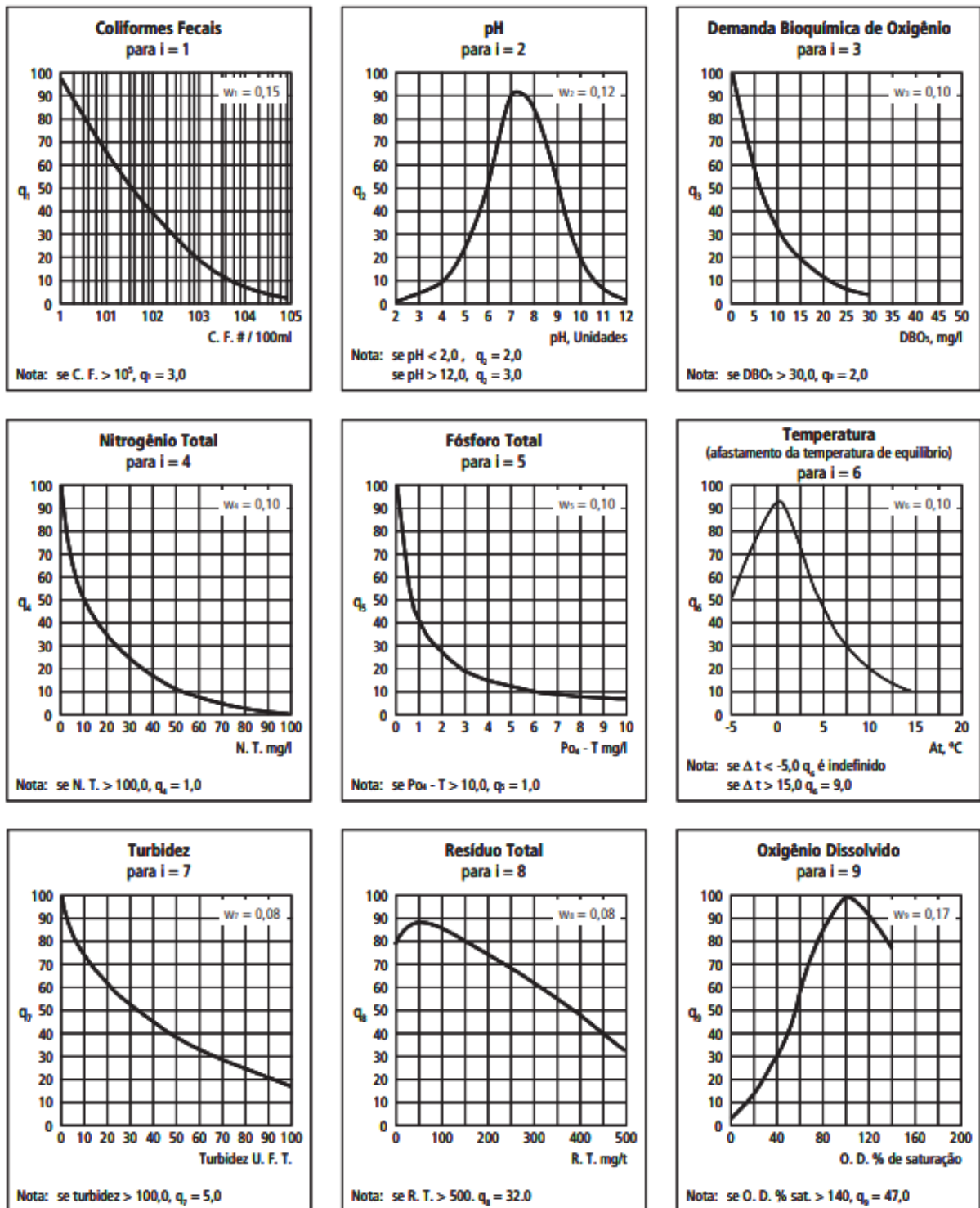
Onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, que varia de 0 a 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", Figura 14, em função de sua concentração ou medida;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, entre 0 e 1, de tal forma que a somatória dos pesos seja 1, conforme CETESB (2020).

Figura 14 – Curvas médias de variação de qualidade de água.



Fonte: CETESB (2020).

Por fim, foi possível verificar a qualidade da água de cada ponto amostrado, por meio de um intervalo estabelecido pela CETESB (2020), Quadro 6.

Quadro 5 – Faixa e classificação do IQA.

Faixa IQA		Cor	Classificação
80	100	AZUL	Ótima
52	79	VERDE	Boa
37	51	AMARELO	Aceitável
20	36	VERMELHA	Ruim
0	19	ROXA	Péssima

Fonte: Adaptado de CETESB (2020).

4.3.3.1 Análise dos resultados

A partir dos resultados obtidos das análises físicas, químicas e biológicas foi aplicado estatística descritiva para análise comparativa dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 para águas doces classe 2.

Foram plotados gráficos em barras correlacionados com gráficos em linhas para a comparação dos resultados das variáveis com dados mensais de precipitação pluviométrica, que foram coletados junto a Estação de Meteorológica da Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Câmpus de Dracena – SP.

Foram elaborados gráficos do tipo *boxplot* para representar a distribuição de cada variável, podendo, com isso, ter uma visualização prática dos valores das medianas e dos máximos e mínimos.

Por fim, o cálculo do IQA foi feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio, sólidos totais, coliformes termotolerantes e demanda bioquímica de oxigênio), com a utilização da Planilha Eletrônica Excel disponibilizada por Von Sperling (2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo será apresentado e discutido os valores obtidos durante a execução do presente trabalho, a fim de expressar o diagnóstico da qualidade da água da microbacia hidrográfica do córrego do Galante, localizado no Oeste Paulista.

Para tanto, foi usado a estatística descritiva (Tabelas 3 e 4), objetivando a visualização das oscilações de cada variável, e, com isso, correlacionar os valores limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para um córrego de água doce classe 2 em períodos sazonais – seco e chuvoso.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água do córrego do Galante no período seco.

PERÍODO SECO (ABRIL A SETEMBRO)					
Variáveis	Ponto	Valor mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
CT (NMP/100 mg.L ⁻¹)	P1	3,50E+04	2,64E+06	5,96E+05	9,44E+05
	P2	1,22E+05	9,40E+05	6,02E+05	2,83E+05
	P3	8,30E+04	3,80E+05	1,87E+05	9,82E+04
	P4	5,70E+04	1,17E+05	9,32E+04	2,00E+04
	P5	5,20E+04	2,12E+05	1,08E+05	5,35E+04
	P6	3,80E+04	1,47E+05	8,53E+04	3,39E+04
pH	P1	7,2	7,7	7,6	0,2
	P2	7,4	7,7	7,6	0,1
	P3	7,3	7,8	7,6	0,2
	P4	7,3	8	7,7	0,2
	P5	7,1	7,9	7,5	0,3
	P6	7,2	7,8	7,5	0,2
OD (mg.L ⁻¹)	P1	7,1	8	7,5	0,3
	P2	2,2	3,8	3,1	0,5
	P3	3,1	7,1	5,6	1,3
	P4	6,3	8,2	7,4	0,6
	P5	6,5	7,2	6,9	0,2
	P6	5,4	7,4	6,3	0,7

DBO_{5,20} (mg.L⁻¹)	P1	2	26	10,2	9,0
	P2	22	106	53	28,5
	P3	12	22	16,3	3,9
	P4	3	7,5	5,3	1,5
	P5	5	7,5	5,8	0,9
	P6	6,5	12	9,8	2,3
NT (mg.L⁻¹)	P1	7,4	17,1	12,7	3,3
	P2	17,3	43,4	27,2	8,0
	P3	17,2	36,3	23,8	6,3
	P4	7,5	20,4	11,8	4,1
	P5	3,3	12,2	7,2	3,1
	P6	3,5	5	4,4	0,5
PT (mg.L⁻¹)	P1	0,2	0,6	0,4	0,1
	P2	0,5	2	1,5	0,6
	P3	0,3	1,8	1,2	0,5
	P4	0,4	1	0,7	0,2
	P5	0,2	0,5	0,4	0,1
	P6	0,1	0,5	0,3	0,2
T (°C)	P1	18,2	24,7	21,0	2,3
	P2	19,8	25,2	22,2	1,9
	P3	19,2	23,9	21,3	1,8
	P4	18,8	23	20,9	1,6
	P5	18,4	23,4	20,8	1,9
	P6	18,2	23,5	20,9	1,9
Turbidez (NTU)	P1	6,3	14,3	12,2	2,8
	P2	9,6	30,7	22,1	7,1
	P3	16,2	30,5	24,1	4,5
	P4	14,0	26,2	19,9	4,6
	P5	12,5	20,5	17,5	3,0
	P6	23,0	27,3	25,4	1,4
ST (mg.L⁻¹)	P1	150	400	256,7	78,9
	P2	240	900	390	230,9
	P3	150	650	298,3	163,9
	P4	250	550	328,3	102,5
	P5	100	600	260	161,8
	P6	150	650	298,3	163,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tabela 4 – Estatística descritiva dos resultados das análises de qualidade da água do córrego do Galante no período chuvoso.

PERÍODO CHUVOSO (OUTUBRO A MARÇO)					
Variáveis	Ponto	Valor mínimo	Valor Máximo	Média	Desvio Padrão
CT (NMP/100 mg.L ⁻¹)	P1	3,90E+04	5,10E+06	1,68E+06	2,24E+06
	P2	1,30E+05	2,33E+06	8,53E+05	7,55E+05
	P3	1,28E+05	1,89E+05	1,56E+05	2,57E+04
	P4	9,50E+04	1,87E+05	1,21E+05	3,35E+04
	P5	1,08E+05	1,91E+05	1,50E+05	2,81E+04
	P6	7,40E+04	1,93E+05	1,16E+05	4,27E+04
pH	P1	7,2	7,5	7,3	0,1
	P2	7,4	7,8	7,53	0,1
	P3	6,6	7,7	7,4	0,4
	P4	6,5	7,7	7,3	0,4
	P5	6,2	7,5	7,1	0,5
	P6	6,1	7,5	7,0	0,4
OD (mg.L ⁻¹)	P1	0	8,5	3,1	3,2
	P2	0	6,1	3,3	1,9
	P3	0,8	5,4	3,1	1,6
	P4	2,2	6,5	5,1	1,7
	P5	0,3	6,5	4,4	2,3
	P6	0,8	7,9	4,3	2,5
DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)	P1	5	181	63,1	66,2
	P2	16	99,5	44,7	27,9
	P3	10	46	23,5	11,1
	P4	2	17	10,9	5,1
	P5	4	20	11,3	5,6
	P6	9	19	13,8	3,9
NT (mg.L ⁻¹)	P1	11,2	95,2	32,4	28,9
	P2	5,9	42,3	25,6	10,9
	P3	8,4	27,2	21,6	6,3
	P4	4,4	6	10,8	3,3
	P5	1,2	19,2	8,3	5,7
	P6	2,3	13	5,7	3,7
PT (mg.L ⁻¹)	P1	0,1	4,3	1,3	1,5
	P2	0,3	8,7	3	2,8
	P3	0,1	7,5	2,3	2,4
	P4	0,2	1,2	0,7	0,3

	P5	0,3	1	0,52	0,2
	P6	0,1	0,6	0,3	0,2
T (°C)	P1	23,2	27,6	25,5	1,6
	P2	23,4	27,0	25,0	1,4
	P3	23	26,3	24,4	1,1
	P4	23,1	27,3	24,4	1,4
	P5	23,4	26,7	24,4	1,1
	P6	23,2	26,4	24,3	1,0
Turbidez (NTU)	P1	7,9	19,3	13,4	3,6
	P2	4,6	35,4	18,8	9,8
	P3	9,2	35,3	18,2	9,4
	P4	7,0	30,2	14,2	7,7
	P5	11,4	21,7	17,0	3,3
	P6	13,5	34,1	22,1	7,2
ST (mg.L⁻¹)	P1	145	1000	421,7	275,3
	P2	300	650	413,7	118,5
	P3	220	600	380,2	119,3
	P4	180	800	374,3	204,5
	P5	150	480	292,3	117,6
	P6	150	500	284,8	135,6

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Associados aos resultados supracitados, são apresentados na tabela 5 os valores de precipitação mensal em milímetro para os períodos seco e chuvoso e, junto a essas informações, suas médias anuais e o valor total resultante para os doze meses analisados.

Tabela 5 – Valores de precipitação registrado entre os meses de dezembro/ 2021 a novembro/ 2022 na microbacia hidrográfica do córrego do Galante - SP.

PERÍODO	MESES	PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (mm)	MEDIA DO PERÍODO (mm)
SECO	Abril /2022	30,2	57,63
	Maio /2022	26,8	
	Junho /2022	39,8	
	Julho /2022	1,8	

	Agosto /2022	104,8	
	Setembro /2022	142,4	
CHUVOSO	Dezembro/ 2021	146,2	
	Janeiro /2022	230,2	
	Fevereiro /2022	130,2	139,03
	Março/2022	106,8	
	Outubro /2022	180,6	
	Novembro /2022	40,2	
TOTAL (mm)	-	1180	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A precipitação média ao longo do período seco, abril/ 2022 a setembro/ 2022, resultou em 57,63 mm, sendo que foi registrado valor máximo de 142,4 mm para o mês de setembro e mínimo de 1,8 para o mês de julho. No entanto, entre os meses de dezembro/ 2021 a outubro/ 2022, período chuvoso, a média obtida foi de 139,03 mm, indicando valor máximo de chuva para o mês de Janeiro, 230,2 mm, e mínimo para o mês de novembro, 40,2 mm.

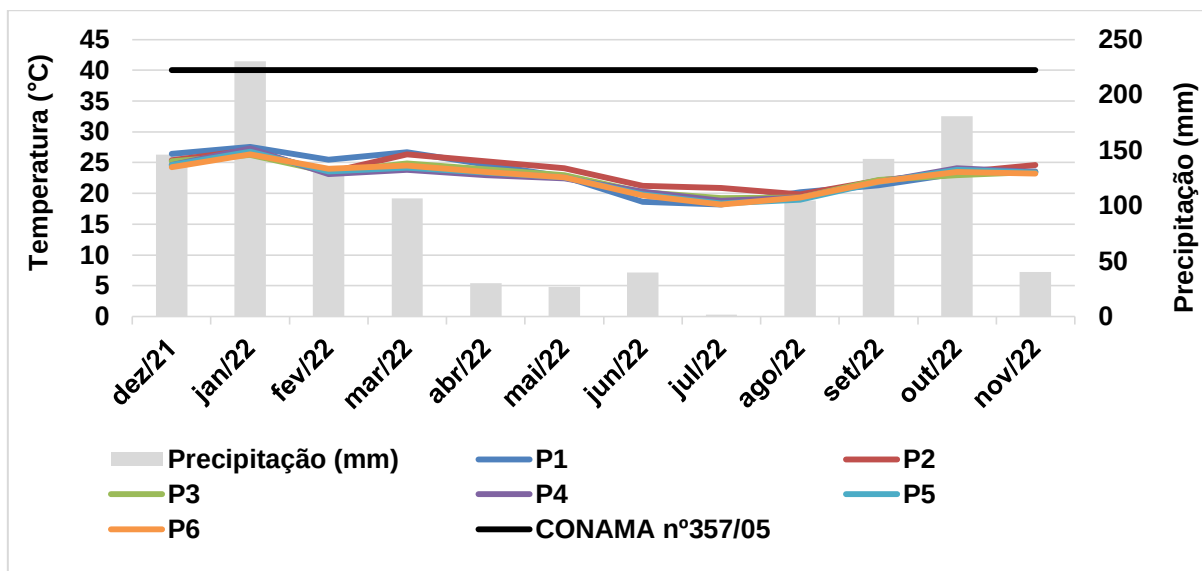
5.1 DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DO GALANTE

5.1.1 Diagnóstico das variáveis físicas

5.1.1.1 Temperatura (°C)

A temperatura, no córrego do Galante, resultou em valores que oscilaram entre 18,2°C (P1 e P6); 25,2°C (P2), no período seco, e 23,0 °C (P3); 27,6°C (P1), no período chuvoso (Figuras 14 e 15).

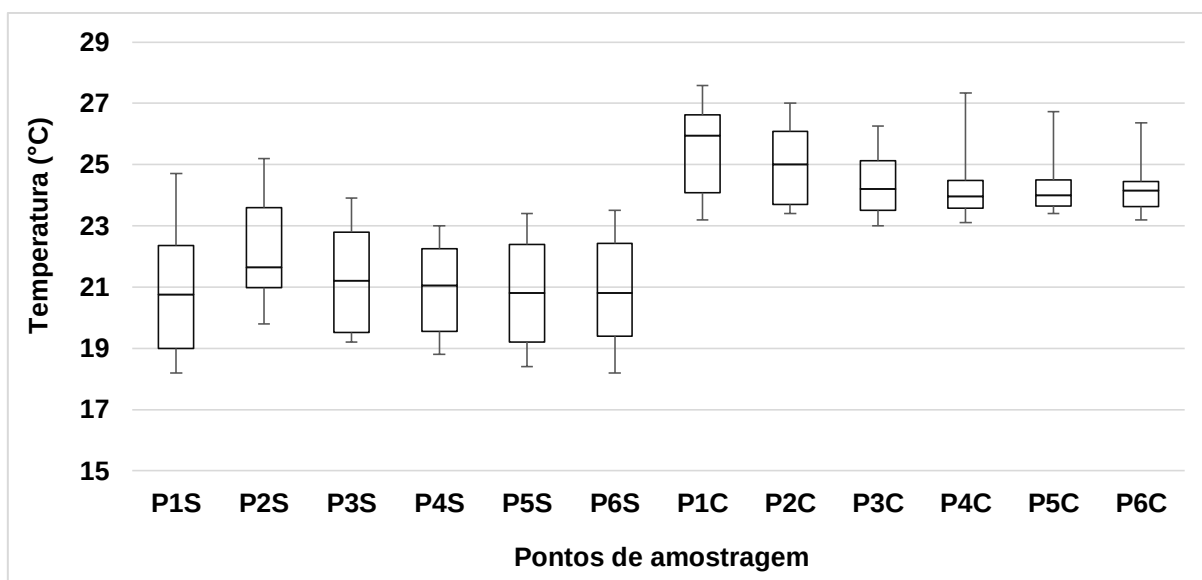
Figura 14 – Variação de temperatura na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



T: Temperatura; P: Ponto de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 15 – *Boxplots* de temperatura na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



S: Período seco; C: Período chuvoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os maiores valores de temperatura ocorreram no período de chuva, entre os meses de dezembro/2021 a março/2022 e outubro/2022 a novembro/2022, caracterizando as condições das estações primavera e verão (Lima, 2021). Dentre

os períodos analisados, destaca-se o mês de janeiro/2022, onde houve um considerável valor de precipitação, alcançando 230,2 mm de chuva, com temperaturas de 27,6; 27,0 e 27,3°C, para os pontos P1, P2 e P4, respectivamente.

Os valores de P1 e P2 podem estar associados as questões de ineficiência de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) do município de Tupi Paulista e, além disso, a eventuais rompimentos de tubulações da rede pública de esgoto sanitário da mesma cidade. Tendo em vista a ineficiência das ETE's, Lima (2021), apontou em seu estudo no ribeirão dos Ranchos e no córrego Gramado, localizados entre os municípios de Adamantina (SP) e Presidente Prudente (SP), que as elevações nos valores de temperatura ocorreram após o lançamento de efluente de ETE's, o que levou a ter a mesma comparação apontada no presente estudo.

Com relação ao valor de P4 é provável que a incidência solar seja uma condicionante, uma vez que esse ponto está localizado em um ambiente onde há degradação da mata ciliar – situação resultante da intensificação agropecuária. O mesmo pode ser observado no estudo de Silva Junior (2018) e de Bega (2020), onde relataram a possibilidade das alterações das temperaturas em seus recursos hídricos, córrego das Marrecas em Dracena (SP) e córrego Sem Nome em Ilha Solteira (SP), ser resultado da falta de sombreamento das matas ciliares que se encontram degradadas.

Os menores valores da variável temperatura ocorreram entre os meses de junho/2022 a agosto/2022, meados do período de estiagem, resultando em mínima de 18,2°C para os pontos P1 e P6 e máxima de 20,2°C para o ponto P2.

No que tange a precipitação, o mês de julho/2022 contabilizou um total de 1,8 mm de chuva, estabelecendo um período de seca intensa.

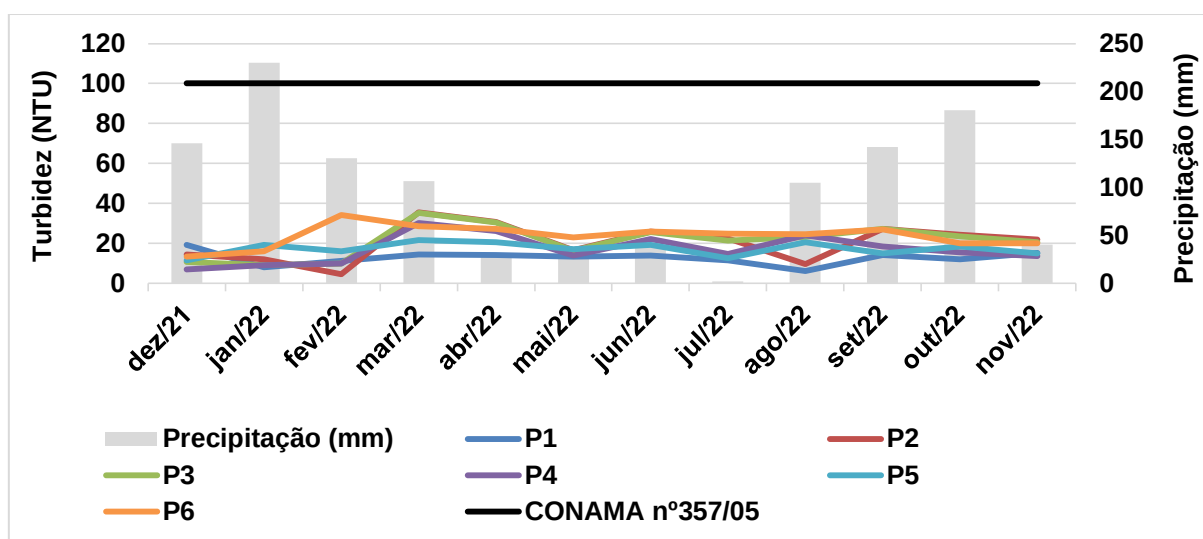
No que se refere as informações de estiagem, números semelhantes foram apresentados por Silva Junior (2018), o qual registrou mínima de 20,89°C, máxima de 25,45°C e precipitação de 0,0 mm para o mês de julho/2017. Lima (2021) em uma análise da média obteve um valor de 22,47° no período de seca e 4,8 mm para o mesmo mês apresentado pelo autor anterior.

Os valores de temperatura obtidos no presente estudo, portanto, não ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, 40°C.

5.1.1.2 Turbidez

Os valores de turbidez são obtidos a partir da detecção do grau de interferência na passagem da luz no líquido amostrado (Brasil, 2014; Lima, 2021). Essa variável no córrego do Galante não ultrapassou, em nenhum dos pontos de amostragem, o valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – 100 NTU (BRASIL, 2005) (Figura 16). No entanto, houve variação entre os valores obtidos, resultando em 6,3 NTU (P1); 30,7 NTU (P2) para o período seco e 4,6 NTU (P2); 35,4 NTU (P2) para o chuvoso (Figura 17).

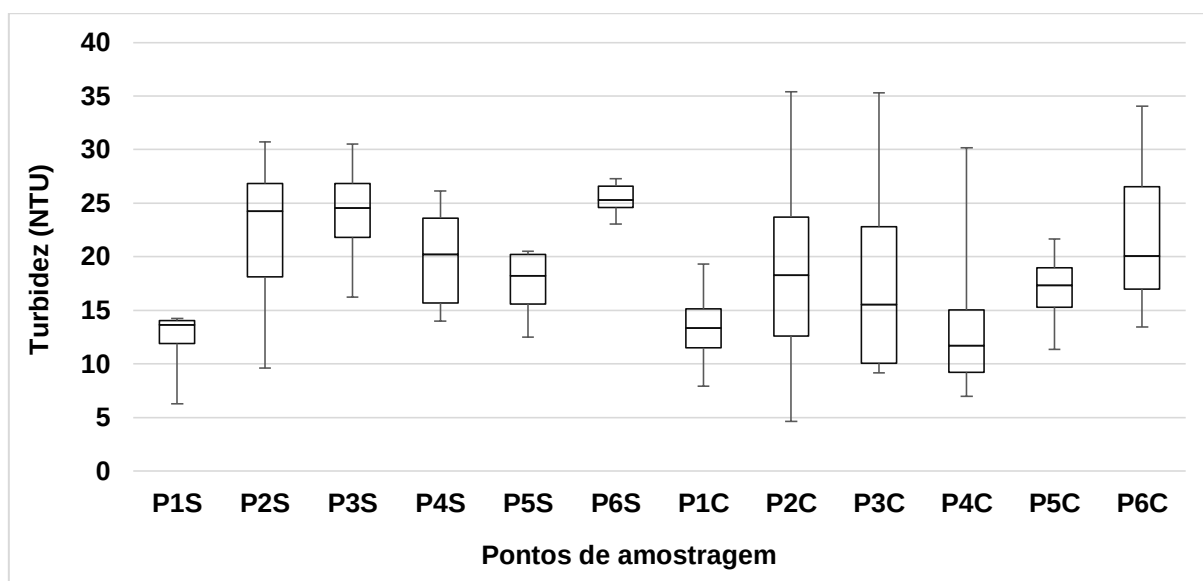
Figura 16 – Variação de turbidez na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



P: Ponto de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 17 – Boxplots de turbidez na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



S: Período seco; C: Período chuvoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os volumes pluviométricos pouco influenciaram nos resultados da variável turbidez. Ainda assim, é possível observar que os postos P2, P3 e P6, tanto para o período seco quanto para o chuvoso, apresentaram os valores máximos no presente estudo, podendo, mediante informação, apontar, a interferência das ETE's municipais, visto que, os pontos supracitados encontram-se a jusante das respectivas estações.

Lima (2021), relatou em seu estudo, realizado no ribeirão dos Ranchos e no córrego Gramado, que os maiores valores registrados foram em um ponto localizado a jusante de uma determinada ETE – média de 41,80 NTU. Silva Junior (2018), no córrego das marrecas, também apresentou situação parecida, onde, em no ponto a jusante do lançamento de uma ETE, resultou em uma valor máximo de 123 NTU. A partir disso, ambos relacionaram, a alteração das amostras de água, ao lançamento das ETE's.

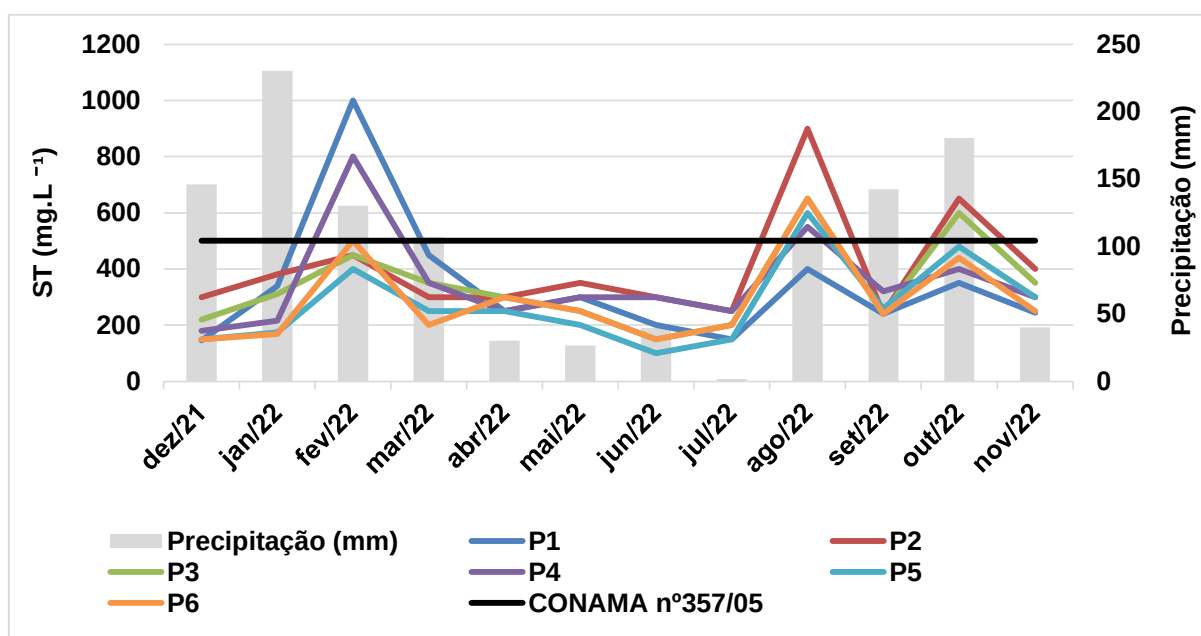
5.1.1.3 Sólidos Totais (ST)

A variável ST influencia significativamente na qualidade da água de uma bacia hidrográfica (Souza; Gastaldini, 2014;). A alteração dessa variável pode estar

associada a índices pluviométricos, drenagem urbana, lançamento de efluente, degradação de matas ciliares, uso indiscriminado do solo na agropecuária, entre outros fatores determinantes (Manoel; Carvalho, 2013; Mello *et al.*, 2018; Simionatto; Carvalho, 2022; Santos *et al.*, 2023).

O parâmetro ST no córrego do Galante apresentou, para a maioria dos pontos, variação nos valores, os quais ultrapassaram o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – 500 mg.L⁻¹ (Brasil, 2005) (Figura 18). Dentre as variações, destaca-se os pontos P2, P3, P4, P5 e P6 (900-650-550-600-650 mg.L⁻¹, respectivamente), para o período seco e P1, P2, P3 e P4 (1000-650-600-800 mg.L⁻¹, respectivamente), para o período chuvoso (Figura 19).

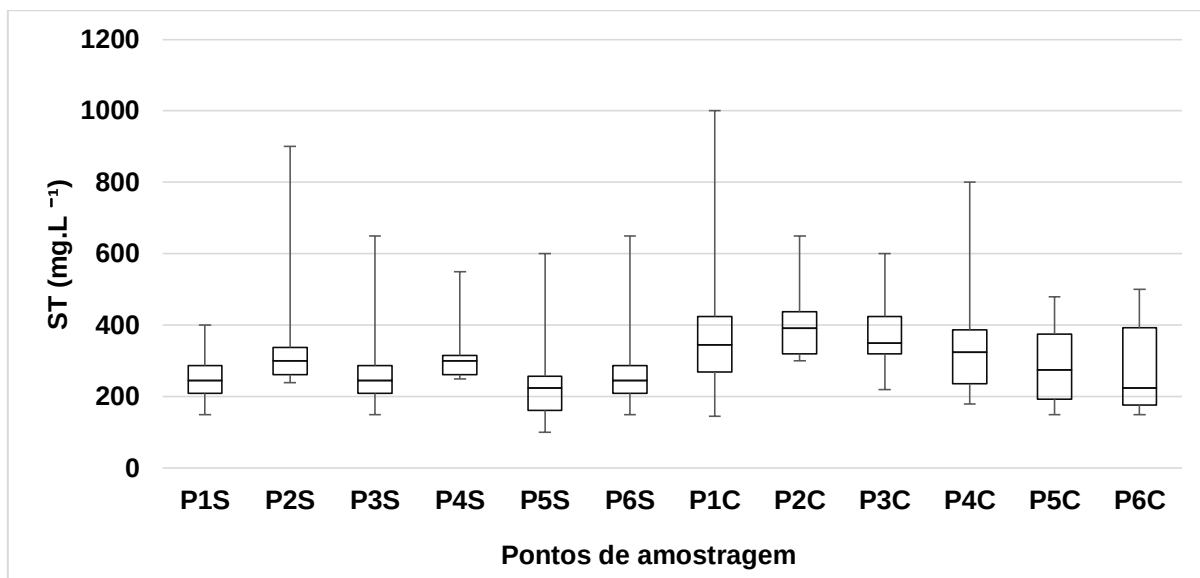
Figura 18 – Variação de ST na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



ST: Sólidos Totais; P: Pontos amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 19 – Boxplots de ST na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



Sólidos Totais; S: Período seco; C: Período chuvoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Considerando os meses avaliados, as concentrações médias de ST na massa líquida nos pontos estudados variaram entre 256,7 mg.L⁻¹ (P1); 390,0 mg.L⁻¹ (P2) no período seco, e 284,8 mg.L⁻¹ (P6); 421,7 mg.L⁻¹ (P1), no período chuvoso.

Destacando os pontos, P2 (900 mg.L⁻¹), para o período seco, e P1 (1000 mg.L⁻¹) e P4 (800 mg.L⁻¹), para o período chuvoso, é válido destacar que os fatores impactantes são, possivelmente, lançamento de efluente tratado, por estar a jusante do lançamento, drenagem urbana associada a possível rompimento de tubulação de rede pública de esgoto, e, por fim, degradação de matas ciliares associado ao uso da agropecuária local, resultando na erosão e posterior assoreamento do córrego.

Segundo Souza e Gastaldini (2014), as áreas com maior percentual de agricultura, com uso indiscriminado do solo, proporcionam processos erosivos, fazendo com que haja carregamento de partículas indesejadas para dentro do corpo hídrico. Manoel e Carvalho (2013) apontaram em seu estudo que a maior concentração, de ST presentes nas amostras de água, estava relacionado a suscetibilidade do carregamento de solo devido à falta de mata ciliar ao longo do córrego analisado.

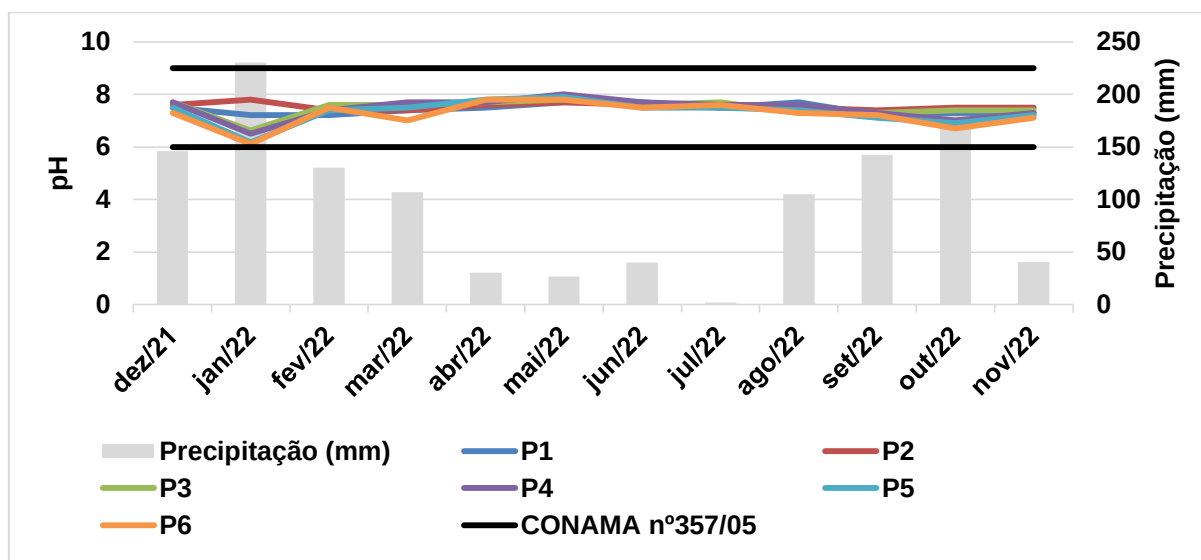
Silva Junior (2018), no córrego das Marrecas, em um ponto a jusante do lançamento de efluente tratado, relatou que 50% das amostras, no período de doze meses, resultou em valores acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005.

5.1.2 Diagnóstico das variáveis químicas

5.1.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Considerada entre as variáveis ambientais mais importantes e também a mais complexa em termos de interpretação, devido aos incontáveis fatores que podem influenciar em seu valor (Esteves, 1998; Bega, 2020), o pH, no córrego do Galante, oscilou em um intervalo aceitável para a manutenção da vida aquática em águas naturais superficiais o qual é de 6,0 a 8,5 para Libânio (2016) e de 6,0 a 9,0 para a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005) (Figuras 20 e 21).

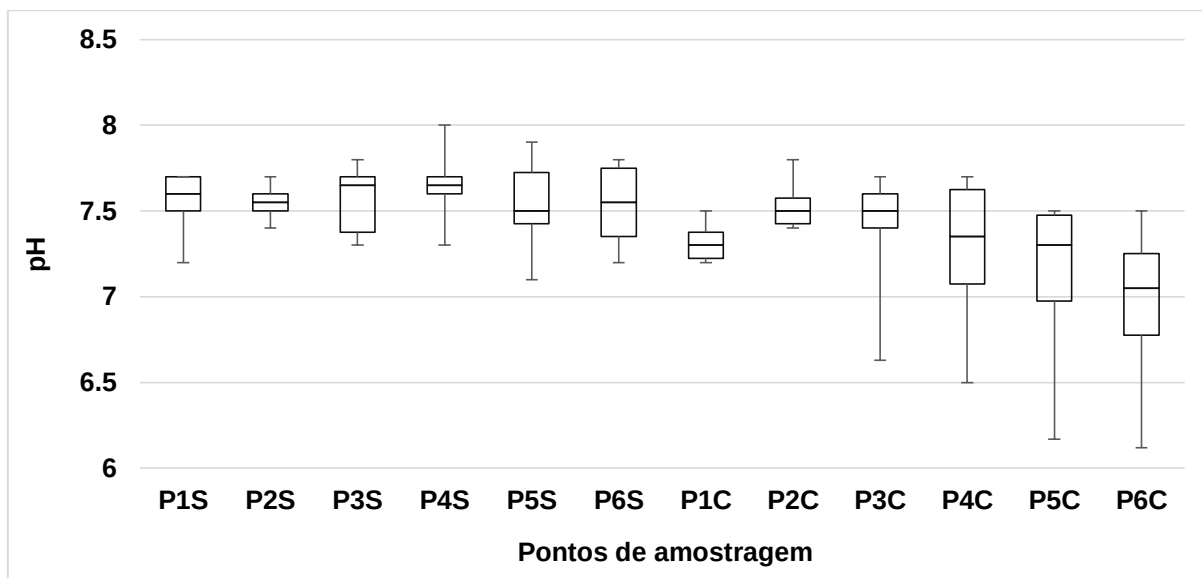
Figura 20 – Variação de pH na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



P: Ponto de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 21 – *Boxplots* de ST na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



S: Período seco; C: Período chuvoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

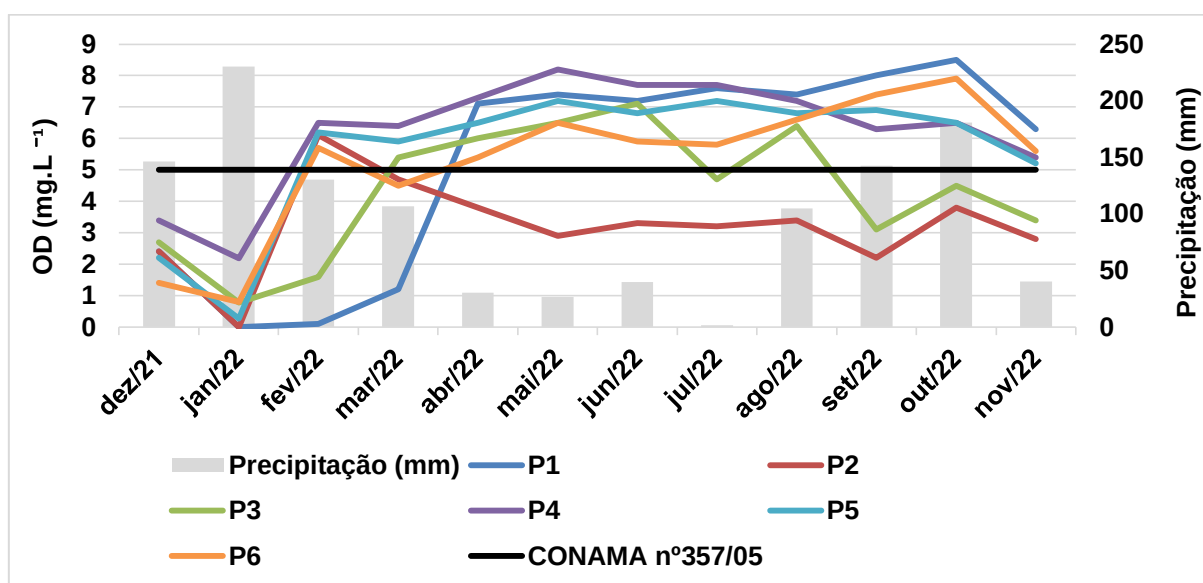
Em comparação aos valores mínimos e máximos do pH, no período seco, foi registrado no ponto P5 (jusante ao desague do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP) o valor mínimo de 7,1 em setembro/2022 e no ponto P4 (montante ao desague do afluente com esgoto tratado de Nova Guataporanga – SP) o máximo de 8,0 em maio/2022. O período chuvoso resultou em valor mínimo de 6,1 no ponto P6 (Jusante do lançamento do efluente tratado da cidade de Monte Castelo e ponto mais próximo da foz do córrego do Galante) em janeiro/2022, e máximo de 7,8 no ponto P2 (Jusante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista – SP) em janeiro/2022.

Foi possível verificar ainda, que os valores de precipitação influenciaram na queda da variável para a maioria dos pontos analisados, podendo, com isso, associar a influência do pH da chuva que varia em torno de 5,5 (RIBEIRO, 2021; DAMACENO *et al.*, 2015; FIA *et al.*, 2015). O mesmo ocorreu no estudo de Ribeiro (2021), a qual diagnosticou a qualidade da água num período de doze meses no rio Paraná, no município de Aparecida do Tabuado (MS). Ainda sobre a interferência da precipitação, situação semelhante ocorreu nos estudo de Damasceno *et al.* (2015), no rio Amazonas, e de Fia *et al.* (2015) em diferentes recursos hídricos superficiais no município de Lavras (MG).

5.1.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

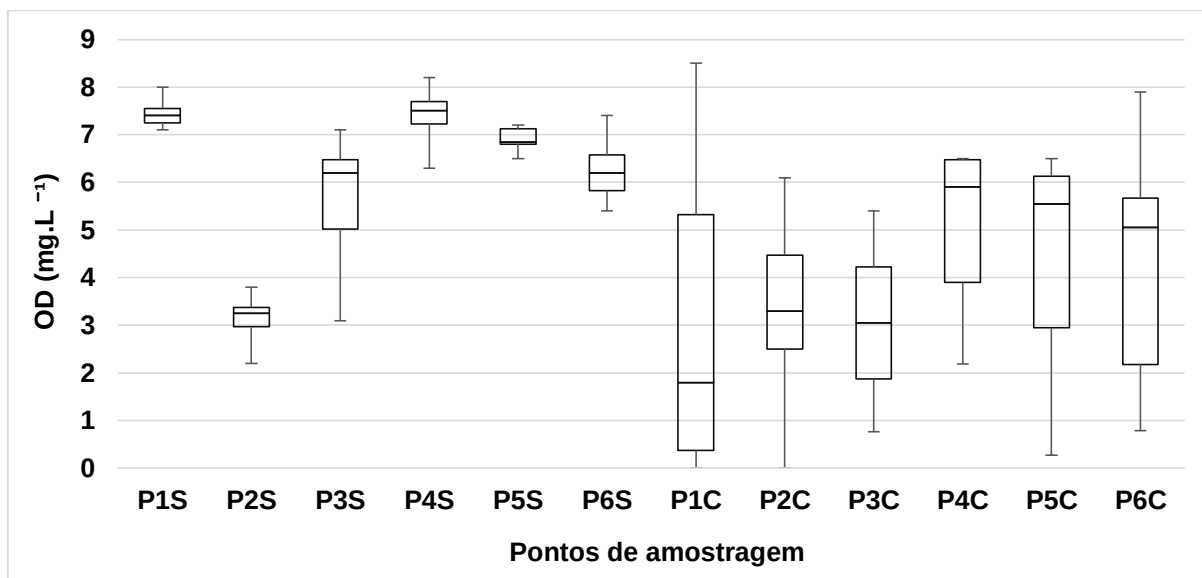
A baixa concentração de OD é capaz de indicar a contaminação de águas superficiais por resíduos orgânicos, como, por exemplo, os efluentes sanitários (RAGASSI *et al.*, 2017). No córrego do Galante os valores de OD oscilaram entre 2,2 mg.L⁻¹ (P2); 8,2 mg.L⁻¹ (P4), para o período seco, e 0,0 mg.L⁻¹ (P1 e P2); 8,5 (P1) mg.L⁻¹, no período chuvoso, resultando em condições que fogem do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – não inferior a 5,0 mg.L⁻¹ O₂ (BRASIL, 2005) (Figuras 22 e 23).

Figura 22 – Variação de OD na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



OD: Oxigênio Dissolvido; P: Ponto de amostragem.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 23 – *Boxplots* de OD na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



OD: Oxigênio Dissolvido; S: Período seco; C: Período chuvoso.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As menores concentrações de OD obtidas por meio das análises de água do Córrego do Galante foram registradas nos períodos de dezembro/2021 e janeiro/2022. Esses valores podem estar associados a alguns fatores como, vazamento de efluente doméstico, lançamento de esgoto clandestino, drenagem urbana, entre outras causas que propiciam o aumento de matéria orgânica, desencadeando a produção de microrganismos aeróbios que, consequentemente, por meio da respiração que demandam, resulta na diminuição de OD existente na água (Medeiros et al., 2014; Ragassi et al., 2017; Ribeiro et al., 2022).

Com relação ao melhoramento das concentrações de OD, isso pode ser observado no início do período seco o qual segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) classifica como período seco, aquele que varia entre os meses de abril a setembro (INMET, 2023). Ainda levando em conta as condições climáticas, no período chuvoso – dezembro a março – resultou em 70,83% das amostras abaixo do valor estabelecido por lei, restando apenas 29,17% adequadas ao estipulado. Contudo, analisando o período de seca – abril a setembro – em sua grande maioria, 79,17% das amostras, registraram valores que estão de acordo com o determinado pela Resolução. Mesmo que houvesse um

aumento da precipitação nessa bacia, a mesma não teria sido suficiente para melhorar as condições de OD no córrego analisado nesse período.

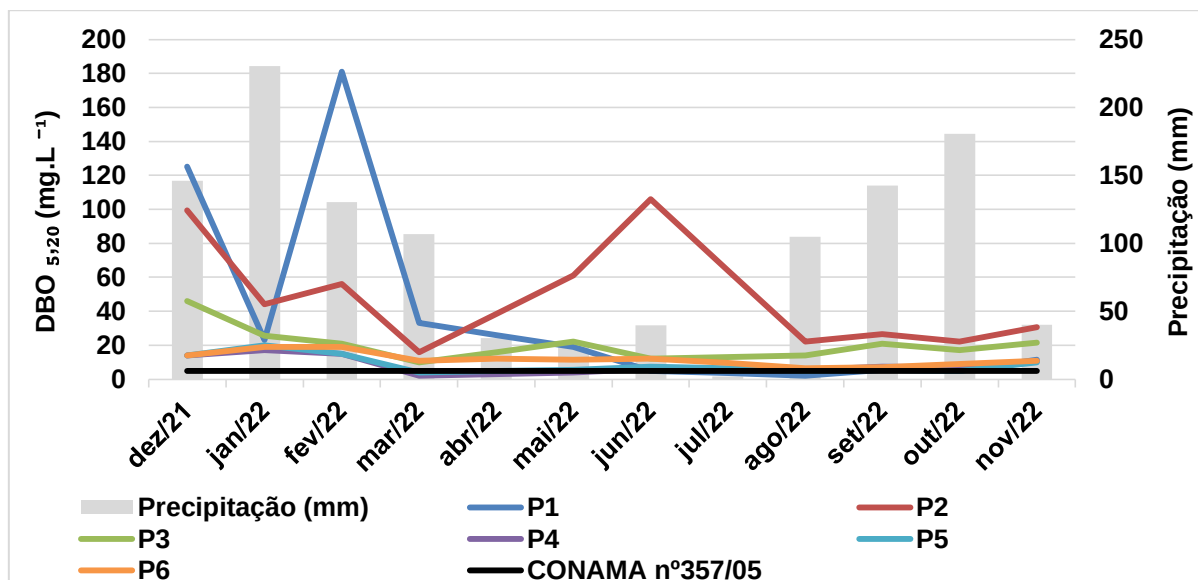
É evidente a melhora nas concentrações de OD a partir dos pontos 4, 5 e 6, isso ocorre em razão do aumento da vazão e surgimento de afluentes que alimentam o córrego analisado. O aumento de OD na água está associado a corredeiras e quedas d'água que intensificam a turbulência, ocasionando a reaeração ou introdução do oxigênio atmosférico no recurso hídrico (Nozaki *et al.* 2014; Ragassi *et al.*, 2017).

Situação similar ocorreu nos estudos de Fonseca e Salvador (2005), no rio Bonito em Descalvado (SP), e Ribeiro (2021), no rio Paraná em Aparecida do Tabuado (MS), onde registraram valores, abaixo do estabelecido por lei, de OD no período de chuva, relatando que seus resultados podem estar associados ao carregamento de matéria orgânica, presentes na superfície do solo, pelas águas pluviais. Além disso, Ribeiro (2021), em análise no córrego Rondinha (MS), obteve valores entre 0,0 mg.L⁻¹ e 1,88 mg.L⁻¹, e a autora associa essas condições a baixa vazão do córrego e também ao lançamento de efluente tratado nesse curso hídrico.

5.1.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

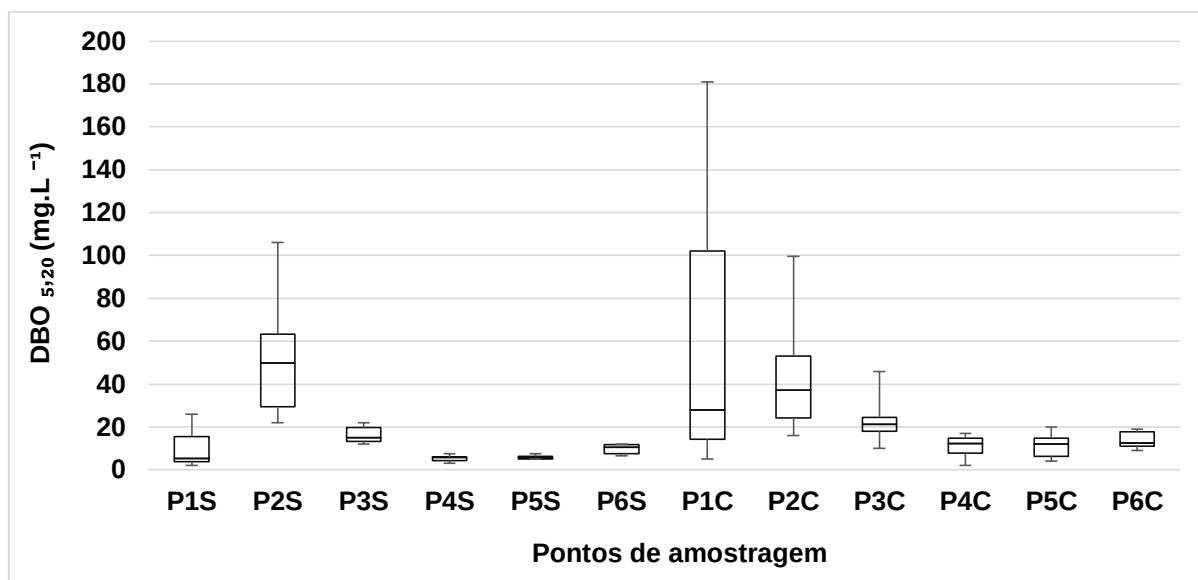
A DBO é um indicador que representa o potencial de OD que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, sendo então indispensável para trabalhos envolvendo o fenômeno de autodepuração (CETESB, 2008; Manoel *et al.*, 2019). No córrego do Galante, essa variável oscilou entre 2,0 mg.L⁻¹ (P1); 106,0 mg.L⁻¹ (P2), período seco, e 2,0 mg.L⁻¹ (P4); 181,0 mg.L⁻¹ (P1), para o chuvoso, apresentando, para a maioria dos pontos estudados, valores acima do máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – até 5,0 mg.L⁻¹ O₂ (Brasil, 2005) Figuras 24 e 25).

Figura 24 – Variação de DBO na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; P: Pontos de amostragem.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 25 – Boxplots de DBO na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; S: Período seco; C: Período chuvoso.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

De maneira geral, ao longo do período estudado, a DBO resultou, em sua maioria, valores fora do limite estabelecido pela legislação. Assim como foi apresentado para OD, os períodos que mais extrapolaram, em termos de déficit de concentração, foram dezembro/2021 e janeiro/2022. Isso explica o

distúrbio entre as variáveis, evidenciando que menores concentrações de OD, correspondem, em sua maioria, aos de maiores teores de DBO, demonstrando que o aumento de matéria orgânica biodegradável implica a diminuição do OD na água (Ribeiro *et al.*, 2022).

O período fevereiro/2022 para o ponto 1 resultou em uma concentração de 181 mg.L^{-1} de DBO. Esse valor pode estar associado ao lançamento ou até mesmo a um vazamento de efluente sanitário ocorrido por motivos de danificação da tubulação de esgoto do município de Tupi Paulista, devido às chuvas intensas na bacia.

Lima (2021), no ribeirão dos Ranchos em Adamantina (SP), associou o aumento da DBO ao lançamento de ETE. O mesmo ocorreu no estudo de Silva Junior (2018), no córrego das Marrecas em Dracena. Os autores ainda pontuam outros fatores que, possivelmente, influenciaram nos resultados obtidos, tais como, drenagem urbana, lançamento clandestino e vazamento nas tubulações de efluentes doméstico.

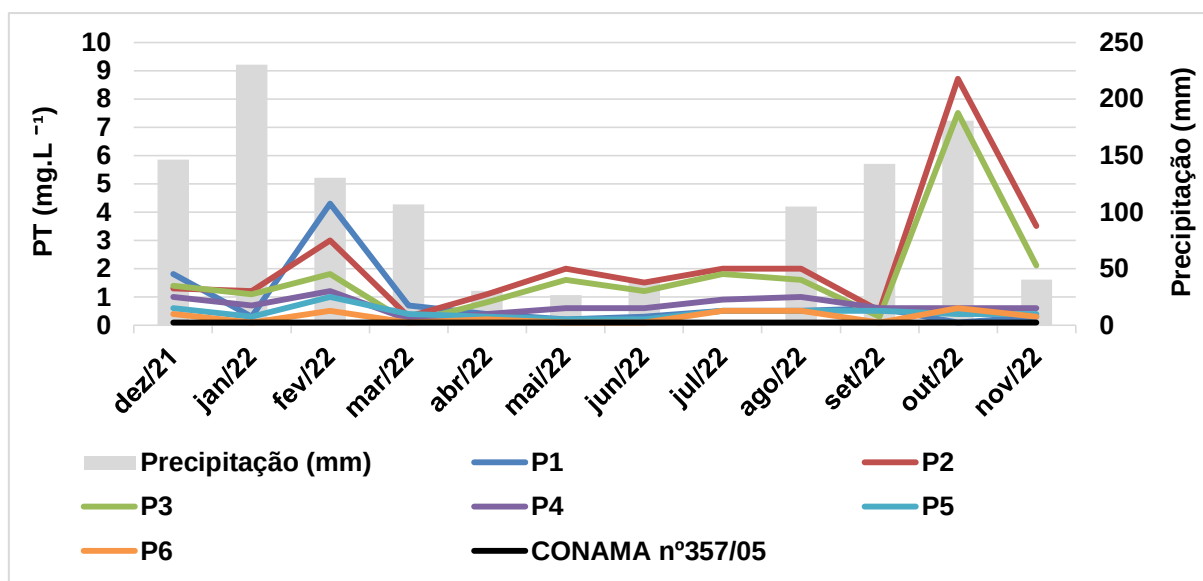
Para que haja uma deterioração com relação às variáveis OD e DBO, basta realizar lançamentos de efluente sanitário com baixa eficiência ou até mesmo clandestino, isto é, sem que haja um tratamento prévio, em um determinado recurso hídrico, gerando, na maioria das vezes, prejuízos indesejáveis à qualidade da água, resultando em um desequilíbrio ambiental, afetando então, seres humanos e animais que consomem ou mantêm contato com essa água (Sardinha *et al.*, 2008; Manoel *et al.*, 2019). Dessa forma, um corpo receptor que mantinha seu equilíbrio passa a estabelecer certa desarmonia, até que o mesmo estabeleça a autodepuração. Esta pode ser compreendida como um processo de sucessão ecológica, onde o recurso hídrico reestabelece seu equilíbrio por meio de mecanismos naturais, ocorrendo uma sequência sistemática, no qual há a substituição de uma comunidade por outra, até que haja novamente a sintonia do ambiente aquático (Von Sperling, 1996; Manoel *et al.*, 2019).

5.1.2.4 Fósforo Total (PT)

O PT é um nutriente que influencia nos processos biológicos, isso mostra que o lançamento de matéria orgânica de maneira excessiva em recursos hídricos superficiais pode causar o crescimento descontrolado de algas, resultando na

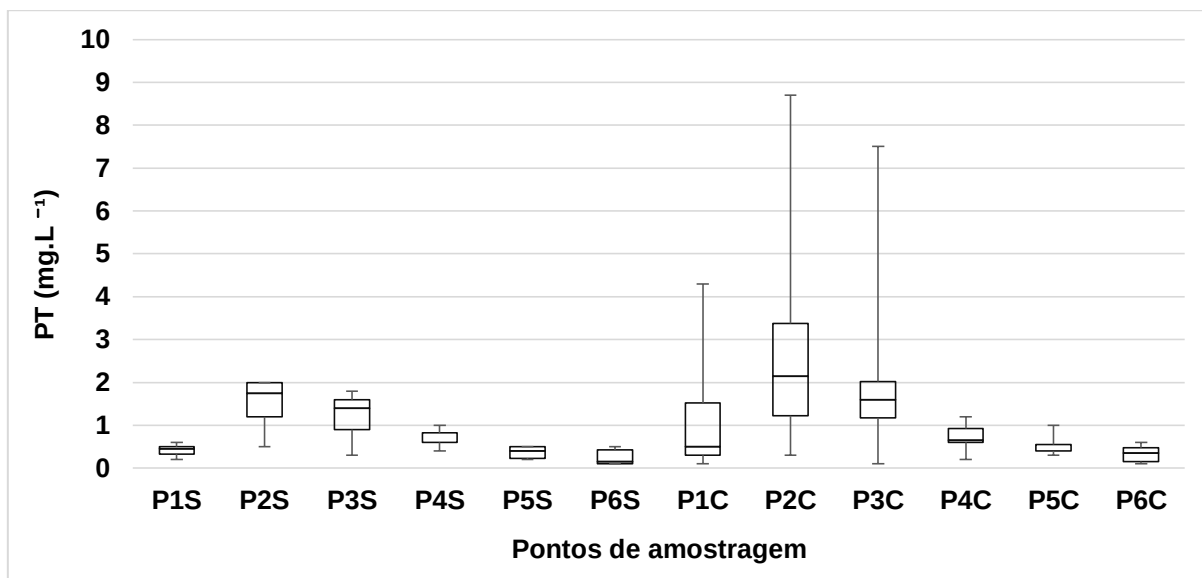
eutrofização dos ambientes aquáticos e, com isso, contribuindo para o desequilíbrio ecossistêmico (Von Sperling, 2017; Manoel et al., 2019; Simionatto; Carvalho, 2022). No córrego do Galante, os valores para essa variável oscilaram entre $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (P6) e $1,8 \text{ mg.L}^{-1}$ (P3), período seco, e $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1, P3 e P6) e $8,7 \text{ mg.L}^{-1}$ (P2), período chuvoso, apresentando, para a maioria dos pontos estudados, valores acima do máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ (Brasil, 2005) (Figuras 26 e 27).

Figura 26 – Variação de PT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



PT: Fósforo Total; P: Pontos de amostragem.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 27 – Boxplots de PT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



PT: Fósforo Total; S: Período seco; C: Período chuvoso.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Possivelmente, os valores de PT, obtidos no córrego do Galante, estão associados ao que afirmam Freitas (2000), Manoel (2013), Silva Junior (2018), Bega (2020), Ribeiro (2021) e Lima (2021), que as águas drenadas de áreas agrícolas e urbanizadas, podem causar a presença expressiva da variável em recursos hídricos superficiais, além de outras fontes antrópicas, como, por exemplo, o lançamento de efluente sanitário.

Manoel (2013), no córrego Caçula em Ilha Solteira (SP), registrou valores que variaram entre 0,07 a 5,0 mg.L⁻¹, no período seco e 0,35 mg.L⁻¹ a 17,5 mg.L⁻¹ no período chuvoso. Silva Junior (2018), no córrego das Marrecas em Dracena (SP), obteve valores que oscilaram entre 0,48 mg.L⁻¹ a 5,77 mg.L⁻¹, no período seco, e 0,54 mg.L⁻¹ a 6,4 mg.L⁻¹, no período chuvoso. Caso semelhante ocorreu no córrego do Galante, uma vez que as maiores concentrações para PT ocorreram no período chuvoso.

Bega (2020), no córrego Sem Nome em Ilha Solteira (SP), registrou valores de 2,89 mg.L⁻¹, 0,53 mg.L⁻¹ e 0,95 mg.L⁻¹, para os anos de 2002, 2011 e 2019, respectivamente. O autor considerou a urbanização como sendo a principal causa do poluente no recurso hídrico. Ribeiro (2021), no córrego Rondinha em Aparecida do Tabuado (MS), obteve valores na faixa de 0,4 mg.L⁻¹, 1,33 mg.L⁻¹ e 1,35 mg.L⁻¹,

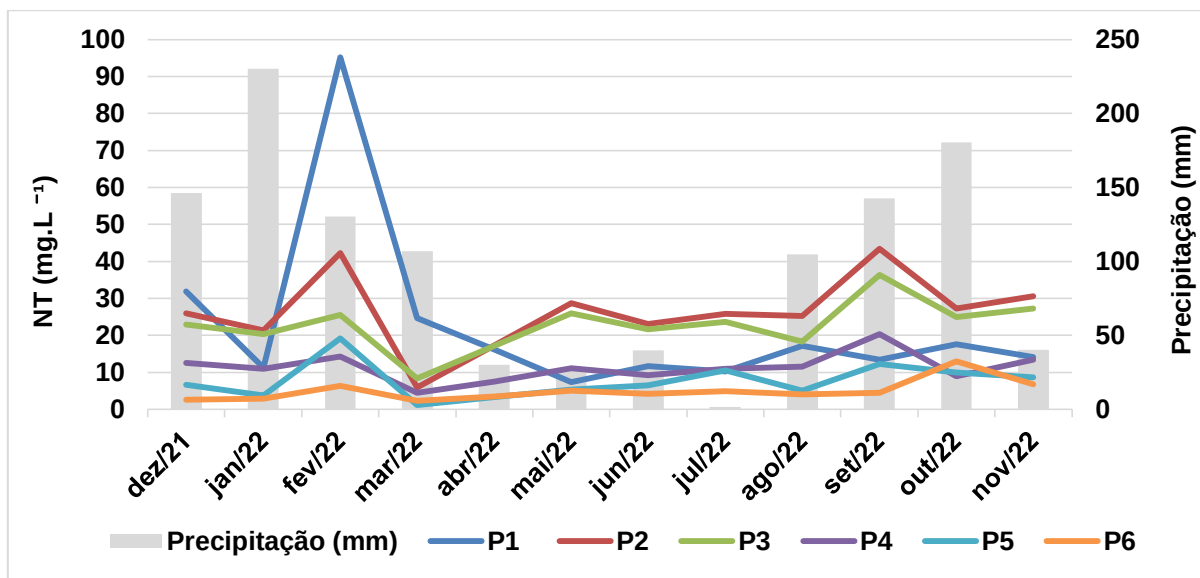
com isso, a autora caracterizou a alteração de PT ao lançamento de efluente doméstico.

Em águas naturais, que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de PT varia de $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,020 \text{ mg.L}^{-1}$ (EMBRAPA, 2002), os resultados das análises no córrego do Galante, caracterizou o córrego como um ambiente aquático contaminado e sujeito a processos de eutrofização.

5.1.2.5 Nitrogênio Total (NT)

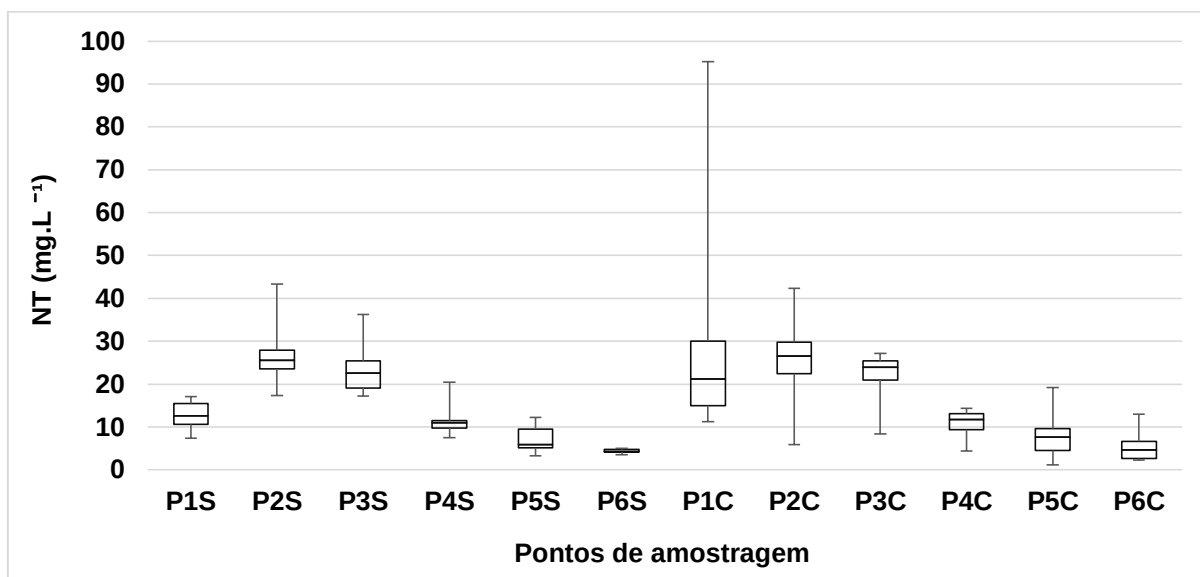
As atividades antropogênicas transformam o meio ambiente de diversas maneiras e as alterações no ciclo do nitrogênio estão entre as principais causas da degradação ambiental (Araújo et al., 2021). Esses fatores se intensificam quando associados aos recursos hídricos, pois a contaminação pelo NT pode proporcionar um grande desarranjo mundial (Cardoso et al., 2020), já que a água é considerada como elemento essencial para a manutenção da vida na Terra (Ribeiro et al., 2022; Simionatto et al., 2023). No córrego do Galante, os valores para essa variável oscilou entre $3,3 \text{ mg.L}^{-1}$ (P5); $43,4 \text{ mg.L}^{-1}$ (P2), para o período seco, e $1,2 \text{ mg.L}^{-1}$ (P5); $95,2 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1) para o período chuvoso, apresentando, para a maioria dos pontos estudados, valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – $3,7 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} \leq 7,5$; $2,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $< \text{pH} \leq 8,5$ e $0,5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$, para $\text{pH} > 8,5$ (Brasil, 2005) (Figuras 28 e 29).

Figura 28 – Variação de NT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



NT: Nitrogênio Total; P: Pontos de amostragem;
 Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 29 – Boxplots de NT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



NT: Nitrogênio Total; S: Período seco; C: Período chuvoso.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A maioria dos pontos, independente das características, período seco ou chuvoso, apresentaram concentrações acima do estabelecido pela legislação. Esses resultados podem estar associados às condições de drenagem urbana, uma vez que

toda água pluvial, mediante redes de drenagem, seguem até o leito do córrego; agricultura, quando associada ao uso indiscriminado de agroquímicos; e efluentes sanitários, posto que, na maioria das vezes, o esgoto das ETE's não atingem as condições ideais de lançamentos. Além disso, evidenciam-se, em eventualidades, rompimentos da rede de esgoto bruto que permeia as redes de drenagem de águas pluviais, resultando no extravasamento, atingindo o recurso hídrico.

Silva Junior (2018), no córrego das Marrecas em Dracena (SP), retratou valores que variaram entre $1,83 \text{ mg.L}^{-1}$ a $16,17 \text{ mg.L}^{-1}$, no período seco, e de $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ a $18,33 \text{ mg.L}^{-1}$ no período chuvoso. O mesmo autor em um ponto a jusante do lançamento de uma ETE, registrou valores consideráveis de NT, pontuando, com isso, a ineficiência do tratamento do efluente lançado no recurso hídrico.

Bega (2020), no córrego Sem Nome em Ilha Solteira (SP), registrou médias de $7,3 \text{ mg.L}^{-1}$; $3,89 \text{ mg.L}^{-1}$; e $6,4 \text{ mg.L}^{-1}$; para os anos de 2002, 2011 e 2019, respectivamente. No entanto, Bega (2020), considerou a urbanização como sendo a principal causa do poluente no recurso hídrico.

Silva (2018), Santos et al. (2018) e da Silva et al. (2023) ao avaliar os teores de NT na bacia hidrográfica do Igarapé (Ji-Paraná/RO), na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí (Santa Maria/RS) e na bacia hidrográfica do Igarapé Santos (Tucuruí/PA), encontraram valores semelhantes aos obtidos neste estudo, e, com isso, relataram que fatores antrópicos associados ao despejo de efluentes sanitários nos recursos hídricos, influenciam na alteração desses elementos, sendo, portanto, um indicativo de poluição aquática.

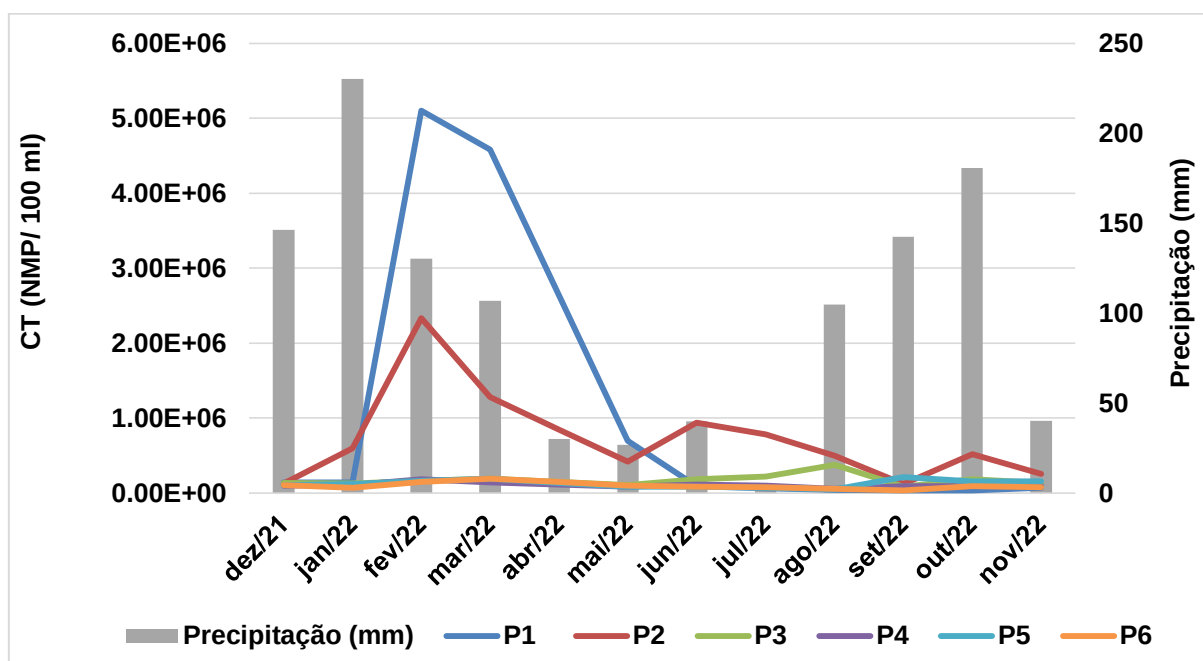
5.1.3 Diagnóstico das variáveis biológicas

5.1.3.1 Coliformes Termotolerantes (CT)

Os CT são aqui representados pela *Escherichia coli*, originalmente encontrada em fezes de seres de sangue quente, como é o caso dos humanos e animais silvestres e domésticos (FUNASA, 2014; Osińska et al., 2017). Essa condição exclusiva caracteriza essa bactéria como bioindicador de contaminação por efluente doméstico (Silva Junior et al., 2017). No córrego do Galante, os valores para essa variável oscilaram entre $3,50\text{E}+04 \text{ NMP}/100 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1); $2,64\text{E}+06 \text{ NMP}/100 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1), para o período de seca, e $3,90\text{E}+04 \text{ NMP}/100 \text{ mg.L}^{-1}$ (P1);

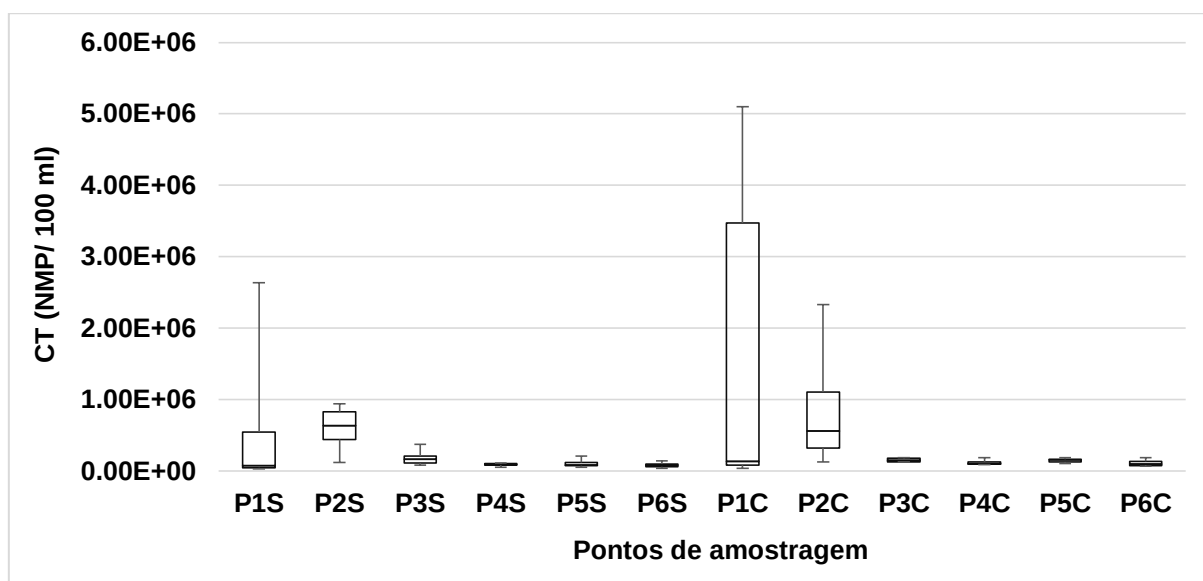
5,10E+06 NMP/100 mg.L⁻¹ (P1), para o período chuvoso, , com destaque para os pontos P1 e P2, entre os meses de fevereiro/2022 e março/2022, valores acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – a qual estabelece não ser excedido um limite de 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral (Brasil, 2005) (Figuras 30 e 31).

Figura 30 – Variação de CT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



CT: Coliformes Termotolerantes; NMP: Número mais provável; P: Ponto de amostragem.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 31 – Boxplots de CT na água do córrego do Galante (SP) durante o período de monitoramento – dezembro/2021 a novembro/2022



CT: Coliformes Termotolerantes; NMP: Número mais provável; S: Período seco; C: Período chuvoso.
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os maiores valores encontrados para a contaminação biológica do córrego do Galante foram nos pontos P1 (Montante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista – SP) e P2 (Jusante ao lançamento de efluente sanitário das ETE's de Tupi Paulista – SP) no período chuvoso, com valores que variaram respectivamente de $3,90\text{E}+04$ NMP/100 mg.L⁻¹ a $5,10\text{E}+06$ NMP/100 mg.L⁻¹ e $1,30\text{E}+05$ NMP/100 mg.L⁻¹ a $2,33\text{E}+06$ NMP/100 mg.L⁻¹. Esses valores podem estar associados, respectivamente, a drenagem urbana, possível rompimento de tubulação de rede pública de esgoto de Tupi Paulista (SP) e lançamento de efluente tratado ou clandestino.

Silva Junior (2018), no córrego das Marrecas em Dracena (SP), apontou situação similar ao ocorrido no córrego do Galante, o qual relata que a alta concentração de coliformes em um ponto localizado próximo a área urbana pode estar vinculada ao carreamento, por meio de enxurradas e limpeza de casas e calçadas, de material fecal de animais domésticos. Outro apontamento feito por Silva Junior (2018) foi a precariedade da tubulação que transporta esgoto bruto para a ETE do município de Dracena (SP), a qual passa pela mesma galeria que canaliza a nascente do córrego das Marrecas.

Bega (2020), no córrego Sem Nome em Ilha Solteira (SP), registrou em todas as amostras dos anos de 2002 e 2019 valores que excederam o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, caracterizando a urbanização e a degradação das vegetação nativa do córrego como sendo os principais fatores impactantes.

5.1.4 Análise dos resultados de IQA para os períodos seca e chuvoso

Após a análise de todos as variáveis, foi possível estabelecer a classificação do IQA_{CETESB} em cada amostra coletada, além de sintetizar os valores médios, mínimos e máximos para cada período sazonal – seco e chuvoso (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultados do IQA_{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)							
Meses de coleta	Pontos de coleta						Período
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
dez/21	24,34	24,45	25,51	39,7	36,29	34,94	chuvoso
jan/22	0	0	23,18	31,43	23,45	28,24	
fev/22	10,14	27,83	25,17	42,82	43,5	41,74	
mar/22	21,77	30,34	36,38	46,41	47,68	38,15	
abr/22 mai/22 jun/22 jul/22 ago/22 set/22	38,41	26,9	38,48	46,34	46,86	45,94	seco
	40,21	24,2	35,69	49,51	52,4	50,58	
	50,4	25,16	44,97	45,57	51,47	50,88	
	51,97	24,72	39,36	49,56	52,27	47,76	
	50,53	27,99	40,46	46,16	45,71	47,17	
	53,61	27,78	33,74	48,62	48,55	53,77	
out/22	52,73	25,8	27,83	46,94	42,25	48,39	chuvoso
nov/22	51,37	22,06	29,05	47,88	44,12	48,35	
Estatística descritiva do IQA (seco)							
	Pontos de coleta						Período
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Valor mínimo	38,41	24,2	33,74	45,57	45,71	45,94	seco

Valor máximo	53,61	27,99	44,97	49,56	52,4	53,77	
Média	47,5	26,1	38,8	47,6	49,5	49,4	
Estatística descritiva do IQA (chuvoso)							
	Pontos de coleta						Período
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
Valor mínimo	0	0	23,18	31,43	23,45	28,24	Chuvoso
Valor máximo	52,73	30,34	36,38	47,88	47,68	48,39	
Média	26,7	21,7	27,9	42,5	39,5	40,0	
Classificação da qualidade da água							
Faixa IQA		Cor		Classificação			
80	100	AZUL		Ótima			
52	79	VERDE		Boa			
37	51	AMARELO		Aceitável			
20	36	VERMELHA		Ruim			
0	19	ROXA		Péssima			

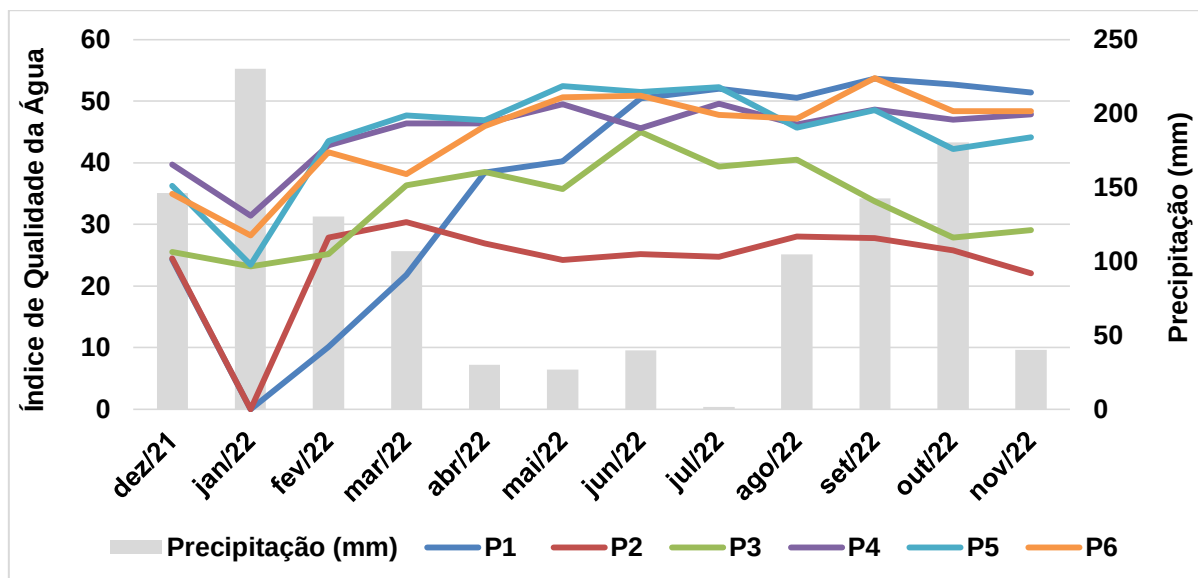
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com base nos resultados apresentados, é possível observar que o IQA do Córrego do Galante está variando entre Boa (6,9%), Aceitável (58,2%), Ruim (36,1%) e Péssimo (4,2%).

De maneira geral, o recurso hídrico em estudo pode ser classificado, levando em consideração os períodos analisados e a média obtida, entre Aceitável e Ruim, e um dos fatores que influenciam negativamente para que essa classificação não atinja os índices Ótimo ou Bom são os valores não satisfatórios dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios Classe 2 – Classe de enquadramento do recurso hídrico analisado, segundo o mapa temático disponibilizado pela CETESB (2022).

Os pontos mais críticos nesse estudo foram os pontos P1, P2 e P3, para o período chuvoso, os quais apresentaram valores que variaram entre 0 a 52,73 (P1), 0 a 30,34 (P2) e 23,18 a 36,38 (P3) (Figuras 32 e 33).

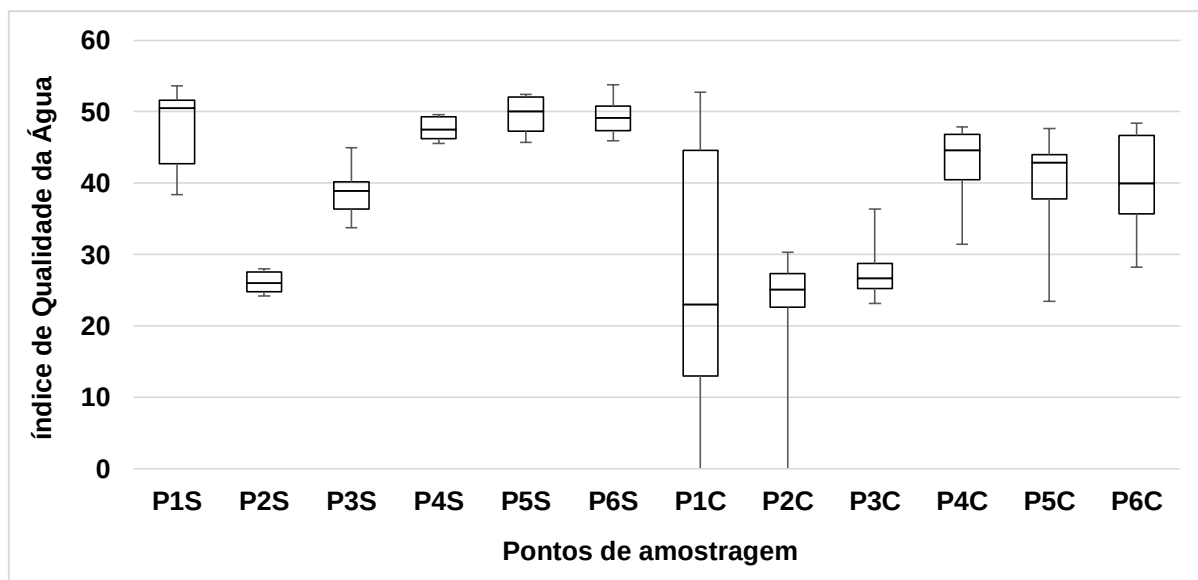
Figura 32 – Variação do IQA_{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022



P: Ponto de amostragem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 33 – *Boxplot* do IQA_{CETESB} para os pontos amostrais P1 a P6 durante os meses de dezembro/2021 a novembro/2022



S: Período seco; C: Período chuvoso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Partindo do exposto, o parâmetro OD estabeleceu, para os três pontos críticos (P1, P2 e P3), uma média, para o período chuvoso, de $3,1 \text{ mg.L}^{-1}$, $3,3 \text{ mg.L}^{-1}$ e $3,1 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente. Ribeiro *et al.* (2022) também identificaram, no córrego Rondinha em Aparecida do Tabuado (MS), valores de OD abaixo do

permitido em seu estudo, relatando que menores valores para OD são, possivelmente, decorrentes de arrastes de materiais dissolvidos e particulados oriundos dos eventos de precipitação.

Seguido do OD têm-se o CT que resultou, para os mesmos pontos e períodos, uma média $1,68\text{E}+06$ NMP/100 mg.L⁻¹ (P1), $8,53\text{E}+05$ NMP/100 mg.L⁻¹ (P2) e $1,56\text{E}+05$ NMP/100 mg.L⁻¹ (P3). Silva Junior et al. (2017), concluíram em seu estudo que os valores de Coliformes Termotolerantes foram provenientes de possível contaminação por lançamento de efluente sanitário, vazamento em tubulações de esgoto e drenagem urbana.

Os nutrientes – PT e NT – também contribuíram para esse desequilíbrio e alteração do IQA no córrego do Galante, onde apresentaram uma quantidade média, para o período chuvoso, de 1,3 mg.L⁻¹ (P1), 3,0 mg.L⁻¹ (P2) e 2,3 mg.L⁻¹ (P3), para PT, e 32,4 mg.L⁻¹ (P1), 25,6 mg.L⁻¹ (P2) e 21,6 mg.L⁻¹ (P3), para NT. Santos et al. (2018), em seu estudo, evidenciaram que os principais fatores que influenciaram, negativamente, nos resultados de nitrogênio e fósforo na qualidade da água foram a drenagem urbana e a proximidade das cidades do curso dos recursos hídricos.

Com relação à DBO, seus valores, assim como os outros parâmetros, também se encontram alarmantes, pois a média para os três pontos analisados (P1, P2 P3) resultaram em 63,1 mg.L⁻¹, 44,7 mg.L⁻¹ e 23,5 mg.L⁻¹. Ribeiro et al. (2022), no rio Paraná em Aparecida do Tabuado (MS), identificaram inúmeras amostras com valores de DBO em desconformidade com a legislação e apontaram que esses resultados foram obtidos no período de menor valor de OD.

Os pontos P4, P5 e P6 apresentam uma melhora com relação aos pontos críticos (P1, P2 e P3), indicando que há fatores positivos influenciando ao longo do percurso do córrego do Galante e essa melhora pode ser observada tanto no período seco quanto no chuvoso. Um aspecto notório é o abastecimento por afluentes, cuja vazão influencia de maneira considerável, auxiliando na diluição de poluentes e contaminantes presentes na água a montante.

Bega et al. (2021) apresentaram em seu estudo que o aumento do volume de água de um ponto ao outro influenciou na diluição, resultando na redução da poluição de seu recurso hídrico analisado.

De modo geral, o período representado pela 2ª coleta – janeiro/ 2022 – apresentou uma variação negativa, pois mesmo apontando melhora para os últimos pontos (P4, P5 e P6), ainda não foi o suficiente para que atingisse um bom índice,

variando entre Péssimo e Ruim. Os valores de OD para o período citado foi o principal fator de alteração na avaliação do IQA do córrego do Galante, resultando para P1 - 0 mg.L⁻¹; P2 - 0 mg.L⁻¹; P3 - 0,77 mg.L⁻¹; P4 - 2,19 mg.L⁻¹; P5 - 0,27 mg.L⁻¹; e P6 - 0,79 mg.L⁻¹. Esses valores, segundo estudos, são provenientes de inúmeras fontes, que podem ser difusas ou pontuais, como águas pluviais, baixa eficiência no tratamento de efluentes domésticos e sanitários, lançamentos de esgotos clandestinos e arrastes de matéria orgânica e inorgânica; propiciando o aumento de microrganismos decompositores dependentes do oxigênio presente no corpo d'água, isso resulta na maximização do consumo desse elemento e desfavorece e altera a qualidade da água do córrego (Silva Junior *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2020; Bega *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2022; Simionatto e Carvalho, 2022).

6 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos, ficou evidente o reflexo negativo que as ações antrópicas trouxeram, no período analisado, para o córrego do Galante (SP). Os pontos P1, P2 e P3, foram, de modo geral, intensamente impactados, sendo, possivelmente, os fatores, lançamento de efluente sanitário, lançamento de esgoto clandestino, eventuais rompimentos e vazamentos de tubulações de esgoto bruto e drenagem urbana, mais influentes na alteração desse recurso hídrico, com isso, ensejando baixos valores de OD e altas concentrações de variáveis como DBO, CT e nutrientes (PT e NT).

Para os pontos P4, P5 e P6, apesar de registrarem valores em desconformidade para com os estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, devido a impactos antrópicos, há uma melhora considerável quando analisado o IQA. Essa condição pode estar associada ao fenômeno de autodepuração, uma vez que há aumento de vazão e quedas d'água, ao longo do percurso do córrego.

A sazonalidade influenciou na qualidade da água do córrego do Galante, onde, para o período seco variou entre as classificações Boa (11,1%), Aceitável (66,7%) e Ruim (22,2%), enquanto que para o período chuvoso esteve entre Boa (2,8%), Aceitável (38,9%), Ruim (50,0%) e Péssima (8,3%). No entanto, é importante salientar o possível extravasamento na rede de esgoto sanitário do município de Tupi Paulista (SP), durante os primeiros meses de análise – dezembro/2021, janeiro/2022, fevereiro/2022 e março/2022.

Diante do exposto, o monitoramento ambiental se faz necessário, pois além de ser um instrumento indispensável em uma bacia hidrográfica, ele quantifica e determina os efeitos antrópicos, validando e proporcionando a busca por recursos para efetivas decisões que certifiquem a conservação e preservação dos recursos naturais e, além disso, visando as particularidades do presente estudo, busca propor estudos que incentivem a gestão integrada por meio de planos intermunicipais que viabilizem o uso e a disponibilidade hídrica da microbacia hidrográfica do córrego do Galante, estabelecendo a qualidade ambiental para as presentes e futuras gerações.

7 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados apresentados, as seguintes recomendações são sugeridas para que haja o melhoramento das condições ambientais da microbacia hidrográfica do córrego do Galante no Oeste Paulista.

- Melhorias nos sistemas de coleta e distribuição de esgoto sanitário do município de Tupi Paulista com o objetivo de evitar extravasamentos em períodos de chuvas intensas;
- Melhorias nos sistemas de drenagem urbana nos municípios de Tupi Paulista, Monte Castelo e Nova Guataporanga, visando a diminuição da velocidade das águas pluviais e reduzindo o carreamento de sólidos que resulta no processo de assoreamento do córrego do Galante;
- Propor, junto aos ruralistas, melhoria no uso e conservação do solo por meio de técnicas de manejo, como, por exemplo, curvas de nível, para diminuir e evitar erosões, além do carreamento de nutrientes e sólidos;
- Sistematizar projetos de saneamento rural, objetivando a eliminação de fossas negras e descarte de resíduos de maneira irregular e, a partir disso, implantar sistemas de tratamentos eficientes de esgoto e coleta seletiva;
- Incentivar a conservação e preservação das matas ciliares, além de propor, como forma de reestabelecer pontos críticos, o plantio de árvores nativas;
- Estabelecer, entre os municípios existentes na microbacia do córrego do Galante, um plano intermunicipal que objetive a preservação e conservação desse território hidrológico, uma vez que possuem uma responsabilidade coletiva;
- Buscar por auxílios governamentais para implantação do monitoramento ambiental e do desenvolvimento sustentável na microbacia do córrego do Galante, objetivando estabelecer medidas de qualidade de vida na cidade e no campo.
- Propor, junto a universidades públicas e privadas, estudos técnico-científicos, visando, por meio de métodos validados, o apontamento contínuo de melhorias a serem estabelecidas nas áreas urbanas e agrícolas da microbacia.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Vívian Evelyne Silva Araújo; ROCHA, Edson José Paulino da; SOUZA JÚNIOR, José Augusto de; CARNEIRO, Bruno Santana. Análise de Parâmetros de Qualidade da Água em Decorrencia de Efeitos da Precipitação na Baía de Guajará – Belém – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 661-680, 2019. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p661-680>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23th ed. Washington, DC, 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (BRASIL). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água**. Brasília: ANA, 2005. 38 p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7507/panoramaenquadramento-ana-2005.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA (BRASIL). **Implementação do Enquadramento em Bacias Hidrográficas no Brasil**: Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica. Brasília, D.F.: ANA, 2009. 145 p.: il. (Cadernos de recursos hídricos; 6). Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7504/implementacaoenquadramento-ag-superf-ana-2009.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade**: Índice de Qualidade das Águas (IQA). Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 05 mai. 2023.
- ARAUJO, Luisa Fernandes de; CAMARGO, Franciele Pereira; NETTO, Alena Torres; VERNIN, Nathalia Salles; ANDRADE, Rosane Cristina de. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 2935-2947, 2022. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-8123202277.16472021>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- ARAÚJO, Thaís Paula de; BRIGHENTI, Ludmila Silva; SANTOS, Hélio Batista dos; CASTRO, Ana Hortência Fonseca; THOMÉ, Ralph Gruppi. Toxicidade de compostos nitrogenados em peixes influenciada por parâmetros físico-químicos da água: uma revisão narrativa. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 10, n. 11, p. 1-9, 4 set. 2021. Research, Society and Development. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19779>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- BAHAMONDES, R.; GAETE, N. **Manejo de cuencas hidrográficas**. Serie Actas: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco-Chile: P. Impreta, p. 1-14. 2002
- BARRETO, Luciano; BARROS Flávia; BONOMO, Paulo; ROCHA, Felizardo; AMORIM, Johnes. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BARROS FILHO, José Emidio de; ALVES, Leandro Marcos Salgado; DEMANTOVA, Graziela Cristina; SANTANA, Naum Alves de. O uso e a cobertura do solo como subsídio na metodologia para a aplicação do instrumento da política nacional de recursos hídricos, o enquadramento segundo os usos preponderantes da água. **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 16, n. 01, p. 134-161, 24 mar. 2023. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.48075/geog.v16i01.29376>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BATISTA, Louisiane Farias; MONTE, Christiane do Nascimento; CORREA, Edinelson Saldanha; NASCIMENTO, Thiago Shinaigger Rocha do; COSTA, Igor. Avaliação da qualidade da água superficial em uma microbacia periurbana do município de Santarém, PA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 117-133, 2 jul. 2022. Companhia Brasileira de Produção Científica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2022.002.0011>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BEGA, João Miguel Mercês; RIBEIRO, Natasha Ulhiana Ferreira; ALMEIDA, Juliana Cristina Ribeiro; RICARDI, Amanda de Moraes; OLIVEIRA, Jefferson Nascimento de. Avaliação dos parâmetros químicos de qualidade da água em um ecossistema aquático lótico. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 73-84, 29 mar. 2020. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082716120202318>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BEGA, João Miguel Mercês. **Dinâmica temporal da qualidade da água em um córrego urbano**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020. 104 p.

LIMA, Gidielson Alves da Silva. **Uso da terra e qualidade de água em bacias hidrográficas: estudo de caso no Ribeirão dos Ranchos e Córrego Gramado**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021. 134 p.

BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin; HARPER, John. **Ecologia**. De indivíduos a Ecossistemas. 4ª ed, editora artmed, Porto Alegre, 2008.

BERLANDA, Adriana; BAUM, Camila Angélica; BECEGATO, Valter Antonio; SOUZA, Nayara Cristina Vargas de Lima de. Avaliação temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Desquite, Santa Catarina. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 45-51, fev. 2021. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220180094>. Acesso em: 07 jul. 2023.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Diário Oficial da União, 1997. 72 p. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Alterada pelas resoluções CONAMA nº 393/2007, nº 397/2008, nº 410/2009 e nº 430/2011. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p. 34. 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **RESOLUÇÃO No 91, DE 5 DE NOVEMBRO DE 2008**. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em: <https://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CNRH-n%C2%BA-91-de-2008.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF: Funasa, 2014. 116 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017**. Anexo XX Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água Para Consumo Humano e Seu Padrão De Potabilidade (Origem: Prt Ms/Gm 2914/2011). Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 03 mar. de 2023.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR)**. Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Brasília: SNS/MDR, 2020. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CAMELO, Sinara Martins; COURA, Mônica de Amorim; RODRIGUES, Andréa Carla Lima; OLIVEIRA, Rui de; COSTA FILHO, Francisco das Chagas da; VIDAL, Iana Chaiene de Araujo. Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 25, n. 6, p. 873-885, dez. 2020. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220202019033>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de; KUHN, Daiane Cristine. Análise da interação de uma fonte pontual de lançamento de esgoto sanitário com a qualidade da água de um sistema lótico, Rio do Peixe, Santa Catarina, Brasil. **Nature And Conservation**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 96-102, 26 ago. 2021. Companhia Brasileira de Producao Cientifica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2318-2881.2021.003.0008>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CAPANEMA, Gilberto Alves. **Diagnóstico da qualidade da água da microbacia do Córrego da Aldeia em Fernandópolis – SP**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2015. 100 p.

CARDOSO, J. M.; BEGA, J. M. M.; OLIVEIRA, J. N. de; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.. Aspectos qualitativos da água subterrânea de poços tubulares em Campo Grande – MS. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 85-100, 30 jun. 2020. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2020v14n2p85-100>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953/5482>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CECÍLIO, Roberto Avelino; REIS, Edvaldo Fialho dos. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006. 10 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade**: Apêndice E. São Paulo: CETESB, 2017. 57 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Fundamentos do controle de poluição das águas**: Módulo II – Prevenção da poluição ambiental e controle de fontes. São Paulo: CETESB, 2018a. 227 p. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Índices de Qualidade das Águas**: Apêndice D. São Paulo: CETESB, 2020. 33 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Oxigênio Dissolvido**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/#:~:text=%C3%81guas%20com%20temperaturas%20mais%20baixas,oxig%C3%AAnio%20dissolvido%20apresenta%20menor%20solubilidade>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CORRÊA, Tamiris Silva; ARAÚJO, Renata Ribeiro de. Estudo de autodepuração: o caso do córrego do limoeiro, Presidente Prudente - SP. **Colloquium Exactarum**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 48-55, 20 set. 2015. Associação Prudentina de Educação e Cultura

(APEC). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5747/ce.2015.v07.n3.e128>. Acesso em: 07 jun. 2023.

CUELBAS, Leandro Pereira. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Lins-SP**. 2007. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

DANDGE, K. P.; PATIL, S. S. Spatial distribution of ground water quality index using remote sensing and GIS techniques. **Applied Water Science**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 1-18, 2 dez. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-021-01546-7>. Acesso em: 07 jun. 2023.

DAMASCENO, Maria da Conceição Silva; RIBEIRO, Hebe Morganne Campos; TAKIYAMA, Luís Roberto; PAULA, Manoel Tavares de. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 1-16, 3 jul. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-aqua.1606>. Acesso em: 07 jun. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA.. **Indicadores da qualidade da água**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.embrapa.com.br>. Acessos em: 28 out. 2023.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

EWALID, Salam; ABED, Salwan; AL-ANSARI, Nadhir; SALIH, Riyadh. Development and Evaluation of a Water Quality Index for the Iraqi Rivers. **Hydrology**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 67-82, 9 set. 2020. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/hydrology7030067>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA - FAO. **Nota técnica N° 1: la microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales**. 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/climatechange/30329-07fbeat2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>. Acesso em 30 de abr. de 2023

FAUSTINO, Jorge. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 90p. 1996.

FERREIRA, Kássia Crislayne Duarte; LOPES, Fernando Bezerra; ANDRADE, Eunice Maia de; MEIRELES, Ana Célia Maia; SILVA, Gerlange Soares da. Adapting the National Sanitation Foundation water quality index to the Brazilian semiarid. **Revista Ciência Agronômica**, [S. l.], v. 46, n. 2, p. 277-286, 2015. GN1 Genesis Network. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150007>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FIA, Ronaldo; TADEU, Hugo; MENEZES, João; FIA, Fátima; OLIVEIRA, Luiz. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de**

Recursos Hídricos, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 267-275, 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FONSECA, Helder Silva; SALVADOR, Nemésio Neves Batista. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Bonito em Descalvado - SP. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, [S. l.], v. 64, n. 2, p. 179–185, 2005. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32981>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FREITAS, A. J. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (ed.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais**. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; CRUZ, Paulo Márcio; SOUZA, Maria Claudia da Silva Antunes de. CRISE GLOBAL DA ÁGUA: construção de categorias éticas para água a partir da verificação das problemáticas geradoras da crise. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 60-76, 10 dez. 2019. Centro Universitário Autônomo do Brasil. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25192/issn.1982-0496.rdfd.v24i31660>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GARCIA, Joice Machado; MANTOVANI, Paloma; GOMES, Raissa Caroline; LONGO, Regina Márcia; DEMANBORO, Antônio Carlos; BETTINE, Sueli do Carmo. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 228-254. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GASPAROTO, Felipe Augusto. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. 89 p.

GOIS, Leonardo Rodrigues; MARTINS, João Pedro; SILVA, Denis Gottardi da; SILVA, Elvio Gilberto da. Desenvolvimento de um jogo sério para estimular o consumo responsável de água. **Environmental Science & Technology Innovation-ISSN 2965-1158**, v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <https://revistas.unisagrado.edu.br/index.php/esti/article/view/368>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GOMES, Raul Carneiro; BIANCHI, Christina; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. ANÁLISE DA MULTIDIMENSIONALIDADE DOS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA. **Geographia**, [S. l.], v. 23, n. 51, p. 1-17, 25 ago. 2021. Pro Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação - UFF. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22409/geographia2021.v23i51.a27667>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS ATRAVÉS DA FERRAMENTA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA - IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 103-119, 8 jun. 2017. Editora Univates. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421>. Acesso em: 07 jun. 2023.

HANNA Instruments. **HI 83206 Muntiparameter Bench Photometer for Environmental Testing**. Woonsocket: Manualslib, 2016. Disponível em: www.Manualslib.com. Acesso em: 24 mai. 2023.

HAN, Xue; LIU, Xiaohui; GAO, Datian; MA, Bingjie; GAO, Xiaoyu; CHENG, Mengke. Costs and benefits of the development methods of drinking water quality index: a systematic review. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 144, p. 109501, nov. 2022. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109501>. Acesso em: 07 jun. 2023.

HOLLANDA, Maycon P.; CECÍLIO, Roberto A.; CAMPANHARO, Wesley A.; ZANETTI, Sidney S.; ANDRADE, Larice N. de; GARCIA, Giovanni de O.. Avaliação do TOPMODEL na estimativa do escoamento superficial em microbacia hidrográfica em diferentes usos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 489-496, maio 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p489-496>. Acesso em: 07 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Meio ambiente**: esgotamento sanitário. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **População**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Balanço climatológico**. 2023. Disponível em: portal.inmet.gov.br. Acesso em: 14 jun. 2023.

KÖPPEN, W. P. **Grundriss der Klimakunde**. Belin: Germany, 1931.

KOTNALA, Gunjan; DOBHALL, Srishti; CHAUHAN, Jaspal Singh. Monitoring the self-purification capacity of the River Alaknanda stretch at Srinagar, Uttarakhand, India. **International Journal Of River Basin Management**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 491-498, 22 jun. 2016. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15715124.2016.1193506>. Acesso em: 07 jun. 2023.

KOZAK, Caroline; FERNANDES, Cristovão. A influência dos eventos de precipitação e poluição difusa em rios: implicações para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 1-12, 1 nov. 2022. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/regua.v19e23>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LAGES, Anderson da Silva; MIRANDA, Sebastião Átila; FERREIRA, Paulo Renan Gomes; MOTA, Fábio Alexandre da Costa; CONCEIÇÃO, Adriana Castro da; ROSAS, Adriana Freitas; FERREIRA, Sávio José Filgueiras; SILVA, Márcio Luiz da. Índice de Qualidade de Água (IQA) para ambientes amazônicos usando estatística multivariada. **Peer Review**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 306-323, 12 jun. 2023. Uniao Atlantica de Pesquisadores. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.53660/593.prw1607>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos; ROCHA, Paulo Cesar. Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba - Alto Paraguai, Mato Grosso - Brasil. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 31, n. 45603, p. 1-21, 23 out. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v31-2019-45603>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4ªed – Campinas, SP: Editora Átomo, 2016.

LIMA, Walter. de Paula. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 253p. 2008.

LOPES, Jessica Rafaelly Almeida; BEZERRA, Joel Medeiros; ALMEIDA, Natália Maria Diniz Pereira; COSTA, Helves Cleverton Guerra; FERNANDES, Gabriel Siqueira Tavares; GONÇALVES, Gustavo Leite; MENDONÇA, Sarah de Souza Cruz; OLIVEIRA JÚNIOR, Marcos Elias de. Caracterização morfológica da microbacia hidrográfica do Açude Grande no semiárido do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 429-442, 23 mar. 2022. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbqf.v15.1.p429-442>. Acesso em: 07 jun. 2023.

LUZ, Ezequias da; TOMAZONI, Julio Caetano; POKRYWIECHI, Ticiane Sauer. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO LIGEIRO NO MUNICÍPIO E PATO BRANCO - PR. **Geosciences = Geociências**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 755-768, 19 dez. 2019. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5016/geociencias.v38i3.13134>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MALAGI, I.; SAMPAIO, S. C.; PINTO, F. G. S.; ROSA, D. M.; REIS, R. R. dos. Physicochemical quality of and Escherichia coli resistance profiles in urban surface waters. **Brazilian Journal Of Biology**, [S. l.], v. 80, n. 3, p. 661-668, set. 2020. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.218915>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MANOEL, Letícia de Oliveira. **Avaliação e monitoramento da qualidade da água na microbacia do Córrego Caçula na município de Ilha Solteira – SP**. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

MANOEL, Letícia de Oliveira; SANT'ANNA, Iara Bernardi; CARVALHO, Sérgio Luís de. Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) como parâmetro de

poluição na Bacia Hidrográfica do Córrego Caçula – SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 68-75, 1 dez. 2019. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082715420192202>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MARCONDES, Felipe Silva; MOREIRA, Simone Magela. Gestão das águas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais – CERH-MG: análise, classificação e panorama dos atos administrativos nos últimos 20 anos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 150-170, 30 jun. 2021. Anima Educação. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v10e22021150-170>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MEDEIROS, Gerson Araujo de; MARQUES, Bruno Vicente; PECHE FILHO, Afonso; FENGLER, Felipe Hashimoto; MORAES, Jener Fernando Leite de. Análise da Paisagem na Avaliação de Ambientes de Proteção em Bacia Hidrográfica do Sudeste Brasileiro. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 359-379, 3 mar. 2021. Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i1.p359-379>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MEDEIROS, Rafael Brugnolli; MIGUEL, Angélica Estigarribia São; BRUGNOLLI, Cláudia Aparecida Coronado. CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA DA BACIA HIDROGRAFICA DO CÓRREGO DAS MARRECAS, DRACENA/SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 41-56, 10 nov. 2014. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/198008271022014860>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MELLO, Kaline de; VALENTE, Roberta Aversa; RANDHIR, Timothy O.; SANTOS, André Cordeiro Alves dos; VETTORAZZI, Carlos Alberto. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: watershed versus riparian zone. **Catena**, [S. l.], v. 167, p. 130-138, ago. 2018. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.027>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MENEZES, João Paulo Cunha; BITTENCOURT, Ricardo Parreira; FARIAS, Matheus de Sá; BELLO, Italoema Pinheiro; FIA, Ronaldo; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 519-534, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016145405>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MORAES, Renata Xavier Lona de; YABUKI, Lauren Nozomi Marques; QUELUZ, João Gabriel Thomaz; GARCIA, Marcelo Loureiro. Avaliação da qualidade das águas superficiais e do sistema de tratamento do esgoto sanitário do município de Rio Claro/SP. **Holos Environment**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 83-104, 24 jan. 2021. Lepidus Tecnologia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v21i1.12421>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MORAIS, Lidiane Santana de; CHAGAS, Isabella Cristina Gonçalves de Carvalho; SILVA, Débora Pereira da; SCALIZE, Paulo Sérgio. Qualidade da água superficial

em comunidades rurais do estado de Goiás durante a estação seca e sua relação com o uso e a ocupação do solo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 28, n. 20220215, p. 1-10, 2023. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220220215pt>. Acesso em: 07 jun. 2023.

MOSCA, Andréia Arruda de Oliveira. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantas**. 2003. Dissertação (Mestrado em recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2003. 88f.

NASCIMENTO, Thiago Shinaigger Rocha; MONTE, Christiane do Nascimento; CORREA, Edinelson Saldanha. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 9, p. 146-160, 22 ago. 2021. Companhia Brasileira de Produção Científica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.009.0012>. Acesso em: 07 jun. 2023.

NEVES, Eder Pereira; DUARTE, Marco Aparecido Queiroz; ALVARADO, Francisco Villarreal. Sistema baseado em regras fuzzy para avaliação da qualidade da água. **C.Q.D.– Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, [S. l.], v. 14, p. 95-109, fev. 2019. C.Q.D.- Revista Eletronica Paulista de Matematica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21167/cgdivol14ermac201923169664epnmaqdfva95109>. Acesso em: 07 jun. 2023.

NOLASCO, Glaucio Maciel; GAMA, Ednilton Moreira; REIS, Bruna Moraes; REIS, Ana Clara Pereira; GOMES, Fernando José Santana; MATOS, Roberta Pereira. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/Mg**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 52-64, 12 dez. 2020. Instituto Federal do Norte de Minas Gerais. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.46636/recital.v2i2.60>. Acesso em: 07 jun. 2023.

NOORI, Roohollah; BERNDTSSON, Ronny; HOSSEINZADEH, Majid; ADAMOWSKI, Jan Franklin; ABYANEH, Maryam Rabiee. A critical review on the application of the National Sanitation Foundation Water Quality Index. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 244, p. 575-587, jan. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.076>. Acesso em: 07 jun. 2023.

NOVAIS, Filipe Ferreira; MARINHO, Brenda Teixeira Scardini; SILVA, Marina Ana Rosa; OLIVEIRA, Fernanda Costa; VIANA, Rosalina dos Santos. Poluição por matéria orgânica e autodepuração dos cursos d'água: impactos deste estudo no setor produtivo. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 1-16, 6 mar. 2019. Research, Society and Development. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i5.750>. Acesso em: 07 jun. 2023.

NOZAKI, Cássia Tiemi ; MARCONDES, Marta Angela; LOPES, Fernanda Amate; SANTOS, Karolina Ferreira dos.; LARIZZATTI, Paula Simone da Costa. Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. **Atas de Saúde Ambiental-Asa**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 29-44, Jan/Abr. 2014.

OSIŃSKA, Adriana; KORZENIEWSKA, Ewa; HARNISZ, Monika; NIESTĘPSKI, Sebastian. The prevalence and characterization of antibiotic-resistant and virulent *Escherichia coli* strains in the municipal wastewater system and their environmental fate. **Science Of The Total Environment**, [S. l.], v. 577, p. 367-375, jan. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.203>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PACHECO, João Antônio Secabinazzi; WOLFF, Delmira Beatriz. Tratamento dos efluentes de um frigorífico por sistema australiano de lagoas de estabilização. **Ciências Naturais e Tecnológicas**, S. Maria, v. 5, n. 1, p. 67-85, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1180/1116>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PEREIRA, Maria Cristina Santana; MARTINS, José Rodolfo Scarati; NOGUEIRA, Fábio Ferreira; MAGALHÃES, Ariel Ali Bento; SILVA, Fábio Paiva da. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar :: bacia hidrográfica do rio pinheiros em são paulo. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 577-590, jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220190272>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PEREIRA FILHO, Mauricio Donizeti; FARIAS, Maria Sallydelândia Sobral; LIMA, Josilene Pereira; GOUVEIA, Deyzi Santos; PEREIRA, Júlia Soares. Diagnóstico e análise da degradação ambiental: estudo de caso do açude bodocongó. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. 1-9, 5 out. 2021. Research, Society and Development. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21067>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PESSOA, Marco Antonio Ribeiro; SOUZA, Flavio Joaquim de; DOMINGOS, Patrícia; AZEVEDO, José Paulo Soares de. Índice fuzzy de qualidade de água para ambiente lótico - IQAFAL. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 21-30, jan. 2020. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020147587>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Características físicas da água: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor**. In: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

POMPÊO, Marcelo; MOSCHINI-CARLOS, Viviane. Avaliação da degradação da qualidade da água do reservatório Carlos Botelho em Itirapina, São Paulo, Brasil, por meio de imagens do satélite Sentinel 2. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 279-290, abr. 2022. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220210002>. Acesso em: 07 jun. 2023.

QUINELATO, Raquel Viana; FARIAS, Emily da Silva; BRITO, Joscélia Monteiro Santos de; VIRGENS, Winnie Aguiar; PIRES, Luanna Chácara. Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 16, n. 7, p. 1-12, 27 ago. 2020. Associacao

Sergipana de Ciencia. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2020.071701>. Acesso em: 07 jun. 2023.

RAGASSI, Bruna; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; SILVA JUNIOR, Osmar Pereira da. Monitoramento do oxigênio dissolvido no Córrego das Marrecas – SP como principal parâmetro de qualidade da água. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 17-23, 23 dez. 2017. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.17271/198008271352017>. Acesso em: 07 jun. 2023.

RAGASSI, Bruna. **Monitoramento de fármacos em água superficial e efluente de estação de tratamento de esgoto no município de Dracena – SP**. 2018. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

RIBEIRO, Natasha Ulhiana Ferreira. **Diagnóstico da qualidade da água do Rio Paraná em Aparecida do Taboado – MS**. 2021. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

RIBEIRO, Natasha Ulhiana Ferreira; BEGA, João Miguel Mercês; CARVALHO, Sérgio Luís de. Índice de Qualidade das Águas no Rio Paraná, Aparecida do Taboado - MS, Brasil: dados preliminares. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 8, n. 64, p. 101-116, 5 dez. 2020. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.17271/2318847286420202571>. Acesso em: 07 jun. 2023.

RIBEIRO, Natasha Ulhiana Ferreira; BEGA, João Miguel Mercês; ZAMBRANO, Karen Tavares; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; CARVALHO, Sérgio Luis de. Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 445-455, jun. 2022. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220210126>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ROSSI, Marcio. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2020. Disponível em:
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/09/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

ROCHA, José Sales **Marino da**. **Manual de projetos ambientais**. Brasília: MMA, 446 p. 1997.

RODRIGUES JUNIOR, Francisco. **Diagnóstico da influência de atividades antrópicas na qualidade da água do córrego Gavanhery no município de Getulina – SP**. 2008. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

RODRIGUES, Valéria Antônia Justino. **Influência do sedimento no processo de remoção de nitrogênio por nitrificação/desnitrificação em lagoas de polimento**.

2016. 178 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

RODRIGUES, Murilo Brazzali; REIS, José Antonio Tosta dos; SÁ, Glaucia de Laia Nascimento; ALMEIDA, Karinnie Nascimento; MENDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira. Perspectivas para revisão do enquadramento da bacia hidrográfica do Rio Benevente pelo emprego de curva de permanência e modelagem da qualidade da água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 831-843, ago. 2022. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220210295>. Acesso em: 07 jun. 2023.

RUSSO, Silvio Carlos Santos; SBANO, Alessandra; AGAPITO, Dione Garcia; SILVA, Andressa Sbano da; FERREIRA, João Victor Rego; CARDOSO, Alexander Machado. Isolamento e identificação de cepas microbianas com potencial biotecnológico para o controle de qualidade da água na aquicultura / Isolation and identification of microbial strains with biotechnological potential for water quality control in aquaculture. **Brazilian Journal Of Development**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 117231-117241, 29 dez. 2021. South Florida Publishing LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n12-467>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANJAD, Pedro de Moura. Ação dos microrganismos heterotróficos nativos do Rio Paraopeba na dissolução redutiva do ferro, em sedimentos de fundo de trechos atingidos ou não pelo rejeito de mineração da barragem I da mina de Córrego do Feijão (Bromadinho, MG). **Repositório Institucional Pantheon**, 2021.

SANTOS, Ana Silvia Pereira; GONÇALVES, Ricardo Franci; MELO, Marília Carvalho de; LIMA, Maíra Araújo de Mendonça; ARAUJO, Bruna Magalhães de. Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reuso no Brasil. **Revista Sustinere**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 437-467, 15 dez. 2020. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2020.48976>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, Arthur Pereira dos; SIMIONATTO, Henzo Henrique; ARANTES, Letícia Tondato; SIMONETTI, Vanessa Cezar; OLIVEIRA, Renan Angrizani de; SALES, Jomil Costa Abreu; SILVA, Darllan Collins da Cunha e. The Influence of Land Use and Land Cover on Surface Temperature in a Water Catchment Sub-Basin. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 35, n. 1, p. 1-12, 2 ago. 2023. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v35-2023-69161>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, Danielle Maria Dias dos; SILVA, Macksuel Fernandes da; LIMA, Pedro Augusto Fonseca. Caracterização do Igarapé Chico Reis, Rorainópolis - RR e restauração de matas ciliares na Amazônia: um referencial teórico. **Research, Society And Development**, [S. l.], v. 10, n. 15, p. 1-18, 27 nov. 2021. Research, Society and Development. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22816>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, Gabriel Borges dos; VALENTINI, Marlon Heitor Kunst; SILVA, Larissa Aldrighi da; FRANZ, Henrique Sanchez; CORRÊA, Bárbara de Lima; VIANA,

Francine Vicentini; CORRÊA, Marília Guidotti; VIEIRA, Beatriz Mälller; NADALETI, Willian César; LEANDRO, Diuliana. Avaliação dos parâmetros e do índice de qualidade da água para o Arroio Moreira/Fragata, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 287-299, 27 abr. 2020. Companhia Brasileira de Produção Científica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.004.0024>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, Marina Nunes; HAMACHER, Claudia. Caracterização da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio São Pedro, sub-bacia do Rio Guandu-RJ. **V Seminário Nacional ProfÁgua: Regulação de Recursos hídricos**. 13 a 16 de junho – Brasília – DF. 2023.

SANTOS, Sizabeli Amaral dos; GASTALDINI, Maria do Carmo Calduro; PIVETTA, Glaucia Ghesti; SCHIMIDT FILHO, Osmar. Qualidade da água na Bacia Hidrográfica urbana Cancela Tamandaí – Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 23-44, 2018.

SILVA, Selma Maria de Araújo. **Análise física, química e biológica da qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Igarapé Dois de Abril, no município de Ji-Paraná-RO**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 150f. 2018.

SARDINHA, Diego de Souza; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da; SOUZA, Antonio Donizetti Gonçalves de; SILVEIRA, Alexandre; JULIO, Marcelo de; GONÇALVES, Julio César de Souza Inácio. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 329-338, set. 2008. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522008000300013>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SCHIAVINATO, Vanusa Mariano Santiago; GONZALEZ, Alfredo Zenen Dominguez. Degradação de áreas de nascentes na sub-bacia hidrográfica do Córrego das Pitas - MT: o que pensam os pequenos produtores rurais?. **Caminhos de Geografia**, [S. l.], v. 21, n. 74, p. 295-312, 2 maio 2020. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/rcg217448882>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SILVA JUNIOR, Osmar Pereira da; CARVALHO, Sergio Luís de; 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**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 16-23, 19 dez. 2017. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082713420171695>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SILVA JUNIOR, Osmar Pereira. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Córrego das Marrecas – SP**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018. 92 p.

SILVA, Neilson Rocha da; ALBUQUERQUE, Thiago de Noroës. Enquadramento de corpos de água: um instrumento da política nacional de recursos

hídricos. **Geoambiente On-Line**, [S. l.], n. 32, p. 174-186, 29 dez. 2018. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i32.54654>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SIMIONATTO, Henzo Henrique; CARVALHO, Sérgio Luís de. Análise das concentrações de nitrogênio, fósforo e sólidos totais presentes na água do Córrego do Galante - SP. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 65-73, 7 jun. 2022. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/rtgs.v1i2.3163>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SIMIONATTO, Henzo. Henrique; SANTOS, Arthur Pereira dos; CARVALHO, Sergio Luis de; AMERICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Avaliação da qualidade da água da microbacia hidrográfica do Córrego do Galante, Tupi Paulista - SP. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 19., 2022, Poços de Caldas. **Anais** [...]. 2022. v. 14. Poços de Caldas: [S. n], 2022.

SIMIONATTO, Henzo Henrique; SANTOS, Arthur Pereira; CARVALHO, Sergio Luis; FELICI, Elson Mendonça. Análise das concentrações de nitrogênio e fósforo total presentes na água da microbacia hidrográfica do Córrego Pirapozinho - SP. In: OLIVEIRA, Alisson Souza de; SANTOS, Claudimir da Silva dos; RITA, Fabricio dos Santos; LOPES, Generci Dias; RODRIGUES, Luciano dos Santos; MARQUES, Rosângela Francisca de Paula Vitor. (Org.). **Ações antrópicas sobre o meio ambiente**. Campina Grande: EPTEC - Editora Portal Tecnológico, 2022. v. 1, p. 100-109.

SIMIONATTO, Henzo Henrique; SANTOS, Arthur Pereira dos; FELICI, Elson Mendonça; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê; CARVALHO, Sérgio Luís de. Analysis of chemical variables in the water of the Córrego do Galante Watershed – SP. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 62-69, 10 jun. 2023. ANAP - Associação Amigos de Natureza de Alta Paulista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082719320233762>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SIMÕES, Marcelo Coelho; MORALES, Gundisalvo Piratoba; SARMENTO, Priscila Sanjuan de Medeiros; FERREIRA, Ilma Pastana; DOMINGUES, Robson José; BICHARA, Cléa Nazaré Carneiro. Avaliação da qualidade da água de poços domésticos em comunidades rurais no Arquipélago de Marajó- PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 13, n. 5, p. 2462-2475, 29 jul. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2462-2475>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SOUZA, Alexandre Teixeira de; CARNEIRO, Lucas Augusto T. X.; SILVA JUNIOR, Osmar Pereira da; CARVALHO, Sérgio Luís de; AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê. Assessment of water quality using principal component analysis: a case study of the marrecas stream basin in brazil. **Environmental Technology**, [S. l.], v. 42, n. 27, p. 4286-4295, 19 maio 2020. Informa UK Limited. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2020.1754922>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SOUZA, Grazielle Tigre de; ROCHA, Davit Patrick Lima da; Ribeiro Neto, Álvaro de Oliveira. Ações integradas para proteção do Igarapé Santos no município de

Tucuruí-Pará. **Expressa Extensão**. ISSN 2358-8195 , v. 28, Edição Especial, p. 30-39, FEV, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpel.edu.br/index.php/expressa/article/view/5717>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SOUZA, Marielle Medeiros; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Eng Sanit Ambient**. v.19, n.3, jul/set, 2014 – p. 263-274.

SPERLING, Marcos Von. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA/UFMG. Belo Horizonte- MG, 2007.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

TEIXEIRA, Thiara Messias de Almeida; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de; TEIXEIRA, Amom Chrystian de Oliveira. Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 1941-1956, 2021. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbqf.v14.4.p1941-1956>. Acesso em: 07 jun. 2023.

TELES, Yara Caroline de Andreza; VIEIRA, Ana Luiza Lopes; OLIVEIRA, Analice Melo de; LEANDRO, Iasmim Martins Brito; ALCANTARA, Kelly Alves; SILVA, Rakel Olinda Macedo da. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE FONTES NATURAIS DO DISTRITO DE ARAJARA. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, [S. l.], p. 1741-1744, 6 abr. 2023. Revista Interfaces: Saude, Humanas e Tecnologia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.16891/2317-434x.v11.e1.a2023.pp1741-1744>. Acesso em: 07 jun. 2023.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137, 7 jan. 2007. Revista Brasileira Multidisciplinar - Rebram. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25061/2527-2675/rebram/2007.v11i1.236>. Acesso em: 07 jun. 2023.

TRENTIN, Romario; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza; LAURENT, François. DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE RESPOSTA HIDROLÓGICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA- RS. **Caminhos de Geografia**, [S. l.], v. 22, n. 84, p. 269-284, 15 dez. 2021. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/rcg228457131>. Acesso em: 07 jun. 2023.

UACANE, Mário Silva; MIRIONE, Nito; UACHISSO, Arminda Fernando; COSSA, Elsa da Conceição. Estudo sobre a variação da fauna aquática ao longo do canal fluvial Nhaconjo na cidade da Beira (Moçambique). **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, jul-dez, p. 80-96, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/9092>. Acesso em: 07 jun. 2023.

UDDIN, Md. Galal; NASH, Stephen; OLBERT, Agnieszka I.. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 122, p. 107218, mar. 2021. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>. Acesso em: 07 jun. 2023.

UNITED NATIONS POPULATION FUND - UNFPA. **À medida que a população mundial atinge 8 bilhões de pessoas, ONU pede solidariedade no avanço do desenvolvimento sustentável para todos**. Brasília, DF: UNFPA, 2022. Disponível em: <https://brazil.unfpa.org/pt-br/news/a-medida-que-populacao-mundial-atinge-8-bilhoes-de-pessoas-onu-pede-solidariedade-no-avan%C3%A7o-do#:~:text=NOVA%20YORK%2C%20Estados%20Unidos%20%E2%80%93%20De,aumentaram%20a%20expectativa%20de%20vida>. Acesso em: 23 mai. 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **National Primary Drinking Water Regulations**. New York: USEPA, 2009.

VALENTINI, Marlon Heitor Kunst; SANTOS, Gabriel Borges dos; FRANZ, Henrique Sanchez; SILVA, Larissa Aldrighi da; MACHADO, Larissa Longaray; VIEIRA, Denise dos Santos; VIEIRA, Beatriz Mãe Ller; ROMANI, Rubia Flores; LEANDRO, Diuliana; NADALETI, Willian César. Análise da qualidade da água da Lagoa Mirim através do IQA e de métodos estatísticos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 375-384, 15 set. 2020. Companhia Brasileira de Produção Científica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.001.0031>. Acesso em: 07 jun. 2023.

VIANA, Cipriane Maciel; VALENTINI, Marlon Heitor Kunst; SANTOS, Gabriel Borges dos; GUTERRES, Diovana da Silva; VIEIRA, Bruno Müller. Avaliação da qualidade da água através da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos e do índice de violação: estudo de caso do Rio Arroio Grande e da praia do Pontal - RS. **Revista Ambientale**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 30-39, 15 abr. 2023. Universidade Estadual de Alagoas. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.48180/ambientale.v15i1.431>. Acesso em: 07 jun. 2023.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias Lagoas de Estabilização**. v. 3. Minas Gerais: ABES, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v. 1. 3 ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 2005, 452 p.

ZOPPAS, Fernanda Miranda; BERNARDES, Andrea Moura; MENEGUZZI, Álvaro. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 29-42, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41520201600100134682>. Acesso em: 07 jun. 2023.