

UNIVERSIDADE CESUMAR
PROGRAMA DE MESTRADO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

DEYSE CONSTANTINO PAVAN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO
RIBEIRÃO FLORIANO, MARINGÁ-PR, BRASIL**

MARINGÁ
2022

DEYSE CONSTANTINO PAVAN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO
RIBEIRÃO FLORIANO, MARINGÁ-PR, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas.

Linha de pesquisa: Agroindústria e Agropecuária Sustentável

Orientador: José Eduardo Gonçalves
Coorientador: Luiz Felipe Machado Velho

MARINGÁ
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P337m Pavan, Deyse Constantino.

Monitoramento da qualidade de água do ribeirão Floriano, Maringá-PR,
Brasil / Deyse Constantino Pavan. – Maringá-PR: UNICESUMAR, 2022.

81 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Gonçalves.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Cesumar - UNICESUMAR,
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, Maringá, 2022.

1. Avaliação do índice aquático. 2. Análise do meio aquoso. 3. Poluição

Roseni Soares – Bibliotecária – CRB 9/1796
Biblioteca Central UniCesumar

Ficha catalográfica elaborada de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

TERMO DE APROVAÇÃO

DEYSE CONSTANTINO PAVAN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIBEIRÃO FLORIANO,
MARINGÁ-PR, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas pela Comissão julgadora composta pelos membros:

Prof. Dr. José Eduardo Gonçalves
Orientador / UNICESUMAR

Profa. Dra. Maria De Los Angeles Perez Lizama
Membro interno /UNICESUMAR

Profa. Dra. Maíra Rodrigues Uliana
Membro externo / UNOESTE

Maringá, 22 de fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Gratidão, primeiramente, a Deus, meu escudo de fé, que me deu esta oportunidade de realizar mais um sonho, estendendo Sua mão e me sustentando durante todo o processo.

À minha família, que sonhou comigo e que fez quase o impossível para mais esta conquista. Esta realização não é só minha, mas nossa!

Ao meu irmão e meu namorado, que não mediram esforços para me acompanhar durante as coletas, além de me darem força e coragem para finalizar esta pesquisa.

Aos meus amigos de laboratório, José, Laura e Gabriela, que fizeram mais que eu pudesse imaginar, me ajudaram em tudo e não me deixaram na mão em nenhum momento.

Ao meu gerente e subgerente, que contribuíram muito sendo flexíveis e permitindo que eu conciliasse trabalho e mestrado.

A todos os amigos que me apoiaram, me incentivaram e não me deixaram desistir.

E, por fim, ao meu professor orientador José Eduardo, excelente professor, muito profissional, que me cobrou, me ajudou, me orientou, se preocupou e sempre esteve disponível nas horas em que eu precisei.

A todos, minha eterna gratidão!

RESUMO

A qualidade da água é o fator básico para seus múltiplos usos, e o estudo da bacia hidrológica como unidade de avaliação pode inferir as características do manancial e do meio envolvente. Desse modo, o presente trabalho objetivou em avaliar a qualidade da água do ribeirão Floriano, localizado no município de Maringá-PR, por meio de indicadores que apresentam a qualidade da água. Para tanto, amostras de água foram coletadas e submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas para determinação de indicadores de qualidade. A coleta aconteceu no verão, no inverno e na primavera de 2021. Os pontos de coleta se caracterizam por possuir predominância de agricultura com poucas residências. No ponto 1 se localiza a nascente do ribeirão, entre os pontos 2 e 3 apresentam indústrias de lavagem têxtil, onde fazem, hipoteticamente, o descarte de seus efluentes neste local de estudo. O último ponto, o ponto 4, é caracterizado como a foz do ribeirão, pois está localizado próximo à junção com o ribeirão Pinguim. Após as coletas em cada ponto, foram realizadas as análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice do Estado Trófico (IET). Os dados das avaliações físicas foram realizados *in loco* por meio da sonda multiparâmetros. As análises de DBO5, DQO e Contagem de *Escherichia coli* no laboratório particular da LABSAM – Laboratório de Serviços Ambientais Lab. Tec. Ltda. Por fim, no LIABQ – Laboratório Interdisciplinar de Análises Biológicas e Químicas da Unicesumar, foram realizadas as análises de pesticidas, metais, nitrogênio, fósforo, surfactantes, clorofila e fenóis. Os resultados e discussões dos valores obtidos de cada amostragem, foram interpretados diretamente com a literatura científica e as condições apresentadas no objeto de estudo. Estes resultados apontaram a classificação de índices que dimensionam a qualidade da água do ribeirão Floriano. Dessa forma, os resultados do IQA demonstraram a existência de preservação da nascente e do curso d'água do local de experimento, mas os resultados a partir dos demais parâmetros indicaram a introdução de poluição por ações antrópicas, as quais afetam diretamente a qualidade da água do ribeirão.

Palavras-chave: Avaliação do Índice Aquático. Análise do Meio Aquoso. Poluição da Água.

ABSTRACT

Water quality is the basic factor for its multiple uses, and the study of the hydrological basin as an evaluation unit can infer the characteristics of the source and the surrounding environment. Thus, this study aimed to evaluate the water quality of the Floriano stream, located in the city of Maringá-PR, through indicators that show water quality. For this, water samples were collected and submitted to physical, chemical and microbiological analysis to determine the quality indicators. The collection took place in the summer, winter and spring of 2021. The collection points are characterized by having predominantly agricultural land with few residences. At point 1 is located the source of the stream, between points 2 and 3 are textile washing industries, where they make, hypothetically, the disposal of their effluents in this study site. The last point, point 4, is characterized as the mouth of the stream, because it is located near the junction with the Pinguim stream. After collection at each point, physical, chemical and biological parameters were analyzed to determine the Water Quality Index (IQA), Trophic State Index (IET). Data from physical assessments were performed in loco using a multiparameter probe. The analysis of BOD5, COD and Escherichia Coli Count in the private laboratory of LABSAM – Laboratory of Environmental Services Lab. Tech Ltd. Finally, at LIAQB – Unicesumar's Interdisciplinary Laboratory of Biological and Chemical Analysis, analyzes were performed for pesticides, heavy metals, nitrogen, phosphorus, surfactants, chlorophyll and phenols. The results and discussions of the values obtained from each sample were directly interpreted with the scientific literature and the conditions presented in the object of study. These results pointed to the classification of indexes that measure the water quality of the Floriano stream. This way, the results of the IQA demonstrated the existence of preservation of the spring and the watercourse of the experiment site, but the results from the other parameters indicated the introduction of pollution by anthropic actions, which directly affect the water quality of the stream.

Keywords: Water Index Assessment. Aqueous Environment Analysis. Water pollution.

LISTA DE ABREVIATURAS

AM	- Amazonia
ANA	- Agência Nacional das Águas
APHA	- American Public Health Association
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CL	- Clorofila
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
IAP	- Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público
IB	- Índice de Balneabilidade
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	- Índice de Estado Trófico
IPMCA	- Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática
IQA	- Índice de Qualidade da Água
ISTO	- Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas
IVA	- Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática
LABSAM	- Laboratório de Serviços Ambientais Lab. Tec. Ltda
LIABQ	- Laboratório Interdisciplinar de Análises Biológicas e Químicas da Unicesumar
LMP	- Limite Máximo Permissível
MBAS	- Methylene Blue Active Substances
MT	- Mato Grosso
NTU	- Turbidez
OD	- Oxigênio Dissolvido
ONU	- Organização das Nações Unidas
PB	- Pernambuco
POR	- Potencial de Óxido-Redução
PR	- Paraná
PT	- Fósforo
RN	- Rio Grande do Norte
RS	- Rio Grande do Sul
SEMA	- Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SM	- Standard Methods
SP	- São Paulo
ST	- Substâncias Tóxicas
STD	- Sólidos Totais
TSI	- Carlson Trophic State Index
UFC	- Unidade Formadora de Colônias
UNESP	- Universidade Estadual de São Paulo
UNICESUMAR	- Centro Universitário de Maringá
USP	- Universidade de São Paulo
VE	- Variáveis Essenciais
VMP	- Valores Máximos Permitidos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos de coleta localizados no ribeirão Floriano no município de Maringá – PR	28
Figura 2 - Concentração de fósforo nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera	34
Figura 3 - Concentração de nitrogênio nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera	35
Figura 4 - Concentração de clorofila-a nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera	36
Figura 5: Concentração de surfactantes nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera	42
Figura 6 - Pontos de coleta localizados no ribeirão Floriano no município de Maringá – PR	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores de Qualidade da Água de acordo com a CETESB	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros do índice de qualidade da água-IQA	12
Tabela 2 – Classificação do IQA	13
Tabela 3 – Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado	14
Tabela 4 - Graus de Ponderação do IVA	16
Tabela 5 - Variáveis componentes do IPMCA	18
Tabela 7 - Graus de Ponderação do IPMCA	18
Tabela 1- Descritivo e coordenadas geográficas dos pontos de coleta no ribeirão Floriano/PR	29
Tabela 2 - Valores físicos químicos e microbiológicos encontrados nas amostras de água	33
Tabela 3 - Teores de metais encontrados nas amostras de água e limites máximos permitidos	39
Tabela 4 - Limite de quantificação pelo método cromatográfico e valores máximos permitidos (VMP), estabelecido pela resolução do CONAMA no 357 (BRASIL ^b , 2005)	42
Tabela 5 - Concentração de substâncias fenólicas adquiridas nos pontos de coleta	45
Tabela 1 - Descritivo e coordenadas geográficas dos pontos de coleta no ribeirão Floriano/PR	55
Tabela 2: Resultados das análises físicas e químicas das amostras coletadas no ribeirão Floriano	57
Tabela 3 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 14 de março de 2021 no ribeirão Floriano	58
Tabela 4 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 15 de agosto de 2021 no ribeirão Floriano	59
Tabela 5 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 02 de novembro de 2021 no ribeirão Floriano	59
Tabela 6 – Resultados de IPMCA da primeira coleta de amostras	60
Tabela 7 – Resultados de IPMCA da segunda coleta de amostras	61
Tabela 8 – Resultados de IPMCA da última coleta de amostras	62
Tabela 9 – Resultado do IVA das amostras coletadas	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3	REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1	PARÂMETROS FÍSICOS	19
3.2	PARÂMETROS QUÍMICOS	20
3.3	PARÂMETROS BIOLÓGICOS	22
4	ARTIGO 1	25
5	NORMAS DO ARTIGO 1.....	49
6	ARTIGO 2	51
7	NORMAS DO ARTIGO 2	68
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
9	REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional e, conseqüentemente, à poluição ambiental, a água, fonte de vida e um recurso limitado, vem se degradando (MENDES *et al.*, 2018). As fontes da poluição da água se deve, entre diversos fatores a: desmatamento, falta de conservação do solo, assoreamento, plantações, construções de estradas, expansão urbana, com o uso e ocupação irregular do solo, falta de planejamento ambiental adequado, descarga de esgoto doméstico, por fontes de resíduos sólidos industriais, hospitalares, domiciliares e agrícolas, bem como a introdução de emissões de resíduos químicos agrícolas e suas embalagens (CARVALHO *et al.*, 2015).

A quantidade e a qualidade da água são críticas e, por isso, ferramentas e parâmetros que monitoram os corpos d'água são essenciais. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA, 2005) aponta os padrões de qualidade da água, bem como o monitoramento de diversos parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos). Assim, ao longo do tempo, é possível avaliar suas condições de uso e ocupação do solo relacionadas às bacias hidrográficas (ANDRIETTI *et al.*, 2016).

Diversas ferramentas podem ser empregadas para comprovar o impacto do uso abusivo e do comportamento humano em diferentes ecossistemas aquáticos, estas ferramentas destacam a importância do monitoramento da qualidade da água e da determinação dos pontos mais vulneráveis às atividades antrópicas considerando o manejo, o uso, a conservação e a preservação dos corpos d'água (SANTI *et al.*, 2012).

Assegurar a qualidade da água tem um papel de peso no âmbito social, uma vez que água limpa e saneamento básico fazem parte dos 17 objetivos globais das Nações Unidas, que visam orientar e melhorar a qualidade de vida das gerações futuras, até 2030, de forma sustentável (ONU, 2018).

A Bacia Hidrológica do Rio Ivaí possui uma área total de 36.540,00km², correspondendo a aproximadamente 19% da área do estado, e uma população de 1.229.767 pessoas, representando aproximadamente 12% do total do estado. No estado do Paraná, a bacia do rio Ivaí é a segunda maior em área e a segunda em extensão, com o total de 680km (SEMA, 2010).

Atualmente, Maringá é o terceiro maior município do estado do Paraná, com uma população estimada de 417.010 habitantes e um território total de 487.013km², onde apresenta 83% do volume de tratamento de esgoto da cidade, ocupando a 21ª posição no estado (IBGE,

2010). O ribeirão Floriano, em Maringá, é um dos subafluentes do ribeirão Pinguim, que tem sua foz no Rio Ivaí, um dos principais mananciais do Paraná.

Com o desenvolvimento urbano e social do município estudado, os moradores que residem nas proximidades de riachos e vales passaram a sofrer as consequências do lançamento contínuo de esgoto, tendo que suspender a utilização deste recurso sem um tratamento adequado antes de utilizá-lo para o abastecimento doméstico bem como animal e irrigação de hortaliças, comprometendo desta forma com a qualidade de vida dos mesmos. As consequências da expansão urbana, sem a devida atenção às questões ambientais, impulsiona diretamente na deterioração dos recursos hídricos e a redução da cobertura de água potável para a população, ou seja, resultando a escassez qualitativa (PRAT; MUNNÉ, 2000).

Dessa forma, o presente estudo busca investigar e avaliar o índice da qualidade da água do ribeirão Floriano em Maringá-PR, por meio de análise físico-química, desde sua nascente até sua foz no ribeirão Pinguim.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do ribeirão Floriano em Maringá-PR, desde sua nascente até sua foz no Córrego Pinguim.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os possíveis e principais poluentes do ribeirão;
- Identificar e quantificar os insumos presentes na água, utilizando metodologias analíticas;
- Identificar e quantificar os metais presentes na água;
- Avaliar os recursos hídricos da bacia do ribeirão Floriano por meio da utilização do Índice de qualidade das águas (IQA);
- Avaliar os recursos hídricos da bacia do ribeirão Floriano por meio da utilização do Índice de Estado Trófico (IET);
- Comparar os resultados obtidos com os limites da Resolução do CONAMA 357/05 para cursos hídricos de classe 2.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Durante séculos, a água foi considerada um bem de domínio público e de quantidade infinita. Porém, esse pensamento vem se modificando com o passar dos anos. Atualmente, a preocupação mundial está direcionada para a qualidade da água voltada ao consumo humano, uma vez que o desenvolvimento das cidades e o aumento populacional acabaram influenciando diretamente no aumento da poluição e degradação dos recursos naturais (GLORIA, 2017).

Com a legislação vigente, e/ou por influência da população, a tendência global de proteção dos recursos naturais tem se tornado cada vez mais evidente. McKinley *et al.* (2017) enfatizam que a escala e a complexidade das questões ambientais são muito grandes, o que representa um grande desafio para a proteção ambiental e gestão de recursos naturais. Portanto, é inevitável realizar procedimentos de recuperação ou renovação de recursos naturais.

As questões relacionadas à qualidade da água vêm mobilizando diversas áreas do conhecimento científico e ambiental, gerando pesquisas e estudos relacionados a potenciais fontes de contaminação originadas por ações antropogênicas em torno dos corpos hídricos (TABORDA, 2017).

Oliveira *et al.* (2018) acrescentam que a qualidade da água desempenha um papel importante na vida humana e nas características do ecossistema. Através da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, podem ser medidas tanto a qualidade ambiental da bacia hidrográfica quanto a qualidade ambiental da área.

Para Andrade *et al.* (2018), o uso descontrolado de corpos d'água leva ao processo de poluição destes, sendo necessário desenvolver planos de monitoramento e controle da qualidade da água para garantir que esse recurso seja usado para os fins atuais e no futuro.

Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água proporciona um amplo campo de participação e divulgação de conhecimentos na sociedade, fornecendo ferramentas para a compreensão do meio ambiente, tomadas de decisões, sobretudo, do gerenciamento do uso e ocupação do solo, da água superficial e do ambiente como um todo (SANTOS *et al.*, 2014).

Atualmente, de acordo com Passos *et al.* (2018), existem vários padrões para caracterizar a qualidade da água. No Brasil, de acordo com a classificação dos cursos hídricos, os padrões de qualidade são estabelecidos por meio da definição de parâmetros numéricos ou qualitativos que definem indicadores de qualidade para retenção de água.

À medida que a sociedade demonstra cada vez mais atenção às questões ambientais, são formulados indicadores que se tornam base para o processo de tomada de decisão de políticas

públicas e monitoramento de seus efeitos (CETESB, 2015).

Nesse contexto, o IQA (Índice de Qualidade da Água) foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta para uso no abastecimento público. Os parâmetros descritos na Tabela 1 são utilizados para o cálculo do IQA são principalmente indicadores de poluição causada pelo lançamento de esgoto doméstico (CETESB, 2015).

O Índice de Qualidade da Água é uma ferramenta de planejamento que ajuda a tomar decisões sobre a gestão da água. Portanto, para manter a qualidade da água, especialmente a qualidade do abastecimento de água urbano, e proteger efetivamente esse recurso, é importante entender em que se baseiam os indicadores que determinam a qualidade da água (MISAGHI *et al.*, 2017; PASSOS *et al.*, 2018).

Tabela 1 – Parâmetros do índice de qualidade da água-IQA.

PARÂMETROS	PESOS (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
Potencial hidrogeniônico-pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (BRASIL, 2016).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice.

A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que: em que:

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do IQA.

CLASSIFICAÇÃO DO IQA	
Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: CETESB (2017a - Apêndice D).

O IET (Índice do Estado Trófico) tem por objetivo classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas, diminuição na concentração do oxigênio dissolvido e aumento das populações de cianobactérias. Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo.

A avaliação correspondente à clorofila-a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo. Deve-se levar em conta que, num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização se encontra plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila-a certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos, em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila-a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível de menor trofia aquele determinado pelo índice do fósforo. Além disso, caso sejam aplicados algicidas, a consequente diminuição das concentrações de clorofila-a resultará em uma redução na classificação obtida a partir do seu índice.

O Índice do Estado Trófico apresentado compõe-se pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

- Rios

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila-a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

O resultado dos valores mensais apresentados nas tabelas do IET será a média aritmética simples, com arredondamento da primeira casa decimal, dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a, segundo a equação:

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2$$

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Classificação do Estado Trófico para rios segundo Índice de Carlson Modificado.

Classificação do Estado Trófico - Rios			
Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	P-total - P (mg.m-3)	Clorofila (mg.m-3)a
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$P \leq 13$	$\text{CL} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 7,46$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$640 < P$	$7,46 < \text{CL}$

Fonte: CETESB (2017a – Apêndice D)

A seguir, o quadro 1 apresenta o índice de qualidade da água anteriormente citado, bem como a definição correspondente de acordo com a CETESB.

Quadro 1 - Indicadores de Qualidade da Água de acordo com a CETESB.

ÍNDICES	DEFINIÇÕES	FONTE
IQA – Índice de Qualidade das Águas	O IQA é um índice que foi adaptado pela CETESB a partir de um estudo realizado na década de 70 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos. Este índice utiliza-se de nove parâmetros para classificar a qualidade das águas, principalmente com finalidade de abastecimento público.	CETESB (2017)
IAP – Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público	O IAP origina-se a partir dos resultados de 2 outros índices, o IQA e o ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é formado pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água. Este índice é normalmente empregado em análises de rios ou reservatórios destinados ao abastecimento público.	CETESB (2017)
IET – Índice do Estado Trófico	O IET é um índice que determina nos cursos d’água a quantidade excessiva de algas e cianobactérias, classificando-os em diferentes graus de trofia.	CETESB (2017)
IB – Índice de Balneabilidade	O IB, aplicado em rios e reservatórios com praias de águas interiores, avalia a qualidade das águas para fins de recreação de contato primário.	CETESB (2017)
IVA – Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas	O IVA avalia a qualidade das águas com a finalidade de proteger a Fauna e a Flora de forma geral. Este índice leva em consideração dois outros índices, o IPMCA – Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática e o IET – Índice do Estado Trófico. Sendo assim, o IVA fornece informações sobre o grau de trofia dos corpos d’água analisados, bem com fatores eco toxicológicos.	(ZAGATTO <i>et al.</i> , 1999 <i>apud</i> CETESB, 2017 p.12)

Fonte: CETESB (2017)

Nota: Dados adaptados pela autora (2021).

Para determinar o Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática, analisa-se um conjunto de parâmetros sendo eles físicos, químicos e biológicos.

Ao contrário dos índices que avaliam a qualidade da água para consumo humano e a contato primária, o IVA (Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática) foi elaborado para avaliar a água para fins de proteção da flora e fauna aquática.

O índice leva em consideração a presença e concentração de poluentes químicos tóxicos, além de duas variáveis consideradas críticas para a biota (pH e oxigênio dissolvido), que são classificadas no Índice de Variáveis Mínimas para Proteção da Vida Aquática (IPMCA) no Índice do Estado Trófico (IET) de Carlson Trophic State Index (TSI) modificado por Lamparelli (2004).

Assim, o IVA por meio dos graus de ponderação (Tabela 4), fornece dados sobre seu nível de trofia, além de informações ecotoxicológicas sobre a qualidade da água (ZAGATTO *et al.*, 1999 *apud* CETESB, 2017a – Anexo D).

Tabela 4 - Graus de Ponderação do IVA.

Categoria	Ponderação
Ótima	$IVA \leq 2,5$
Boa	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
Péssima	$6,8 \leq IVA$

Fonte: Adaptado CETESB (2017a).

De acordo com a CETESB (2017), o IVA é calculado da seguinte forma (eq. 01):

$$IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET \text{ eq. 01}$$

onde:

IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática.

IET - Índice de Estado Trófico

A partir da determinação do valor de ponderação do IVA é possível classificar o corpo d'água em relação à qualidade para a proteção da vida aquática.

O IPMCA é um índice que classifica o grau de contaminação por substâncias que possam intervir nas comunidades aquáticas, sendo este dividido em dois grupos: 1) *Grupo de variáveis essenciais*, composto pelos parâmetros de oxigênio dissolvido, pH e toxicidade; e 2) *Grupo de substâncias tóxicas*: cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, fenóis, surfactantes e zinco.

De acordo com a CETESB (2017a - Apêndice D), o IPMCA é composto por dois grupos de variáveis, o grupo de variáveis essenciais (1) e o grupo de substâncias tóxicas (2):

1) O grupo de variáveis essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade). Para cada variável incluída no IPMCA, são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3 e que correspondem a padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, e padrões preconizados pelas legislações americana (USEPA, 1991) e francesa (Code Permanent: Environnement et Nuisances, 1986), que estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, com o propósito de evitar efeitos de toxicidade crônica e aguda à biota aquática.

2) Grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo foram incluídas as variáveis que são atualmente avaliadas pela Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo e que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas. Esses níveis refletem as seguintes condições de qualidade de água. Nível A: Águas com características desejáveis para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos. Atende aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/2005 para águas classes I e II - (ponderação 1). As exceções são o Oxigênio Dissolvido (OD) para classe I cujo valor é $= 6,0 \text{ mg/L O}_2$ e os Fenóis Totais. Nível B: Águas com características desejáveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos, porém a

reprodução pode ser afetada a longo prazo (ponderação 2). Nível C: Águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos aquáticos (ponderação 3) (CETESB, 2017b - Apêndice D).

Com a finalidade de melhor entendimento, segue a Tabela 5 que define os grupos (Variáveis Essenciais e Substâncias Tóxicas), os tipos de variáveis, os níveis, a faixa de variação de concentração (valor obtido após análise laboratorial) e o grau de ponderação, para que assim, seja possível a classificação do IPMCA.

Dadas as ponderações para as variáveis determinadas em uma amostra de água, o IPMCA é calculado através da seguinte equação 02:

$$\text{IPMCA} = \text{VE} \times \text{ST} \text{ eq. 02}$$

onde:

VE: Valor da maior ponderação do grupo de variáveis essenciais;

ST: Valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá ser o seguinte: valores menores que 0,5 serão arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 para cima.

O valor do IPMCA pode variar de 1 a 9, sendo subdividido em quatro faixas de qualidade, classificando as águas para proteção da vida aquática, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Variáveis componentes do IPMCA.

GRUPOS	VARIÁVEIS	NÍVEIS	FAIXA DE VARIAÇÃO	PONDERAÇÃO
VARIÁVEIS ESSENCIAIS (VE)	OD (mg/L)	A	≥ 5	1
		B	3 a 5	2
		C	< 3	3
	Ph	A	6 a 9	1
		B	5 a < 6 e > 9 a 9,5	2
		C	< 5 e $> 9,5$	3
	Toxicidade	A	Não tóxico	1
		B	Efeito crônico	2
		C	Efeito agudo	3
SUBSTÂNCIAS TÓXICAS (ST)	Cádmio (mg/L)	A	$\geq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a 0,005	2
		C	$> 0,005$	3
	Cromo (mg/L)	A	$\leq 0,05$	1
		B	$> 0,05$ a 1	2
		C	> 1	3
	Cobre (mg/L)	A	$\leq 0,02$	1
		B	$> 0,02$ a 0,05	2
		C	$> 0,05$	3
	Chumbo (mg/L)	A	$\leq 0,03$	1
		B	$> 0,03$ a 0,08	2
		C	$> 0,08$	3
	Mercúrio (mg/L)	A	$\leq 0,0002$	1
		B	$> 0,0002$ a 0,001	2
		C	$> 0,001$	3
	Níquel (mg/L)	A	$\leq 0,025$	1
		B	$> 0,025$ a 0,160	2
		C	$> 0,160$	3
	Fenóis (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a 0,050	2
		C	$> 0,050$	3
	Surfactantes (mg/L)	A	$\leq 0,5$	1
		B	$> 0,5$ a 1	2
		C	> 1	3
	Zinco (mg/L)	A	$\leq 0,18$	1
		B	$> 0,18$ a 1	2
		C	> 1	3

Fonte: Adaptado de CETESB (2017a).

Tabela 6 - Graus de Ponderação do IPMCA.

Categoria	Ponderação
Boa	1
Regular	2
Ruim	3 e 4
Péssima	≥ 6

Fonte: Adaptado de CETESB (2017a).

3.1 PARÂMETROS FÍSICOS

Os principais parâmetros físicos relacionados à qualidade da água são: sólidos dissolvidos, temperatura, turbidez e condutividade.

Temperatura (°C)

A temperatura pode ser definida como uma medida de resistência térmica, que pode ser realizada por transferência de calor (SPERLING, 2014). Devido a fatores naturais, como mudanças sazonais e diurnas, a estratificação vertical dos corpos d'água, latitude e altitude, estações do ano e profundidade total tendem interferir no seu valor. Ainda, pode ter um impacto devido às atividades humanas, como despejo antrópico e usinas termelétricas (CETESB, 2014).

A temperatura também atinge diretamente espécies existentes nos corpos hídricos, pois interfere na desova e migração de peixes, e na taxa de crescimento de algumas espécies. Por isso, torna-se um parâmetro necessário a ser analisado (CETESB, 2014; SPERLING, 2014), mesmo que a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) não apresente valores limites.

Sólidos Totais (mg L⁻¹)

Quando presentes nos recursos hídricos, os sólidos dissolvidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem destruir os leitos de desova dos peixes ou podem se estabelecer no leito do rio e destruir as criaturas que fornecem alimento. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios e promover a decomposição anaeróbia (TÓTH *et al.*, 2015; CETESB, 2020).

Turbidez (UT)

A principal fonte natural de turbidez é a erosão do solo. Especialmente na estação

chuvosa, a erosão hídrica é arrastada da área adjacente ao corpo d'água, causando matéria sólida na água para reduzir a penetração da luz. As atividades de mineração e o lançamento de esgoto e efluentes industriais também são fontes importantes de aumento da turbidez da água (LEE *et al.*, 2016; ANA, 2020). Quando a turbidez é alta, a fotossíntese da vegetação submersa enraizada e das algas diminui. A redução no crescimento das plantas, por sua vez, inibirá a produtividade dos peixes, ou seja, a turbidez afetará a comunidade aquática. Além disso, afetará também as águas domésticas, industriais e recreativas (CETESB, 2020).

3.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

A seguir, são feitas considerações sobre os principais parâmetros aquáticos classificados como químicos, cujos resultados expressam características importantes sobre a qualidade da água.

Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. A acidez exagerada pode ser um indicativo de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2011).

Oxigênio dissolvido – OD (mg L^{-1})

O oxigênio dissolvido na água é essencial para a sobrevivência da maioria dos organismos aeróbicos. Por meio desse índice, a saúde dos ecossistemas aquáticos também pode ser avaliada. Uma pequena quantidade de OD indica que há um problema com a organização do sistema (FIGUR; REIS, 2017).

O teor de OD é um indicador das condições de poluição por matéria orgânica. Portanto, uma água não poluída deve estar saturada de oxigênio. Por outro lado, teores baixos de OD podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água (MOTA, 2012).

Nitrogênio Total (mg L^{-1})

O nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição em um corpo d'água de acordo com sua forma principal. Mesmo que as principais formas sejam o nitrogênio orgânico e o nitrogênio amoniacal, altas concentrações de nitrito e nitrato indicam poluição grave, o que indica que a poluição é recente (APHA, 2012; SPERLING, 2014).

No caso da amônia ou do nitrogênio amoniacal, a presença de odor limita a potabilidade, mas a maioria dos organismos aquáticos são extremamente sensíveis a este composto. O impacto ecológico da amônia nas comunidades aquáticas, peixes e populações de invertebrados bentônicos, por exemplo, pode ocorrer na toxicidade crônica, na capacidade reprodutiva (produção de ovos e sobrevivência larval), no crescimento (comprimento e peso), no comportamento, nos tecidos (peixes Alterações patológicas nas brânquias, tecidos renais e hepáticos), ocasionando alterações bioquímicas e fisiológicas (CHANG, 2015).

Fósforo total (mg L^{-1})

O fósforo existe na água através do descarte de esgoto doméstico e é composto principalmente de matéria orgânica fecal e detergentes em pó usados em grandes quantidades nas residências. Também é encontrado em grandes quantidades em algumas águas residuais industriais, como águas residuais de fertilizantes, pesticidas, indústrias químicas em geral, alimentos enlatados, matadouros, refrigeradores e laticínios. A drenagem de áreas agrícolas e urbanas pode causar fósforo excessivo em corpos d'água naturais (CETESB, 2017b-Apêndice E).

Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg L^{-1})

Representa a quantidade de oxigênio necessária para decompor e oxidar a matéria orgânica por microrganismos aeróbios. Portanto, DBO₅ é a quantidade de oxigênio consumida durante 5 dias a uma temperatura de 20 °C sem luz (ANA, 2020). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), o valor de DBO₅ excedendo o limite estabelecido para águas superficiais pode indicar o lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgoto doméstico na natureza. Com o aumento do DBO₅, a concentração de oxigênio dissolvido na água diminuirá ao mesmo tempo, o que não só levará à morte de peixes e outros organismos

aquáticos, mas, também, produzirá sabores e odores desagradáveis (TSUZUKI, 2015; ANA 2020).

3.1 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

A análise dos parâmetros microbianos inclui, principalmente, a determinação de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Dentre as bactérias do grupo termotolerante, podemos citar *Escherichia coli* e algumas bactérias do gênero *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. A *Escherichia coli* é a única encontrada no intestino humano.

Coliformes Termotolerantes

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas, mas sua presença em grande número indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, por exemplo, disenteria bacilar, febre tifoide e cólera (ANA, 2020).

A presença de microrganismos no ambiente aquático pode causar alterações químicas e ecológicas no próprio ambiente (APHA, 2012). Portanto, a identificação de microrganismos que causam danos à saúde humana é uma preocupação de saúde pública.

A determinação do potencial de doenças de veiculação hídrica pode ser realizada indiretamente por meio de organismos indicadores de poluição fecal, que pertencem principalmente aos coliformes termoestáveis (*E. coli*). Coliformes termoestáveis existem no intestino de animais de sangue quente e são um indicador de poluição de esgoto doméstico (ANA, 2020).

Nesse contexto, buscou-se descrever breves considerações sobre os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que serão analisados e estudados neste trabalho, cujos resultados serão traduzidos em termos de Índices de Qualidade da Água.

Clorofila

A determinação das concentrações de clorofila-a proporciona uma estimativa da biomassa fitoplânctônica, enquanto os feopigmentos indicam o seu grau fisiológico, uma vez

que, numa população em declínio, o teor de clorofila-a diminui e seus produtos de degradação (feofigmentos) e os carotenoides aumentam. Isso ocorre devido às clorofilas que são facilmente alteradas, por variações no pH, alta incidência luminosa ou temperatura, entre outros fatores, tendo como produto desta alteração a feofitina (GOLTERMAN *et al.*, 1978).

DBO₅ / DQO

A DQO é um indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte, utilizado para concentrações acima de 5 mg/L (águas com maior teor de matéria orgânica presente) (VALENTE; PADILHA; SILVA; 1997).

De acordo com Valente, Padilha, e Silva (1997), o esgoto é considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO é menor que cinco, fato comprovado na análise. Com os dados das duas amostras e comparando os valores dos ensaios, podemos chegar à conclusão que o lançamento de água no ribeirão Morangueiro não interfere na qualidade da água, no que diz respeito à quantidade de demanda química de oxigênio.

Fenol

Os fenóis são compostos que apresentam na sua estrutura a presença de grupo hidroxila ligado a um anel aromático, podendo apresentar ligações com grupos clorados, nitrados, metilênicos e alquílicos. Em função disso possuem variações de acidez desde inferiores até superiores as da água (KLEIBOHMER, 2001).

Os fenóis ocorrem em abundância na natureza (exemplo: Clorofenóis e cresóis em petróleo) e são empregados como aromatizantes, antissépticos, adesivos, desinfetantes, herbicidas, dentre outras aplicações. A extração e pré-processamento de petróleo geram efluentes nos quais alguns compostos fenólicos podem ser encontrados (SANTOS *et al.*, 2001).

Metais

Metais são elementos com massa específica superior a 6,0g/cm³ e número atômico maior de 20 (COSTA, 2015). Alguns são considerados essenciais, ou seja, que são necessários

no organismo, portanto devem ser adicionados na dieta. Alguns metais, no entanto, quando em altas concentrações, podem se tornar tóxicos, podendo ser prejudiciais à saúde. Arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata, por exemplo, apresentam efeitos maléficos à saúde mesmo quando presentes em baixas concentrações (SILVA, 2014).

Pesticidas

A terminologia atribuída a compostos químicos empregados no controle de pragas que atacam a produção agrícola tem gerado discussões e controvérsias. O uso da palavra *pesticida* tem sido amplamente difundido entre os povos de língua portuguesa e o vocabulário equivalente *pesticide* é usual na língua inglesa. No entanto, LARINI (1999) considera o termo inadequado, pois, literalmente, é algo que tem o poder de destruir a peste, ou seja, qualquer doença epidêmica grave, trazendo uma conotação mais de doença do que de praga. Devido a estas razões, sugere o uso do termo *praguicida*. Outros termos bastante comuns entre fabricantes ou fornecedores são defensivos agrícolas e agroquímicos, ambos com sentido bem mais amplo e menos “agressivo” à opinião pública (SINDAG, 2007).

Surfactantes

Surfactantes são os principais componentes de sabões e detergentes que entram nas redes de água e esgotos, principalmente pela descarga de efluentes provenientes de operações de limpeza e higienização. Os surfactantes são caracterizados por serem um composto anfifílico, possuindo em sua cadeia uma parte hidrofóbica e outra parte hidrofílica. A parte hidrofóbica (apolar) geralmente é um radical hidrocarbônico, que tem entre 10 a 20 átomos de carbono. A parte hidrofílica (polar) da cadeia pode ser de dois tipos: que se ioniza em água ou que não se ioniza em água. Caso seja ionizante, ainda pode ser subdividida em mais duas categorias, de acordo com a sua carga: Surfactantes aniônicos e catiônicos. Baseando-se no método de determinação do parâmetro, pode-se considerar os surfactantes como compostos que reagem ao azul de metileno. Para a quantificação de Surfactantes, foi utilizada a metodologia SM 5540 (Método MBAS - Methylene Blue Active Substances), conforme APHA (2012).

4 ARTIGO 1

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA VIDA AQUÁTICA DO RIBEIRÃO FLORIANO NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR

RESUMO

A qualidade da água é o fator básico para seus múltiplos usos, e o estudo da bacia hidrológica como unidade de avaliação pode inferir as características do manancial e do meio envolvente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do Ribeirão Floriano, localizado no município de Maringá-PR, por meio de indicadores que apresentam a qualidade da água. Para tanto, quatro pontos (P1, P2, P3 e P4) foram escolhidos ao longo do Ribeirão Floriano para a coleta de amostras de água serem submetidas a análises físicas, químicas e microbiológicas para determinação de indicadores de qualidade em três épocas do ano, verão, inverno e primavera. Para a análise de DQO todas as coletas realizadas apresentaram a mesma concentração de DQO <15 (mg/L), porém, em relação ao DBO5 no período do verão os P2, P3 e P4 mostrou-se dentro do limite esperado 2.0 mg. L^{-1} para águas superficiais de Classe 2, de acordo com a legislação. Em relação a análise da contagem de *Escherichia coli* os maiores valores encontrados para a contaminação biológica foram no P2 (2000 UFC/mL) seguido pelo ponto 3 (400 UFC/mL) no período da primavera, estes dois pontos estão localizados próximos a lavanderias industriais que podem estar associados a lançamento de efluentes advindos destas empresas. Além do mais, verificou-se concentrações elevadas para os elementos cobre (Cu) e alumínio (Al), em todos os pontos, bem como níveis elevando de Ni nos pontos P2, P3 e P4 evidenciando uma distribuição equitativa da ação antrópica em todo o curso do rio. Os resultados obtidos enfatizam a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental na região, para que não haja contaminação do solo, alimentos e as águas (superficiais e subterrâneas).

Palavras- chave: Metais, Pesticidas, análises físico-químicas.

ABSTRACT

With the urban and social development of the municipality, residents who live in the vicinity of streams and valleys begin to suffer the consequences of the continuous release of sewage, which impairs the quality of life of the residents. The consequences of urban sprawl without due attention to environmental issues are the deterioration of water resources and the reduction of drinking water coverage for the population, that is, qualitative scarcity. The objective of this work was to evaluate the water quality of ribeirão Floriano, located in the city of Maringá-PR, through indicators that present the water quality. For that, four points (P1, P2, P3 and P4) were chosen along the ribeirão Floriano for the collection of water samples to be submitted to physical, chemical and microbiological analyzes to determine quality indicators at three times of the year, summer, winter and spring. For COD analysis, all collections performed showed the same COD concentration <15 (mg. L^{-1}), however, in relation to BOD5 in the summer period, P2, P3 and P4 were within the expected limit of 2.0 mg. L^{-1} for Class 2 surface water, in accordance with legislation. Regarding the analysis of the *Escherichia coli* count, the highest values found for the biological contamination of the Stream were at P2 (2000 CFU/mL)

followed by point 3 (400 CFU/mL) in the spring period, these two points are located close to industrial laundries that may be associated with the release of effluents from these companies. Furthermore, there were high concentrations of copper (Cu) and aluminum (Al) elements at all points, as well as high levels of Ni at points P2, P3 and P4, showing an equitable distribution of anthropic action throughout the entire region river course. The results obtained emphasize the need to implement environmental monitoring programs in the region, as they contaminate soil, food and water (surface and underground).

Keywords: Metals. Pesticides, physicochemical analyses. Chlorophyll.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional e, consequentemente, ao aumento da poluição ambiental e degradação dos recursos naturais, a água está se tornando um recurso limitado (MENDES; CHAVES; CHAVES, 2018). A poluição aquática é causada por vários motivos, incluindo: desmatamento, falta de conservação do solo, assoreamento, plantações, construções de estradas, expansão urbana, uso e ocupação irregular do solo, falta de planejamento ambiental, descarga de esgoto doméstico, fontes de resíduos sólidos industriais, hospitalares, domiciliares e agrícolas, bem como a introdução de emissões de resíduos químicos agrícolas e suas embalagens (CARVALHO; LIMA; PASSING, 2015).

O estudo da qualidade e dos poluentes das águas superficiais e subterrâneas é uma importante ferramenta de monitoramento ambiental para atender ao potável e condições sanitárias (BASSO; CARVALHO, 2017). Água limpa e saneamento fazem parte dos 17 objetivos globais das Nações Unidas, que visam orientar e melhorar a qualidade de vida das gerações futuras até 2030 de forma sustentável (ONU, 2018).

Com o desenvolvimento urbano e social do município de Maringá, onde o local de estudo está situado, os moradores das proximidades de riachos e vales passaram a sofrer as consequências do lançamento contínuo de esgoto, o que prejudica a qualidade da água e, consequentemente, a vida dos moradores, além disto, ocorre a deterioração dos recursos hídricos e a redução da cobertura de água potável para a população, ou seja, a escassez qualitativa (PRAT; MUNNÉ, 2000).

O monitoramento de diversos parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos) da qualidade da água, ao longo do tempo, pode avaliar suas condições de uso e ocupação do solo relacionadas às bacias hidrográficas (ANDRIETTI; FREIRE; AMARAL, 2016). Essas variáveis são comparadas a parâmetros estabelecidos pela legislação, as quais possibilitam o enquadramento dos corpos hídricos (CONAMA, 2005).

Assim, avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, por meio dos parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fosfato total, nitrogênio total, coliformes fecais, turbidez, sólidos totais e temperatura da água (CETESB, 2018). Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o índice da qualidade da água do ribeirão Floriano, localizado na cidade de Maringá-PR, com a análise físico-química do ponto de divisão desde sua nascente até sua foz no ribeirão Pinguim.

O monitoramento de diversos parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos) da qualidade da água, ao longo do tempo, pode avaliar suas condições de uso e ocupação do solo relacionadas às bacias hidrográficas (ANDRIETTI; FREIRE; AMARAL, 2016). Essas variáveis são comparadas a parâmetros estabelecidos pela legislação, as quais possibilitam o enquadramento dos corpos hídricos (CONAMA, 2005).

Assim, avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, por meio dos parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fosfato total, nitrogênio total, coliformes fecais, turbidez, sólidos totais e temperatura da água (CETESB, 2018). O presente estudo tem como objetivo avaliar o índice da qualidade da água do Ribeirão Floriano, localizado na cidade de Maringá-PR, com a análise físico-química do ponto de divisão desde sua nascente até sua foz no Ribeirão Pinguim.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

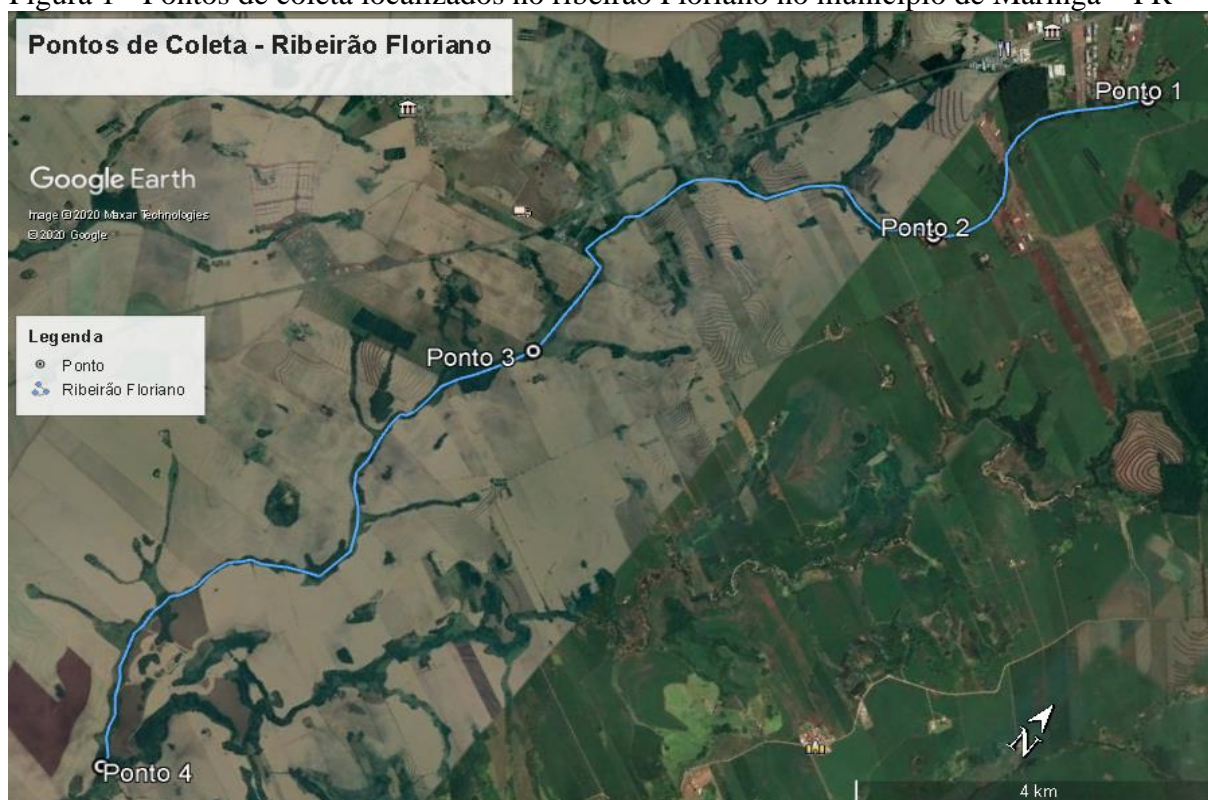
A Bacia Hidrológica do Ivaí, um dos principais mananciais do Paraná, possui uma área total de 36.540,00 km², correspondendo a aproximadamente 19% da área do estado, e o Ribeirão Floriano, em Maringá, é um dos subafluentes do Ribeirão Pinguim, que tem sua foz no Rio Ivaí. O estudo e avaliação das condições ambientais deste manancial fornecem informações fidedignas para que o poder público e privado atue diretamente na sua preservação (SEMA, 2010).

Atualmente, Maringá-PR é o terceiro maior município do Estado do Paraná, com uma população estimada de 417.010 habitantes e um território total de 733.014 km², onde apresenta 83% do volume de tratamento de esgoto da cidade, ocupando a 21ª posição no estado (IBGE,

2018). O Ribeirão Floriano, localizado no município, é um dos subafluentes do Ribeirão Pinguim, que tem sua foz no Rio Ivaí, um dos principais mananciais do Paraná.

Foram utilizados 4 pontos de coleta ao longo do trecho do ribeirão estudado, cuja extensão possui aproximadamente 18.3 km; sua nascente encontra-se próximo à Zona Industrial de Maringá e grande parte de seu percurso está localizado na zona rural, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Pontos de coleta localizados no ribeirão Floriano no município de Maringá – PR



Fonte: Google Earth (2021).

Nota: Adaptado pela autora.

A avaliação da qualidade da água do ribeirão Floriano foi realizada no ano 2021, em quatro pontos de coleta, conforme Tabela 1 desde a nascente até a foz, que passa por pontos localizados em áreas urbanas e rurais.

Tabela 1- Descritivo e coordenadas geográficas dos pontos de coleta no ribeirão Floriano/PR

Pontos de coleta	Distância entre os pontos (m)	Característica dos pontos de coleta	Coordenadas geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude (m)
Ponto 1	0	Industrial	23°28'44.73"S	51°59'22.00"O	481,72
Ponto 2	3.103	Rural	23°30'14.08"S	51°59'52.97"O	420
Ponto 3	5.657	Rural	23°32'17.98"S	52° 1'27.08"O	362
Ponto 4	8.680	Rural	23°35'57.35"S	52° 1'52.24"O	-

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Esses pontos foram determinados devido a fatores como a acessibilidade, a proximidade dos pontos de tratamento de águas residuais da empresa de coleta, o tratamento de resíduos industriais e a localização das atividades de lavanderia. Possíveis fontes de poluição que poderão ser encontradas ao longo do caminho nesses locais.

O ponto 1 está localizado na nascente do ribeirão Floriano e, no seu entorno, ocorre a predominância de agricultura, com apenas algumas residências próximas, que se utilizam desse afloramento para abastecimento. Os pontos 2 e 3 foram selecionados intencionalmente, por conta da proximidade de lavanderias industriais e de atividades agrícolas. O último ponto de coleta foi selecionado devido à predominância de atividades agrícolas, onde próximo a este local ocorre à junção do ribeirão Floriano com o ribeirão Pinguim.

2.2 AMOSTRAGEM

As coletas das amostras foram realizadas superficialmente entre 15 a 30 cm abaixo da lâmina d'água, no período do verão, inverno e primavera no ano de 2021. Os dias selecionados para as coletas foram determinados conforme orientação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), que sugere um período de 24 horas sem a ocorrência de chuvas precedendo a coleta, para que não ocorram interferências nas análises.

Para armazenamento e transporte das amostras, foram utilizados frascos âmbar de 500 e 1000 mL, devidamente esterilizados, os quais foram armazenados em caixas térmicas com gelo, depois de realizada a coleta, para preservação das amostras, até que fossem transportadas para o Laboratório Interdisciplinar de Análises Biológicas e Químicas – LIABQ e Laboratório Ambiental – LABSAM, para armazenamento em local adequado e posterior análise.

2.3 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

2.3.1 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, seguindo as metodologias da *American Public Health Association* (APHA, 2012). Os parâmetros físico-químicos da água de condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), pH, temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (mg L^{-1}) e potencial de oxidação e redução, foram realizadas *in loco*, por meio de sonda portátil multiparâmetros HORIBA U50 (APHA, 2012).

2.3.2 Análise de Fósforos e metais

As análises de fósforo foram determinadas pelo método colorimétrico e nitrogênio total, através do método volumétrico em ácido bórico (APHA, 2012). Para a determinação da concentração dos metais (cobre, zinco, cádmio, cromo, níquel, chumbo), foi transferido 500 mL de cada amostra de água para erlenmeyers, adicionado 10 mL de ácido nítrico para digestão ácida em aquecimento a 300°C por 4 horas para concentração das amostras, procedimento repetido por mais 2 vezes. Após este processo, em temperatura ambiente, acrescentou-se 50 mL de água destilada e 5 mL de ácido nítrico concentrado. Em seguida, a solução foi filtrada, recolhendo o filtrado diretamente em um balão volumétrico de 100 mL, completando o volume do balão com água destilada para posterior determinação dos metais em Espectrofotômetro.

As leituras das concentrações dos metais foram realizadas em um Espectrofotômetro de emissão óptica, empregando plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES) iCAP PRO XP, Thermo Fisher. Para a análise foi preparado uma curva de calibração nas seguintes concentrações: $0,01 \text{ mg L}^{-1}$, $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ e 1 mg L^{-1} , a partir de um padrão puro de cada metal analisado. Para eliminar o efeito de matriz, foi utilizado uma solução aquosa com 5 % de ácido nítrico como branco. Os resultados obtidos foram comparados com as concentrações limite para águas e alimentos, estabelecidos pela legislação brasileira (CONAMA, 2005).

2.3.3 Determinação de surfactantes e fenóis

Para a determinação dos surfactantes e dos fenóis foram utilizados métodos estabelecidos pelo *Standard Methods*, os surfactantes foram realizados com o método 5540 C (indicado para águas brutas, tratadas, ou para consumo humano) e os fenóis com o método 5530 D (Método Fotométrico Direto). As concentrações nas amostras foram identificadas por análises espectrofotométricas na região do UV-Vis a 652 nm, para os surfactantes, e 500 nm, para os fenóis (APHA, 2012).

2.3.4 Determinação de Coliformes Fecais

Para a realização de Coliformes Fecais foi utilizado o método que determina o número mais provável, que é a estimativa da densidade de bactérias, em uma amostra calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos. As análises foram realizadas em laboratório externo à Unicesumar, seguindo o procedimento descrito no *Standard Methods* (APHA, 2012), método 9222 B.

2.3.5 Determinação de DBO e Clorofila

Para a determinação da demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as amostras foram incubadas a 20°C e, posteriormente, foram realizadas as medições seguindo o procedimento descrito no *Standard Methods* (APHA, 2012), método 5220 B.

A clorofila-a (CL) foi determinada segundo o método de Wetzel e Likens (1991). Após a quantificação dos valores por espectrofotômetro na região do UV-Vis nos comprimentos de onda de 665 e 750 nm, foi aplicado o método de cálculo de Lorenzen (1967) para a identificação das concentrações em ug L⁻¹.

2.3.4 Determinação de Pesticidas

A extração e análises cromatográficas das amostras de água foram realizadas por meio da pré-concentração e purificação das amostras por Extração em Fase Sólida (SPE), com cartucho Bond Elut Nexus como adsorvente e um sistema a vácuo Supelco Visiprep SPE. A extração de 1000 mL de amostra de água no cartucho SPE foi realizada com fluxo de 10 mL/min. Após a adsorção, o cartucho foi lavado com 10 mL de água deionizada, secagem do cartucho sob vácuo, por 20 min., para eliminar os traços de água, e sua eluição foi realizada

com 3 mL de acetato de etila, seguido de eluição com 3 mL de diclorometano. As alíquotas finais foram combinadas, concentradas por fluxo de N₂ à secura e ressuspendido para um vial de 2 mL com diclorometano para, em seguida, ser submetidas à análise por GC-MS. O fator de concentração para as amostras de água será de 500, como estabelecido pelo método aplicado no Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR (APHA, 2012).

As análises no GC-MS foram realizadas em um cromatógrafo a gás (modelo Agilent 7890B) acoplado a um espectrômetro de massa (modelo Agilent 5977A MSD), equipado com coluna HP-5MS UI Agilent com fase de 5% de fenil metil siloxano (30,0 m x 250 µm d.i. x 0,25 µm de espessura do filme) e um com injetor automático (CTC PAL Control). Para a separação adequada dos analitos no sistema GC-MS, foi realizado a seguinte programação otimizada de temperatura do forno: temperatura inicial de 92°C mantida por 2,5 min., em seguida rampa de 15°C min⁻¹ até 175°C mantida por 13 min., e rampa de 20°C min⁻¹ até 280 °C e mantida por 15 min. As demais condições da análise foram: volume de injeção de 1,0 µL, fluxo do gás de arraste (He, pureza 99,99999 1,0 mL min⁻¹, ionização por impacto eletrônico de 70eV e temperaturas da fonte de ionização de 230 °C, do quadrupolo de 150°C, da linha de transferência de 280°C e do injetor de 250°C. A aquisição dos dados será realizada pelo *software MassHunter* e análise qualitativa dos espectros de massas pela biblioteca NIST 11.

2.3.4 Determinação de Nitrogênio

Para a análise de Nitrogênio Total, seguiu o 036/IV Protídios – Método de Kjeldahl. Este procedimento resume-se em adição de mistura catalítica composta de dióxido de titânio anidro, sulfato de cobre anidro e sulfato de potássio anidro, na proporção 0,3:0,3:6. Desta forma, adicionou-se 25 mL de ácido sulfúrico e cerca de 6 g da mistura catalítica, aquecendo-se em chapa elétrica, na capela, até a solução se tornar azul-esverdeada e livre de material não digerido (pontos pretos). Após os tubos serem resfriados, ocorre o processo de destilação, em que foram adicionado 10 gotas do indicador fenolftaleína e 1g de zinco em pó (para ajudar a clivagem das moléculas grandes de pro-tídios). Em seguida foi aquecido à ebulição e destilado, até obter cerca de (250 - 300) mL do destilado. Titulou-se o excesso de ácido sulfúrico 0,05 M com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, usando vermelho de metila.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

A Tabela 2 apresenta os resultados físico químico e microbiológico dos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera.

Tabela 2 - Valores físicos químicos e microbiológicos encontrados nas amostras de água.

Análises	Períodos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
DQO (mg/L)		<15	<15	<15	<15
DBO5 (mg/L)	Verão	<2	2	2	2
Contagem de <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)		1	11	4	7
DQO (mg/L)		<15	<15	<15	<15
DBO5 (mg/L)	Inverno	<2	<2	<2	<2
Contagem de <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)		1	11	4	7
DQO (mg/L)		<15	<15	<15	<15
DBO5 (mg/L)	Primavera	<2	<2	<2	<2
Contagem de <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)		88	2000	424	353

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Após a realização das coletas das amostras em diferentes épocas do ano e em quatro pontos diferentes ao longo do córrego as concentrações de oxigênio dissolvido não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$), além do mais todos apresentaram a mesma concentração de DQO de <15 (mg/L), indicando que estes pontos fazem parte dos corpos hídricos de classe II. A resolução CONAMA nº 357/2005 indicam que as concentrações para corpos hídricos de classe II não são menores que 5 mg. L-1 (Conama, 2005), além do mais é importante ressaltar que a quantidade de oxigênio dissolvido pode variar conforme a temperatura e a pressão do meio.

Os valores de temperatura e pressão do meio estão associados à quantidade de carga orgânica presente na amostra, no período do verão, para os pontos de coleta 2, 3 e 4, em que a concentração de DBO5 mostrou-se dentro do limite esperado 2,0 mg. L-1 para águas superficiais de Classe 2, de acordo com a legislação (CONAMA, 2005). Contudo, os pontos de coleta nos períodos de inverno e primavera apresentaram concentrações maiores que indicando que estas áreas recebem uma carga de matéria orgânica muito acima de sua capacidade de autodepuração, em decorrência de dias chuvosos, mais comuns nesta época do ano. Já no período do verão, em relação ao P1, a concentração de DBO5 maiores que 2 mg.L-1 pode estar

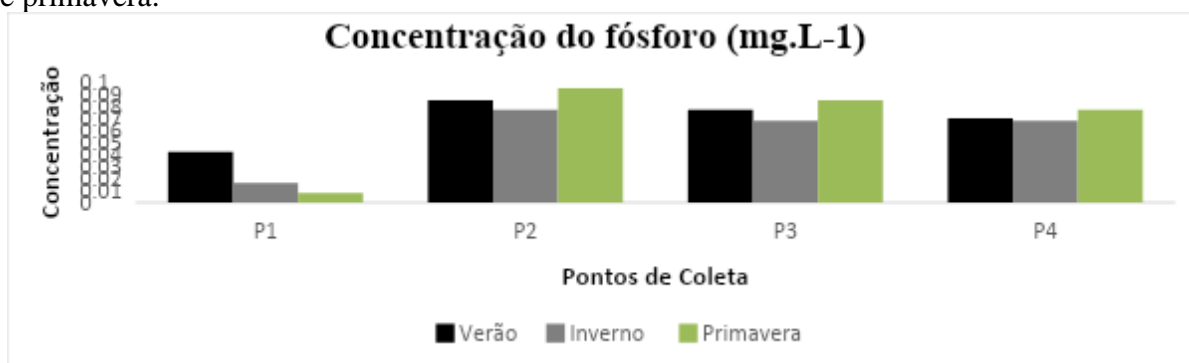
intrinsecamente com a localização do ponto que se refere à nascente do córrego.

No entorno desta área, ocorre a predominância de agricultura e de algumas residências próximas, que, provavelmente, estão lançando esgoto sem tratamento. Outro fator que contribui é a drenagem urbana que escoar para este ponto, contribuindo para o aumento da concentração de DBO₅, uma vez que este escoamento transporta lixo orgânico presente em ruas do perímetro urbano.

A análise da contagem de *Escherichia coli* em córregos de rios é essencial para verificação do grau de contaminação da água naquele meio. A presença de coliformes fecais indica risco da ocorrência de outros microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera (JULIANA, 2017). A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (ANA, 2021) estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, além de recomendar que a contagem padrão de bactérias não deve exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônias por 1 mililitro de amostra (500/UFC/mL). Os maiores valores encontrados para a contaminação biológica do Córrego foram no ponto 2 (2000 UFC/mL), seguido pelo ponto 3 (424 UFC/mL), no período da primavera. Estes dois pontos estão localizados próximos a lavanderias industriais, que podem estar associadas ao lançamento de efluentes, que possivelmente apresentaram, nesta época, maior produção, consequentemente, gerando a poluição, decorrentes de grandes quantidades de esgoto doméstico (MANOEL, 2013).

O fósforo é um importante nutriente nos processos biológicos e seu excesso pode causar eutrofização das águas. Nos ambientes aquáticos, a eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente o fósforo e nitrogênio, ocasionando além de maus odores, maior taxa de mortalidade de peixes e mudanças gerais de biodiversidade. As maiores incidências de fósforo estão nas descargas de esgotos sanitários, em atividades agropecuárias, devido à utilização de fertilizantes e pesticidas (ANA, 2013; ESTEVES, 1988). A Figura 2 apresenta as concentrações de fósforo nos quatro pontos de coleta nos três períodos do ano.

Figura 2 - Concentração de fósforo nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera.

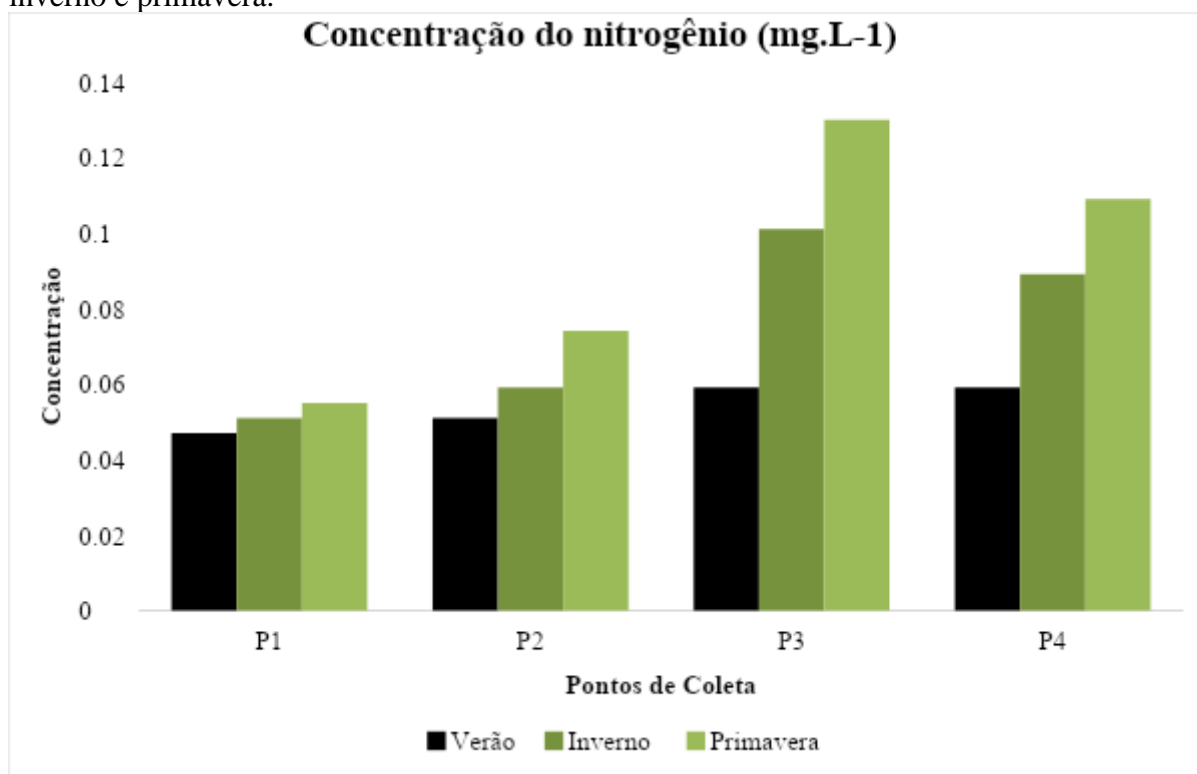


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É possível verificar que os pontos de coleta 2, 3 e 4, no período da primavera, apresentaram maiores concentrações de fósforo total (Figura 2). Estes pontos estão próximos de lavanderias industriais e atividades agrícolas, contudo, de acordo com os limites de tolerância estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para Águas de Classe II, as concentrações de fósforos possuem um limite máximo de 0,1 mg L⁻¹.

A determinação de nitrogênio (Figura 3) engloba nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico e, da mesma forma que o fósforo, o nitrogênio possui sua importância para o meio aquático, tornando-o mais fértil e possibilitando maior desenvolvimento dos seres vivos que o utilizam, especialmente as algas, ocasionando a eutrofização.

Figura 3 - Concentração de nitrogênio nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera.



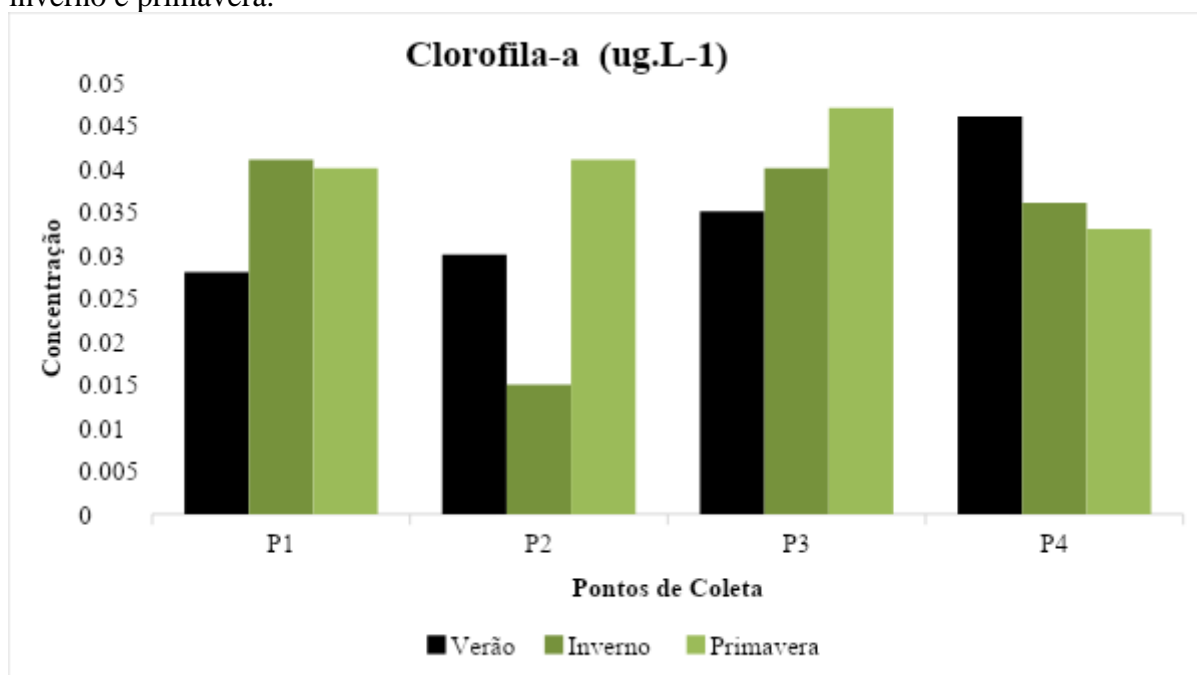
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os esgotos domésticos, efluentes industriais, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas são as principais fontes de nitrogênio (KARINE, 2018).

Os resultados das análises do nitrogênio total não apresentaram diferenças significativas ($p > 0.05$) para o P1 entre os meses coletados. Como observado na Figura 2, no que diz respeito ao fósforo, no período da primavera foram obtidas maiores concentrações de nitrogênio nos quatros pontos de coleta, sendo que no Ponto 3 foi obtida a maior concentração 0.13 mg.L-1 em decorrência da sua localização. Além do mais, os valores de nitrogênio variaram de (0.047 mg.L-1 e 0.13 mg.L-1), estando dentro do permitido de acordo com os limites de estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Outro parâmetro muito importante para avaliar o estado trófico dos ambientes aquáticos é a clorofila-a (Figura 4), sendo um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético, representando até 2% o peso seco do material orgânico nas algas planctônicas (PASSOS, 2018).

Figura 4 - Concentração de clorofila-a nos quatros pontos de coleta nos períodos do verão, inverno e primavera.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os valores correspondentes das concentrações de clorofila-a, representados pela Figura 4, são referentes a uma resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando o nível de expansão de algas no local. Contudo, de acordo com a resolução Conama 357/2005 para águas de classes II, o nível de clorofila não pode ultrapassar a 30 ug.L-1. Analisando os resultados obtidos, podemos verificar que a concentração máxima atingida de clorofila foi de aproximadamente 0,05 ug.L-1 para o ponto 3, no período da primavera.

3.2 METAIS

Os metais são encontrados em fontes naturais, como rochas, solos e atividades vulcânicas, transportados por processos de lixiviação, erosão e escoamento pluvial. As fontes antrópicas incluem atividades industriais por meio de efluentes sólidos que são lançados diretamente na atmosfera, líquidos que são lançados nos corpos hídricos, atividades como mineração e agricultura, causando deflúvio urbano e agrícola (RIETZLER; FONSECA; LOPES, 2001).

A poluição por metais pode causar sérios danos a longo prazo, como doenças cardiovasculares, neurológicas e, até mesmo, câncer. Eles podem ser ingeridos por meio de água e alimentos contaminados, respiração, entre outras formas. As causas podem ser águas

residuais industriais não tratadas, uso abusivo de pesticidas, poluição, lixo comercial e doméstico inadequado, tinta em navios, metal na tubulação da estação de tratamento de esgoto e a poluição do ar. Devido a diversidade de fontes nas quais são possíveis encontrar os metais, faz-se necessário avaliar a concentração de cada metal ao longo do ribeirão Floriano assim como os limites estabelecidos pelo CONAMA – RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005, que dispõe sobre classificação de corpos de água (BRASIL, 2005) (Tabela 3).

Tabela 3 - Teores de metais encontrados nas amostras de água e limites máximos permitidos.

Ponto de Coleta	Elemento	Concentração (mg L ⁻¹) Verão	Concentração (mg L ⁻¹) Inverno	Concentração (mg L ⁻¹) Primavera	LMP classe 2 (mg L ⁻¹)*
P1	Al	8,40	2,99	7,94	0,1
	Hg	0,000583	0,000560	0,000551	0,001
	Zn	0,24	0,19	4,40	0,18
	Pb	0,010	0,0047	0,0040	0,01
	Fe	0,45800	1,11	3,40	0,3
	Cu	0,03350	0,010	0,027	0,009
	Mn	0,070	0,059	0,10	0,1
	Ni	0,0062	0,016	0,13	0,025
	Cr	0,0043	0,0068	0,025	0,05
P2	Al	8,35	4,08	24,43	0,1
	Hg	0,000561	0,000571	0,000610	0,001
	Zn	0,51	0,052	0,15	0,18
	Pb	0,010	0,0065	0,0021	0,01
	Ni	0,35	0,063	0,31	0,025
	Fe	2,70	1,20	7,72	0,3
	Mn	0,163	0,035	0,293	0,1
	Cr	0,17	0,011	0,593	0,05
	Cu	0,23	0,042	0,011	0,009
P3	Al	13,65	3,10	66,52	0,1
	Hg	0,000533	0,000654	0,000535	0,001
	Zn	0,26	0,53	0,50	0,18
	Pb	0,009	0,0034	0,0048	0,01
	Ni	0,027	0,048	0,083	0,025
	Mn	1,01	0,32	0,39	0,1
	Fe	7,55	1,90	14,44	0,3
	Cr	0,021	0,075	0,158	0,05
	Cu	0,035	0,032	0,064	0,009
P4	Al	15,65	8,82	90,13	0,1
	Hg	0,000598	0,000617	0,000545	0,001
	Zn	0,011	0,091	0,32	0,18
	Ni	0,099	0,041	0,311	0,025
	Pb	0,0015	0,010	0,0038	0,01
	Mn	0,803	0,266	0,707	0,1
	Fe	17,85	3,7	35,85	0,3
	Cr	0,15	0,010	0,71	0,05
	Cu	0,05034	0,034	0,133	0,009

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Nota: *LPM = Limite Máximo Permitido.

O Ferro é um metal encontrado naturalmente em ambientes aquáticos e erosão de solos, sendo possível, também, constatar a sua presença nos setores industriais, minerais, esgotos domiciliares e insumos agrícolas. A concentração de Ferro variou de (0,458 – 35,65 mg L⁻¹), sendo que no P4 nos períodos de verão e primavera houve maior incidência deste metal, devido

a região possuir atividades agrícolas, ocorrendo, deste modo, o manejo do solo, o que impulsiona o carreamento deste elemento juntamente com os sedimentos para esta localidade. Além disso, analisando os períodos de coleta, no período do inverno foram obtidas as menores concentrações de Ferro, estando dentro do limite máximo permitido (LMP) para a classe 2, de acordo com a legislação ambiental (Resolução CONAMA N° 357/2005).

O Manganês é muito encontrado em efluentes industriais e escoamento superficial de áreas agrícolas. Sua concentração variou, nos períodos da análise ($0.035\text{--}1.01\text{ mg L}^{-1}$), sendo que a maior concentração foi proveniente no período do verão no P3, já que nesse local encontram-se atividade agrícola e lavanderias industriais. Por isso, a concentração máxima obtida ultrapassou o limite preconizado pela legislação vigente (Resolução CONAMA N° 357/2005). Assim, faz-se necessário ter um controle sobre esta região quanto ao consumo de água, pois elevadas quantidades de Manganês no organismo podem ocasionar problemas no sistema nervoso central (LIMA; LIMA; PEREIRA, 2013).

As concentrações de Níquel se mantiveram dentro do LMP para o P1, nos meses do verão e inverno. Para os demais pontos coletados e períodos, as concentrações ultrapassaram os valores máximos permitidos, em decorrência de escoamentos, atividades agrícolas e efluentes em torno da região.

As concentrações de Chumbo variaram entre ($0.021\text{--}0.010\text{ mg L}^{-1}$), estando dentro do limite permitido da resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe II que a concentração máxima seja 0.01 mg L^{-1} . Esse metal é encontrado principalmente nos corpos hídricos através da deposição atmosférica, atividade agrícola e lixiviação do solo. Desse modo, é preciso ter um controle vigente em relação a quantidade de Chumbo, devido aos danos que ele pode ocasionar no sistema nervoso central, além de afetar o sangue e os rins (CDC, 2012).

Com relação ao Zinco, as concentrações variaram ($0.011\text{--}4.40\text{ mg L}^{-1}$), sendo que no P1, no período da primavera, foi encontrado a maior concentração, de acordo a resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de classe II as concentrações sejam inferiores a $0,18\text{ mg L}^{-1}$. Portanto, para os pontos e períodos coletados que ultrapassaram o LMP, o ocorrido está relacionado a locais com presença de atividade agrícola e, conseqüentemente, uma contaminação através de fertilizantes, que provavelmente são ricos em Zinco, lançamento de efluentes ou escoamento superficial de áreas agrícolas e urbanas (CETESB, 2018).

O Alumínio é um metal muito abundante na crosta terrestre, impactando positivamente na economia. Porém, altas concentrações de alumínio na água, que acaba sendo ingerida por seres humanos, podem ocasionar problemas neurológicos, principalmente ao mal de Alzheimer

e doenças cerebrais degenerativas. Quanto aos pontos e períodos coletados, as concentrações de alumínio variaram ($2.99- 90.13 \text{ mg L}^{-1}$). Todos os resultados para os teores de Alumínio encontraram-se acima dos parâmetros estabelecidos pela resolução 357/2005 do CONAMA. O período da primavera teve um aumento crescente da concentração de Alumínio nos pontos coletados, fator influenciado pelas ocorrências de chuvas, que possui pH ácido, acarretando na maior solubilidade deste metal (SANCHES; FERNANDES; GONZALEZ, 2009; FREITAS, 2011).

Com relação ao Cromo, as concentrações variaram de ($0.0043- 0.71 \text{ mg L}^{-1}$), excedendo, em sua maioria o LMP; no período do inverno, os quatros pontos estiveram dentro do máximo permitido. O Cromo não é encontrado em sua forma livre e, das suas várias formas de oxidação, o Cromo trivalente é o mais encontrado. Suas fontes advêm do ar e alimentos, sendo reconhecido como elemento traço para o ser humano. Entretanto, quando faz ligações químicas com outros elementos, formando substâncias químicas, ocasiona problemas sérios à saúde, como inflamação no tubo digestivo e problemas respiratórios. A maior fonte de Cromo advém de efluentes industriais (FREITAS, 2006).

Já o Mercúrio é um poluente global de grande preocupação, devido à sua ampla aplicabilidade, mobilidade e toxicidade, que advêm de fontes naturais e antrópicas. Os resultados foram avaliados de acordo com a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde que estabelece o limite de $0,001 \text{ mg L}^{-1}$. Analisando os valores obtidos, foi possível constatar que todas as amostras apresentaram resultados dentro da portaria vigente e, desta forma, os mananciais subterrâneos estão protegidos, no que diz respeito à contaminação por mercúrio total (OLIVEIRA; BOTERO; SANTOS, 2011). Com base nos resultados, foi possível observar que os métodos de detecção de metais em corpos hídricos ultrapassam, em sua média, o limite permitido, sendo de suma importância o monitoramento ambiental nos leitos superficiais, possibilitando investigar níveis tóxicos de determinados elementos.

Além disto, verificou-se concentrações elevadas para os elementos Cu e Al, em todos os pontos (P1, P2, P3 e P4), bem como níveis elevando de Ni nos pontos P2, P3 e P4 evidenciando uma distribuição equitativa da ação antrópica em todo o curso do ribeirão.

3.3 PESTICIDAS

O uso de agrotóxicos, com a finalidade de melhorar a produtividade agrícola, tem desempenhado um papel fundamental na poluição ambiental, especialmente na contaminação

de alimentos, águas superficiais e sedimentos, acarretando em efeitos nocivos à saúde humana. A boa qualidade da água, sem poluição do solo e dos alimentos, só pode ser garantida por meio de um programa de monitoramento ambiental e da determinação do limite máximo de resíduos (LMR), que pode minimizar o risco de poluição e os efeitos adversos à saúde dos consumidores. O monitoramento de agrotóxicos, principalmente no ambiente próximo à sua aplicação, é um importante indicador ambiental que orienta as políticas públicas e ações de controle (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Na tabela 4, é possível observar os pesticidas encontrados bem como valores máximos permitidos (VMP), estabelecido pela resolução do CONAMA no 357 (BRASIL^b, 2005).

Tabela 4 - Limite de quantificação pelo método cromatográfico e valores máximos permitidos (VMP), estabelecido pela resolução do CONAMA no 357 (BRASIL^b, 2005).

TR (min)	Nome dos compostos	Pesticidas Identificados e quantificados ($\mu\text{g L}^{-1}$)	VMP – resolução 357 ($\mu\text{g L}^{-1}$)
3.62	1,4-diclorobenzeno	0.05 -0.06	0.3
4.29	Mesitileno	0.10- 0.15	5.0
4.96	Toxafeno	0.15 – 0.50	0.0002- 0.21
4.52	Mesitileno	0.15- 0.44	5.0
8.20	Molinato	0.06 – 0.07	6.0
11.60	Metilmercaptano	0.09	0.0005–0.08
12.76	Furano TCDF	0.04	0.10
24.13	Permetrina I	2.21 – 2.25	20.0

Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise foi possível identificar os seguintes pesticidas ou seus derivados nos respectivos pontos de coleta: Ponto 1 e 4: 1,4-diclorobenzeno, Mesitileno e Toxafeno; Ponto 2: 1,4-diclorobenzeno, Mesitileno Toxafeno e Permetrina. Ponto 3: 1,4-diclorobenzeno, Mesitileno, Molinato e Toxafeno.

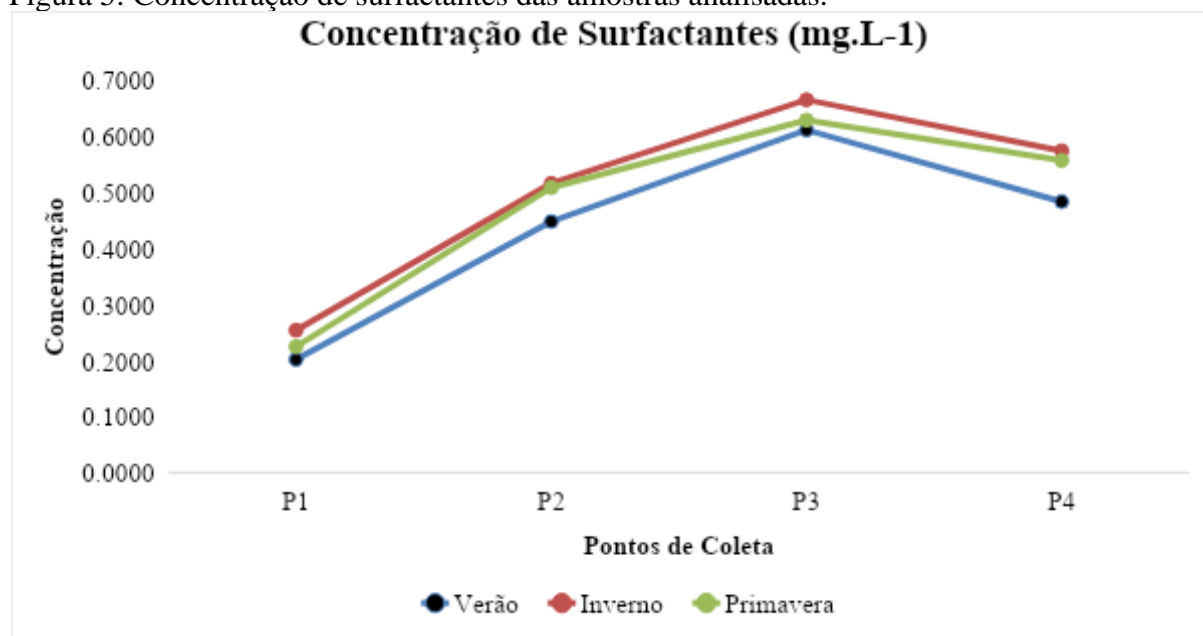
A presença de compostos hidrocarbonetos benzênicos substituídos nos pontos de coleta, são substâncias altamente tóxicas. Estão presentes em derivados de petróleo, como a gasolina, e são utilizados em larga escala nas indústrias químicas (como matéria prima na produção de pesticidas) e petroquímicas (OLIVEIRA, 2011). O Molinato é um herbicida altamente tóxico que ocasiona alteração no sistema reprodutivo e câncer (CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008). O Furano TCDF é um carbamato altamente tóxico por seus efeitos neurotóxicos, além de deixar resíduos na água, e, assim como o Toxafeno seu uso é proibido no Brasil. Já o Metil mercaptano é usado na fabricação de alguns pesticidas (VIEIRA, 2013). Os resultados obtidos enfatizam a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental na região, pois

contaminam o solo, alimentos e as águas (superficiais e subterrâneas).

3.4 SURFACTANTES E FENÓIS

Os surfactantes são compostos anfifílico, tendo em sua cadeia uma parte hidrofóbica e outra parte hidrofílica. A parte hidrofóbica (apolar) geralmente é uma cadeia que contém entre 10 a 20 átomos de carbono. A parte hidrofílica (polar) da cadeia pode ser dividida em dois tipos: o que se ioniza em água ou o que não se ioniza em água. Caso seja ionizante, ainda pode ser subdividida em mais duas categorias, de acordo com a sua carga: Surfactantes aniônicos e catiônicos. Os surfactantes aniônicos são utilizados para a produção de detergentes de uso doméstico e industrial constituindo, portanto, uma parcela significativa da carga orgânica dos efluentes lançados no solo, cursos de água e nos oceanos. Além disso, possui ação tóxica em microrganismos, atuando na ruptura da membrana celular através da interação com seus compostos lipídicos, bem como na reação com enzimas essenciais ao funcionamento das células (SOUZA, 2018). De acordo com a resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os limites máximos vigentes para a concentração de Substâncias tensoativas que reagem ao Azul de Metileno é de 0,5 mg LAS/L em águas doces e 0,2 mg LAS/L para águas salinas e salobras, em suas respectivas classes de enquadramento. A Figura 5 apresenta as concentrações de surfactantes coletados em quatro pontos distintos em épocas diferente do ano.

Figura 5: Concentração de surfactantes das amostras analisadas.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme a avaliação de surfactantes apresentada na Figura 5, é possível verificar que todas as amostras analisadas no P3 apresentaram valores superiores ao limite determinado, os valores excedentes provavelmente são decorrentes da lavanderia industrial e das atividades agrícolas que se localizam próximo deste ponto de coleta, liberando quantidades elevadas de detergentes sintéticos, além da utilização de pesticidas ocasionando maiores teores (TERSARIOL, 2015).

Os fenóis são substâncias altamente tóxicas e biocumulativas para o meio aquático, devido a sua alta solubilidade em água. Também ocasionam redução na quantidade de oxigênio dissolvido afetando diretamente o ecossistema aquático. Por isso, o monitoramento deste composto em torno de regiões siderúrgicas, têxtil, farmacêutica, dentre outras, é de suma importância (CUNHA, 2014; SINGH; BHATIVA; MISHRA; 2020).

Dos pontos e períodos realizados a coleta, somente no ponto 2, verão e inverno, foi constatado a presença de substâncias fenólicas; e na primavera somente no ponto 3, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Concentração de substâncias fenólicas adquiridas nos pontos de coleta.

Ponto	Tempo de retenção (min)	Nome Composto	[Fenol] mg L ⁻¹
Verão			
P1	-	-	-
P2	22.95	2-metoxi-4-(2-propenil) Fenol	0.0339
P3	-	-	-
P4	-	-	-
Inverno			
P1	-	-	-
P2	23.02	2-metoxi-4-(2-propenil) Fenol	0.0012
P3	-	-	-
P4	-	-	-
Primavera			
P1	-	-	-
P2	-	-	-
P3	27.14	2,4-di-t-butil-nitro Fenol	0.0011
P4	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, os valores máximos permitidos dos compostos fenólicos para Corpos d'água de Classe 2 não deve exceder 0.010 mg L⁻¹. Dos resultados adquiridos, somente o P2, no período do verão, ultrapassou o LMP, em prol da maior descarga de dejetos realizados pelas indústrias.

4. CONCLUSÃO

Realizar o monitoramento da região do ribeirão Floriano por meio das análises físico-químicas, microbiológicas e os demais métodos foi essencial para verificar a qualidade da água neste local. Com os resultados adquiridos, foi constatada a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental na região. Analisando de forma geral os resultados obtidos, o corpo d'água é classificado, segundo o CONAMA, como de Classe II. Porém, foi

detectada a presença de alguns pesticidas, estando o Toxafeno e metilmercaptano fora do LMP, como também concentrações elevadas dos metais cobre, alumínio e níquel. Tanto os metais como os pesticidas, possivelmente, são descartados pelas lavanderias industriais e pelas atividades agrícolas ao redor do ribeirão. Desse modo, o monitoramento dessas áreas é essencial para que não ocorra o aumento da concentração dessas substâncias nocivas aos corpos d'água e ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: 2013. Brasília, DF: ANA, 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal da qualidade das águas**: índice de qualidade das águas. Disponível em: Acesso em: 13 dez., 2021.

ANDRIETTI, G. *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016. Disponível em: DOI: 10.4136/ambiente-1769

APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. Washington, DC, New York: American Public Health Association, v.22, 2012.

BASSO, E. R; CARVALHO, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **Holos Environment**, v. 7, n. 1, p. 16-29, 2017.

CABRERA, L; COSTA, P. F; PRIMEL, G. E. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Química Nova**, v. 31, p. 1982-1986, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000800012>.

CARVALHO, K. Q. *et al.* Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.00413supl>.

CDC – Centers for Disease Control and Prevention. **LEAD**. 2012. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/lead/>. Acesso em: 29 dez. 2021.

BRANDÃO, C. J. *et al.* (Org.). **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília, ANA, 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice M – Histórico da Média dos Índices de Qualidade**. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Appendice-M_-Historico-da-Media-dos-Indices-de-Qualidade.pdf. Acesso em: 15 dez. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.357 de 17 de março de 2005**. 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. Brasília: DOU 2005.

CUNHA, F. S; AGUIAR, A. P. Métodos para Remoção de Derivados Fenólicos de Efluentes Aquosos. **Revista Virtual Química**, v. 6, n. 4, p. 844-865, 2014.

FREITAS, T. C. M. **O cromo na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: aspectos ecológicos**. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Programa Multi-institucional de Pós Graduação em Ciências da Saúde, Rede Centro-Oeste, Convênio Universidade de Brasília, Universidade Federal de Goiás e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2006.

FREITAS, M. B; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno Saúde Pública**, v. 17, p. 651-660, 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>.

JULIANA, T. **Avaliação dos aspectos físico-químicos e microbiológicos para determinação do índice de qualidade da água, no Rio Toledo – PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2017.

KARINE, A. C. **Avaliação da qualidade da água do rio verde, Ponta Grossa- PR, através de análise multivariada e aplicação de índices e qualidade**. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

LIMA, L. L; LIMA, L. P; FERREIRA, R. L. Manganês: Importância e problemas associados. **53º Congresso Brasileiro de Química**, Rio de Janeiro, 2013.

LOPES, A. V. C; ALBUQUERQUE, C. S. C. G. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 518-534, 2018. DOI: 10.1590/0103-1104201811714.

LORENZEN, C. J. **Determination of chlorophyll and pheo-pigments: Spectrophotometric equations**. **Limnol. Oceanogr**, v. 12, p. 343-346. 1967. Disponível em: <https://doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343>.

MANOEL, L. O. **Avaliação e monitoramento da qualidade da água na microbacia do Córrego Caçula no município de Ilha Solteira – SP**. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

MENDES, J. S; CHAVES, L. H. G; CHAVES, I. B. Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo (PB). **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, p. 333-342, 2018.

OLIVEIRA, L. C. *et al.* Influência das características físico-químicas dos solos no ciclo hidrobiogeoquímico do mercúrio na região do rio Aracá - AM. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1303- 1308, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000800002>.

OLIVEIRA, R. P. J. **Estudos dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) em regiões industriais da grande São Paulo- Via cromatografia à gás acoplada a espectrometria de massas (GC-MS), e captura de elétrons (GC- ECD).** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de ciências na área de tecnologia nuclear-materiais, São Paulo, 2011.

PASSOS, A. L. L; MUNIZ, D. H. F; OLIVEIRA, C. E. Critérios para avaliação de água no Brasil, um questionamento sobre os parâmetros utilizados. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 2, n. 7, 2018.

PRAT, N; MUNNE, A. Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. **Water Resources**, v. 34, n. 15, p. 3876-3881, 2000.

RIETZLER, A. C; FONSECA, A. L; LOPES, G. P. Heavy metals in tributaries of Pampulha reservoir, Minas Gerais. **Brazilian Journal of Biology**, vl. 61, n. 3 , p. 363-370, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842001000300004>.

SANCHES FILHO, P. J. *et al.* Caracterização ambiental e determinação de alumínio nas águas do canal Santa Bárbara, Pelotas- RS. **49º Congresso Brasileiro de Química**, a Química e a Sustentabilidade. Porto Alegre, 2009.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Revista Bacias Hidrográficas do Paraná**, Série Histórica, Curitiba, p.104, 2010.

SINGH, T; BHATIVA, A. K; MISHRA, P; SRIVASTAVA, N. An effective approach for the degradation of phenolic waste: phenols and cresols. *In: Abatement of Environmental Pollutants*. Elsevier, p. 203-243, 2020.

SOUZA, Z. N. **Avaliação do processo de eletrocoagulação e eletroflotação aplicado ao efluente de um lavador automotivo.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá, Maringá - PR, 2018.

STATSOFT, INC. **Statistica** (data analysis software system), version 7. 2007. Disponível em: www.statsoft.com.

TERSARIOL, P. P dos Santos. **Diagnóstico da bacia hidrográfica do córrego do Bugre em Alumínio – SP.** Dissertação (Mestrado) UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ciências Ambientais, Sorocaba, 2015.

VIEIRA, M. M. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos.** Dissertação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

WETZEL, R. G; LILKENS, G. E. **Limnological Analyses**: Springer-Verlag, 1991.

6 NORMAS DO ARTIGO 1

Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas

Semin., Ciênc. Exatas Tecnol. Londrina - PR – Brasil E-ISSN: 16790375

Foco e Escopo

O escopo da revista “nome da revista” é promover conquistas científicas e tecnológicas por meio da divulgação de trabalhos nas áreas de física, química, matemática e outras áreas afins. Todos os trabalhos submetidos à SEMINA para publicação devem registrar trabalhos originais não publicados anteriormente.

Processo de Revisão por Pares

Os trabalhos devem ser submetidos à apreciação dos membros do Conselho Editorial, de acordo com a área e a especialização do membro. Os manuscritos podem ser submetidos para avaliação sem a identificação do autor a pedido dos autores. O processo de seleção de manuscritos para publicação envolve a avaliação de membros do Conselho Editorial, membros da Comissão Editorial e pareceres *"ad hoc" de especialistas*. Os manuscritos serão avaliados por pelo menos dois pareceristas.

Frequência de Publicação

V.1, n.1 (abril de 1978)

Publicação semestral.

Continuação parcial de: Semina (ISSN 0101-3742) que foi dividida em Semina: Ciências Agrárias; Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas; Semina: Ciências Sociais e Humanas; e Semina: Ciências Biológicas e da Saúde.

Política de acesso aberto

Esta revista oferece acesso gratuito imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de tornar o conhecimento científico disponível gratuitamente ao público e proporcionar maior democratização global do conhecimento.

Ressaltamos que a revista não tem **custos** nem para os **autores** nem para os **leitores**.

Arquivamento

Esta revista utiliza o sistema LOCKSS para criar um arquivo que será distribuído para as bibliotecas membros, que podem então criar arquivos permanentes para preservação e restauração. [Saiba mais sobre isso...](#)

Indexadores

BASE DE DADOS:

CAB/RESUMO

CAS

[LATINDEX](#)

[DOAJ](#)

[SCILIT - Base de dados de literatura científica e acadêmica .](#)

[Jourlib Journal](#)

[Google Acadêmico](#)

[Biblat - Bibliografia Latinoamericana](#)

[PERIODICA. Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias](#)

DIRETÓRIOS:

[ROAD - Recursos Acadêmicos de Acesso Aberto](#)

REPOSITÓRIOS:

RCAAP - Repositório Científico de Portugal

Plágio

Plágio Acadêmico / [Código de Conduta e Diretrizes de Boas Práticas para Editores de Revistas Comitê de Ética na Publicação \(COPE\)](#) / É de responsabilidade dos autores. Copiar um estudo ou parte de outro autor ou mesmo publicação própria, é inaceitável fraude e desonestidade. Ideias e palavras de outro(s) não devem ser usadas sem identificar a fonte da informação.

Princípios Éticos

Os **princípios éticos** para pesquisas que envolvam seres humanos ou experimentação em animais devem ser respeitados. A publicação de artigos resultantes de pesquisas envolvendo seres humanos está condicionada ao respeito aos princípios éticos contidos na Declaração de Helsinque (1964 etc.) da Associação Médica Mundial.

5 ARTIGO 2

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIBEIRÃO FLORIANO EM MARINGÁ, PARANÁ, BRASIL

RESUMO

O ribeirão Floriano, ambiente de estudo desta pesquisa, é um dos subafluentes do ribeirão Pinguim, o qual tem sua foz no Rio Ivaí, um dos principais mananciais do Paraná. O local compreende um trecho de aproximadamente 18km. O uso do solo no entorno desse local é predominado pela agricultura, com culturas anuais, algumas lavanderias e casas rurais. O objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da água por meio dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos com utilização dos índices de qualidade da água (IQA) e estado trófico (IET). Foram selecionados 4 pontos de coleta com aproximadamente 6km de distância entre cada ponto, desde nascente até a jusante. Os resultados obtidos nas análises físico, químico, microbiológico, DBO, nitrogênio e fósforo totais, classificaram a água bruta do ribeirão Floriano (na extensão) em função do IQA como boa e IET como mesotrófico. A presença destes compostos químicos no ribeirão Floriano, indicam o comprometimento da vida aquática e consequentemente podem afetar a saúde humana, uma vez que estes compostos são considerados poluentes orgânicos persistentes com elevado tempo de degradação. Desta forma, sugere-se um monitoramento frequente da qualidade da água e das atividades desenvolvidas no entorno, para possibilitar maior conservação hídrica.

Palavra-chave: IET. IQA. IVA.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade das águas superficiais está relacionada às condições naturais, como chuvas, geologia, escoamento superficial e cobertura vegetal, além das condições antrópicas, como descarga de esgoto de fontes pontuais e difusas, manejo do solo, etc. (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017; PIAZZA *et al.*, 2018). Determinar a qualidade da água e verificar sua vulnerabilidade às atividades humanas é importante para gerenciar adequadamente a gestão, uso e proteção dos recursos hídricos. (SANTI *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2017b).

Ainda, estudar a qualidade dos contaminantes em águas superficiais é uma importante ferramenta para o monitoramento ambiental, principalmente na proteção e proteção dos corpos hídricos para consumo e saneamento. Água potável e saneamento fazem parte das 17 metas globais das Nações Unidas para orientar e melhorar a qualidade de vida das gerações futuras de maneira sustentável até 2030 (ONU, 2018).

A quantidade e a qualidade desse recurso são críticas, por isso o monitoramento da água

deve ser feito por meio de ferramentas e parâmetros. A Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), que estabelece os parâmetros de qualidade da água, também dispõe sobre a classificação da água doce para consumo humano: Categoria I, após desinfecção simplificada; Categoria II, após tratamento convencional; Categoria III, após tratamento convencional ou avançado, pós água potável, e a Categoria IV que é a água que não deve ser consumida por humanos.

O monitoramento da qualidade da água permite avaliar o ambiente aquático, junto com a sua função de suporte à vida e, portanto, sua capacidade de continuar prestando serviços à flora, fauna e sociedade. A análise dos resultados do monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas é essencial para apoiar a gestão da água, incluindo a conservação aquática (KITSIOU; KARYDIS, 2011; KARYDIS; KITSIOU, 2013). Os programas de monitoramento da qualidade da água podem ser mais ou menos complexos, dependendo de seus objetivos e desenho amostral, seleção de diferentes variáveis, frequência (variação temporal) e densidade espacial das informações coletadas/processadas/interpretadas. No entanto, algumas variáveis estão quase sempre presentes, como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, NH₃, P e coliformes fecais (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Na literatura específica, vários desses índices são citados, a Agência Nacional de Água (ANA) reporta pelo menos 7, no Portal da Qualidade da Água do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água (PNQA), incluindo o Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice do Estado Nutricional (IET) e o Índice de Proteção da Qualidade da Água Vida Aquática (IVA). Segundo Veríssimo *et al.* (2013) e Jeronimo *et al.* (2013), o primeiro refere-se à carga poluidora de origem doméstica; o segundo à carga poluidora de origem doméstica, natural e agropecuária (ALVES *et al.*, 2012), além de mudanças no uso do solo e construção de reservatórios (BATISTA *et al.*, 2014) e o último à carga poluidora de origem industrial e agrícola (UECHI *et al.*, 2017).

Desse modo, este trabalho visa analisar a qualidade da água por meio dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e determinação dos índices de qualidade da água (IQA) e estado trófico (IET) do ribeirão Floriano, no município de Maringá (PR), como importante ferramenta para estudos de monitoramento ambiental, por este ribeirão ser margeado pela agricultura e lavanderias, fatores de grande risco de contaminação.

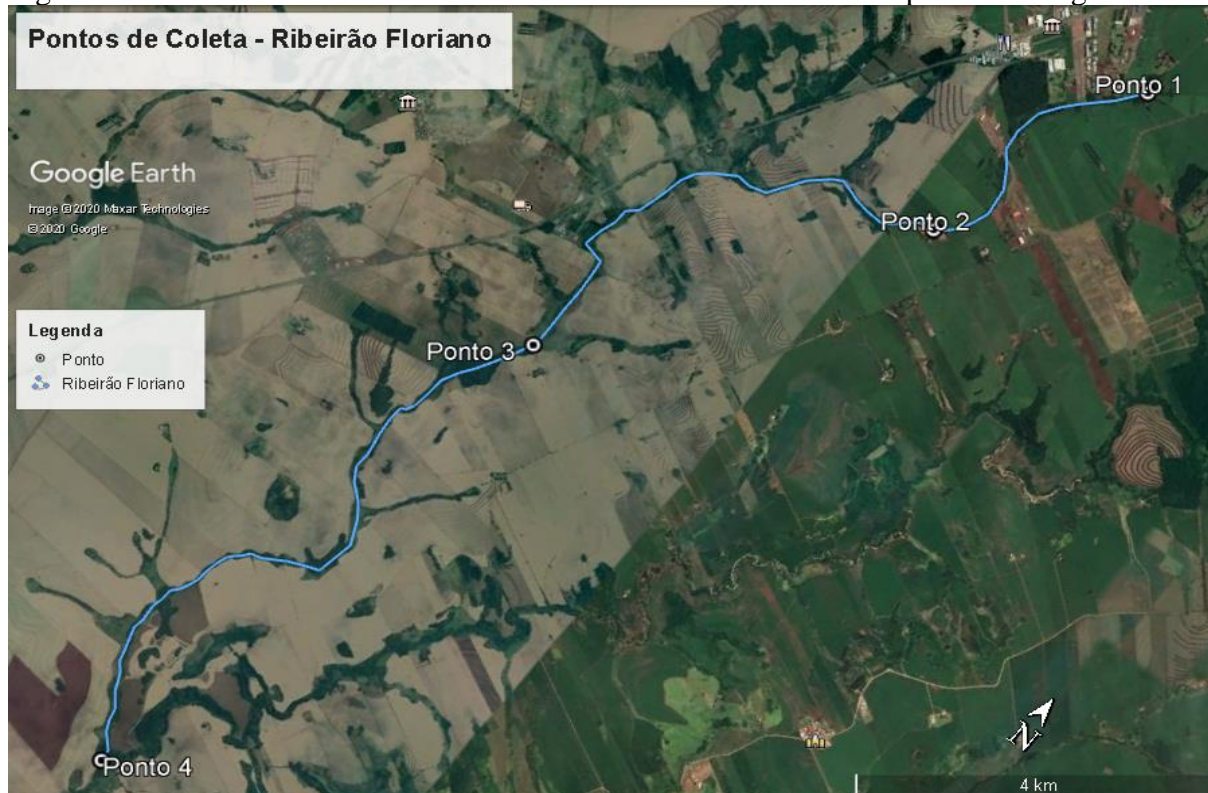
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo denominado ribeirão Floriano, localiza-se entre os municípios de Floresta e Maringá. É um dos subafluentes do ribeirão Pinguim, sendo este um afluente do Rio Ivaí, um dos principais mananciais do Paraná. A Bacia Hidrológica de Ivaí possui uma área total de 36.540,00km², correspondendo a aproximadamente 19% da área do estado, e uma população de 1.229.767 pessoas, representando aproximadamente 12% do total do estado. No Estado do Paraná, a bacia do rio Ivaí é a segunda maior em área e a segunda em extensão, com extensão total de 680 km (SEMA, 2010).

Para a presente pesquisa, realizou-se três amostragens de água em 4 pontos de coleta ao longo do trecho do ribeirão Floriano, cuja extensão tem aproximadamente 18 km; sua nascente se localiza próximo à Zona Industrial de Maringá e grande parte de seu percurso caracteriza-se por zona rural do município, conforme pode ser observado na Figura 6.

Figura 1 - Pontos de coleta localizados no ribeirão Floriano no município de Maringá – PR.



Fonte: Google Earth (2021).

Nota: Adaptado pela autora.

A avaliação da qualidade da água do ribeirão Floriano foi realizada no ano de 2021, em

quatro pontos de coleta conforme Tabela 1, desde a nascente até o estuário, que passa por pontos localizados em áreas urbanas e rurais.

Tabela 1 - Descritivo e coordenadas geográficas dos pontos de coleta no ribeirão Floriano/PR

Pontos de coleta	Distância entre os pontos (m)	Característica dos pontos de coleta	Coordenadas geográficas		
			Latitude	Longitude	Altitude (m)
Ponto 1	0	Industrial	23°28'44.73"S	51°59'22.00"O	481,72
Ponto 2	3.103	Rural	23°30'14.08"S	51°59'52.97"O	420
Ponto 3	5.657	Rural	23°32'17.98"S	52° 1'27.08"O	362
Ponto 4	8.680	Rural	23°35'57.35"S	52° 1'52.24"O	-

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os critérios adotados para a escolha desses locais foram a acessibilidade, a proximidade dos pontos de tratamento de águas residuais da empresa de coleta, o tratamento de resíduos industriais e a localização das atividades de lavanderia, possíveis fontes de poluição que poderão ser encontradas ao longo do caminho nesses locais.

O ponto 1 está localizado na nascente do ribeirão Floriano. No seu entorno, ocorre a predominância de agricultura e há apenas algumas residências próximas que se utilizam desse afloramento para abastecimento. Os pontos 2 e 3 foram selecionados intencionalmente devido à proximidade de lavanderias industriais e de atividades agrícolas. O último ponto (4) de coleta foi selecionado por conta da predominância de atividades agrícolas, além de que, próximo a este local, ocorre à junção do ribeirão Floriano com o ribeirão Pinguim.

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras foram realizadas superficialmente entre 15 a 30 cm abaixo da lâmina d'água, no período do verão, inverno e primavera no ano de 2021. Os dias selecionados para as coletas foram determinados conforme orientação do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), que sugere um período de 24 horas sem a ocorrência de chuvas precedendo a coleta, para que não ocorram interferências nas análises.

Para armazenamento e transporte das amostras, foram utilizados frascos de âmbar de 500 e 1000 mL, devidamente esterilizados, que foram armazenados em caixas térmicas com gelo para preservação das amostras, depois de realizada a coleta, até que fossem transportadas para o Laboratório Interdisciplinar de Análises Biológicas e Químicas – LIABQ e Laboratório

Ambiental – LABSAM, para armazenamento em local adequado e posteriores análises.

Os valores obtidos para as concentrações dos pontos e meses de coleta foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA). Este tratamento estatístico foi realizado utilizando o *software Statistica®* v. 7.0 (StatSoft. Statistica 7.0 Software, 2007).

2.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As características físicas e químicas das amostras de água coletadas, tais como, pH, temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, porcentagem de salinidade e potencial de oxidação e redução, foram obtidos pelo equipamento portátil multiparâmetros de qualidade de água Horiba U-50. As concentrações de nitrogênio e fósforo totais, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes totais e termotolerantes foram realizadas através da metodologia descrita em APHA (2012).

As leituras dos metais foram realizadas em espectrofotômetro de emissão óptica utilizando um plasma de argônio acoplado indutivamente (ICP-OES) iCAP PRO XP, Thermo Fisher. Para análise, foram preparadas curvas de calibração com as respectivas concentrações: 0,01 mg L⁻¹, 0,05 mg L⁻¹, 0,5 mg L⁻¹, 0,8 mg L⁻¹ e 1 mg L⁻¹ a partir de um padrão puro de cada metal analisado. Para eliminar os efeitos da matriz, utilizou-se ácido nítrico a 5% em água como branco. Os resultados obtidos foram comparados com as concentrações limite para água e produtos alimentícios estabelecidas pela legislação brasileira (CONAMA, 2005).

Para a determinação dos surfactantes e dos fenóis foram utilizados métodos estabelecidos pelo *Standard Methods*, os surfactantes foram realizados com o método 5540 C (indicado para águas brutas, tratadas, ou para consumo humano) e os fenóis com o método 5530 D (Método Fotométrico Direto). As concentrações nas amostras foram identificadas por análises espectrofotométricas na região do UV-Vis a 652 nm, para os surfactantes, e 500 nm, para os fenóis (APHA, 2012).

Para o cálculo de IPMCA - Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática, para determinar o valor deste índice, utilizou-se como parâmetro oxigênio dissolvido, pH e toxicidade, sendo estes três responsáveis pela composição do grupo das variáveis essenciais (VE).

Assim como Queiroz *et al.* (2018), não foi realizado o teste de toxicidade nas análises. Uma das alternativas a fim de permitir a estimativa do IVA, é utilizar para este parâmetro o

coeficiente de ponderação 3 (três), ou seja, nível C, que corresponde ao efeito tóxico agudo. Desta forma optou-se pela retirada deste parâmetro para a estimativa do IPMCA.

O outro grupo que compõe o cálculo do IPMCA é o de substâncias tóxicas (ST), este leva em consideração a análise dos seguintes parâmetros: surfactantes, fenóis, cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel e cádmio.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados da qualidade da água nos quatro pontos de coleta, ao longo ribeirão Floriano, são apresentados de acordo com os seguintes parâmetros: temperatura (°C), potencial hidrogeniônico (pH), potencial de óxido-redução (POR), condutividade (Ω), oxigênio dissolvido (OD), concentração de oxigênio (%OD), sólidos Totais (STD) e turbidez (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultados das análises físicas e químicas das amostras coletadas no ribeirão Floriano.

Data	Coleta	T °C	pH	POR	Condutividade Ω (mS/cm)	Turbidez UNT	OD mg/L O ₂	% OD	STD g/L
14/03/2021	P1	25,29	6,97	308	0,154	23,1	13,78	170,7	0,099
	P2	25,32	5,89	273	0,024	38	14,59	180,2	0,015
	P3	26,57	6,51	328	0,409	31,2	16,27	204,1	0,25
	P4	24,98	7,2	296	0,102	94	15,86	195,5	0,064
15/08/2021	P1	20,42	9,98	56	0,129	23,7	20,24	228,8	0,078
	P2	19,75	7,78	232	0,224	23,6	17,03	190,8	0,142
	P3	20,97	7,78	261	0,143	11	10,46	120,3	0,091
	P4	22,2	7,43	225	0,027	41	24,68	288,9	0,016
02/11/2021	P1	21,99	5,37	316	0,045	9,1	16,76	196,3	0,029
	P2	22,59	7,25	208	0,149	14,7	15,53	183,9	0,095
	P3	22,44	8,02	66	0,218	33,4	12,26	144,9	0,142
	P4	22,93	6,28	349	0,072	65,2	15,41	183,4	0,043

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os resultados de coliformes termotolerantes, DBO, nitrogênio e fósforo totais e cálculos

de IQA, para os pontos de coleta, são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. É importante notar que estes pontos são indicadores importantes para o índice de qualidade da água, onde o ponto P1 está localizado na nascente do ribeirão Floriano, utilizado para abastecimento do público rural que reside em seu entorno. Desta forma, a qualidade da água nesse local deve seguir os parâmetros da legislação, com base na resolução do CONAMA 357 de 2005 (CONAMA, 2005).

O ponto P3 também serve de indicador de qualidade de água, pela sua posição relacionada ao despejo de cargas de efluente de origens diversas, devido ao rio margear parte do perímetro industrial de Maringá e apresentar várias estações de tratamento de esgoto, que também deve seguir parâmetros de lançamento de efluente em corpos de água.

Tabela 3 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 14 de março de 2021 no ribeirão Floriano.

Parâmetros- Resolução do Conama 357	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Oxigênio dissolvido	13,78	14,59	16,27	15,86
Temperatura	25,29	25,32	26,57	24,98
Coliformes termotolerantes não exceder um limite de 1.000 coliformes por 100 mL	<1	11	4	7
Potencial hidrogeniônico-pH, 6 a 9	6,97	5,89	6,51	7,2
DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂	<2	<2	<2	<2
Nitrogênio Total 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5	0,04669	0,050580833	0,0583625	0,0583625
Fósforo Total Lótico 0,1 mg/L	0,042461005	0,085788562	0,07712305	0,068457539
Turbidez	23,1	38	31,2	94
Resíduo total	99	15	250	64
Clorofila	2,77906E-05	2,91088E-05	3,58093E-05	4,5915E-05
IQA	63	54	57	54
IET(CL)	19,1	19,5	21,3	23,4
IET(PT)	53,4	57,1	56,5	55,9
IET	36,2	38,3	38,9	39,7

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Legenda: IQA = Índice de Qualidade de Água Bruta; IET(PT) – Índice do Estado Trófico para Fósforo total.

Tabela 4 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 15 de agosto de 2021 no ribeirão Floriano.

Parâmetros- Resolução do Conama 357	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Oxigênio dissolvido	20,24	17,03	10,46	24,68
Temperatura	20,42	19,75	20,97	22,2
Coliformes termotolerantes não exceder um limite de 1.000 coliformes por 100 mL	<1	<1	<1	<1
Potencial hidrogeniônico-pH	9,98	7,78	7,78	7,43
DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂	<2	<2	<2	<2
Nitrogênio Total 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5	0,050580833	0,0583625	0,101161667	0,089489167
Fósforo Total Lótico 0,1 mg/L	0,016464471	0,07712305	0,068457539	0,068457539
Turbidez	23,7	23,6	11	41
Resíduo total	78	142	91	16
Clorofila	4,0972E-05	1,51585E-05	3,92145E-05	3,64683E-05
IQA	52	62	70	61
IET(CL)	22,4	13,8	22,1	21,4
IET(PT)	48,5	56,5	55,9	55,9
IET	35,5	35,2	39	38,7

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Legenda: IQA = Índice de Qualidade de Água Bruta; IET(PT) – Índice do Estado Trófico para Fósforo total.

Tabela 5 - Coliformes Termotolerantes, DBO, Nitrogênio, Fósforo Totais e resultado do IQA nas amostras coletadas no dia 02 de novembro de 2021 no ribeirão Floriano.

Parâmetros- Resolução do Conama 357	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Oxigênio dissolvido	16,76	15,53	12,26	15,41
Temperatura	21,99	22,59	22,44	22,93
Coliformes termotolerantes não exceder um limite de 1.000 coliformes por 100 mL	88	2.000	424	353
Potencial hidrogeniônico-pH	5,37	7,25	8,02	6,28
DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O ₂	<2	<2	<2	<2
Nitrogênio Total 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5	0,054471667	0,073925833	0,132288333	0,108943333
Fósforo Total Lótico 0,1 mg/L	0,00779896	0,094454073	0,085788562	0,07712305
Turbidez	9,1	14,7	33,4	65,2
Resíduo total	29	95	142	43
Clorofila	4,00932E-05	4,19606E-05	4,72331E-05	3,35025E-05
IQA	51	48	50	47
IET(CL)	22,3	22,6	23,7	20,7
IET(PT)	44,6	57,6	57,1	56,5
IET	33,4	40,1	40,4	38,6

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Legenda: IQA = Índice de Qualidade de Água Bruta; IET(PT) – Índice do Estado Trófico para Fósforo total.

Para o cálculo do IPMCA em cada ponto de coleta, foram atribuídos coeficientes de ponderação, que variam de 1 a 3 para cada parâmetro analisado (Tabela 6, 7 e 8). Após, a atribuição dos graus de ponderação para todos os parâmetros, calculou-se um IPMCA para o grupo das variáveis essenciais, denominado IPMCA-VE, e um IPMCA para o grupo das substâncias tóxicas, indicado como IPMCA-ST. Logo, obteve o IPMCA Final em cada ponto, cujo o mesmo resulta-se da multiplicação destes grupos anteriormente referenciados, conforme as tabelas mencionadas na sequência.

Tabela 6 – Resultados de IPMCA da primeira coleta de amostras

14/03/2021					
Parâmetros avaliados		Pontos coletados			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
VE	OD	13,78	14,59	16,27	15,86
	IPMCA-OD	1	1	1	1
	pH	6,97	5,89	6,51	7,2
	IPMCA-pH	1	2	1	1
ST	Surfactantes	0,20209205	0,44853556	0,61213389	0,48410042
	IPMCA-Surfactantes	1	1	2	1
	Fenóis	0	0,0339	0	0
	IPMCA-Fenóis	1	2	1	1
	Cobre	0,05585564	0,36229651	0,05880731	0,08118644
	IPMCA-Cobre	3	2	3	3
	Zinco	0,27383832	0,57192913	0,29066759	0,11590043
	IPMCA-Zinco	2	2	2	1
	Cádmio	0,0015822	0,00081378	0,00076344	0,00055654
	IPMCA-Cádmio	2	1	1	1
	Cromo	0,00437894	0,15917123	0,02146018	0,13834917
	IPMCA-Cromo	1	2	1	2
	Níquel	0,00666146	0,31701262	0,02334716	0,08958374
	IPMCA-Níquel	1	3	1	2
	Mercúrio	0,000583	0,000561	0,000533	0,000598
	IPMCA-Mercúrio	2	2	2	2
	Chumbo	0,01057024	0,01477399	0,01593722	0,01478388
	IPMCA-Chumbo	1	1	1	1
	IPMCA-VE	1	2	1	1
	IPMCA-ST	1	2	1	1
	IPMCA-Final	1	4	1	1

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 7 – Resultados de IPMCA da segunda coleta de amostras

15/08/2021					
Parâmetros avaliados		Pontos coletados			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
VE	OD	20,24	17,03	10,46	24,68
	IPMCA-OD	1	1	1	1
	pH	9,98	7,78	7,78	7,43
	IPMCA-pH	3	1	1	1
ST	Surfactantes	0,25439331	0,5167364	0,66610879	0,5748954
	IPMCA-Surfactantes	1	2	2	2
	Fenóis	0	0,0012	0	0
	IPMCA-Fenóis	1	2	1	1
	Cobre	0,01099825	0,04256949	0,03262471	0,03414464
	IPMCA-Cobre	1	2	2	2
	Zinco	0,15707006	0,0529877	0,05370026	0,09114251
	IPMCA-Zinco	1	1	1	1
	Cádmio	0,00055193	0,00080888	0,00064619	0,00072479
	IPMCA-Cádmio	1	1	1	1
	Cromo	0,00679257	0,01164788	0,00754487	0,01099579
	IPMCA-Cromo	1	1	1	1
	Níquel	0,01627847	0,06329511	0,04861425	0,04109844
	IPMCA-Níquel	1	2	2	2
	Mercúrio	0,00056	0,000571	0,000654	0,000617
	IPMCA-Mercúrio	2	2	2	2
	Chumbo	0,0047876	0,00655527	0,00343544	0,01058959
	IPMCA-Chumbo	1	1	1	1
	IPMCA-VE	3	1	1	1
	IPMCA-ST	1	2	1	1
	IPMCA-Final	3	2	1	1

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 8 – Resultados de IPMCA da última coleta de amostras

02/11/2021					
Parâmetros avaliados		Pontos coletados			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
VE	OD	16,76	15,53	12,26	15,41
	IPMCA-OD	1	1	1	1
	pH	5,37	7,25	8,02	6,28
	IPMCA-pH	2	1	1	1
ST	Surfactantes	0,2251046	0,50920502	0,62970711	0,62970711
	IPMCA-Surfactantes	1	2	2	2
	Fenóis	0	0	0,0011	0
	IPMCA-Fenóis	1	1	2	1
	Cobre	0,0272419	0,11229435	0,06468778	0,13334481
	IPMCA-Cobre	2	3	3	3
	Zinco	4,37951462	0,15199575	0,50196194	0,32445684
	IPMCA-Zinco	3	1	2	2
	Cádmio	0,00061597	0,00012924	0,00077195	0,00039931
	IPMCA-Cádmio	1	1	1	1
	Cromo	0,25717428	0,59637093	0,15868363	0,70911681
	IPMCA-Cromo	2	2	2	2
	Níquel	0,13211326	0,3039719	0,08336186	0,31161113
	IPMCA-Níquel	2	3	2	3
	Mercúrio	0,000551	0,00061	0,000535	0,000545
	IPMCA-Mercúrio	2	2	2	2
	Chumbo	0,00408647	0,00219578	0,00482966	0,00388869
	IPMCA-Chumbo	1	1	1	1
	IPMCA-VE	2	1	1	1
	IPMCA-ST	2	1	2	2
	IPMCA-Final	4	1	2	2

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme resultados apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, o IPMCA Final do ribeirão Floriano para os três períodos de coleta foi possível observar que os mesmos apresentaram características adequadas em relação a manutenção da qualidade da vida aquática. O IPMCA final mostrou-se médio e bom nas amostragens do ribeirão, mantendo a qualidade da vida aquática para o corpo hídrico.

Em relação ao cálculo do IVA, conforme apresenta as tabelas abaixo, foram utilizadas as ponderações finais do IPMCA e o IET em cada período de coleta, a fim de estimar a qualidade da água no ribeirão Floriano.

Tabela 9 – Resultado do IVA das amostras coletadas

14/03/2021				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
IVA	1,7	5,3	1,7	1,7
	Ótima	Ruim	Ótima	Ótima
15/08/2021				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
IVA	4,1	2,9	1,7	1,7
	Regular	Boa	Ótima	Ótima
02/11/2021				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
IVA	5,3	1,7	2,9	2,9
	Ruim	Ótima	Boa	Boa

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

O grau de ponderação para o IVA em todos os pontos de coleta variou entre 1,7 e 5,3 nos três diferentes períodos de coleta. No ponto 1 percebeu-se que o IVA teve um resultado negativo em relação as primeira análise, passando de ótimo para ruim, mesmo sendo nascente. Resultado este que possivelmente caracterizou-se como ruim devido ao grande acúmulo de água resultante de um período chuvoso, mesmo que as coletas foram realizadas posteriormente a 72h após o ultimo registro de precipitação no local de estudo., possivelmente fez com que efluentes clandestinos invadissem e poluíssem a área da nascente, devido a falta de proteção da mesma. Já no ponto 2, ocorreu o inverso do ponto 1, devido o período chuvoso que fez com que os poluentes de dissipassem ao longo do subafluente, diminuindo as concentrações de poluentes.

DISCUSSÃO

Considerando as análises e os resultados, o ribeirão Floriano está classificado como Classe 2, conforme a Portaria SUREHMA nº 019 de 12 de maio de 1992. As análises foram determinadas a partir de exigências definidas para qualidade da água, de acordo com a classe estabelecida, observando variações em todo o percurso, desde a sua nascente até a foz.

Ao analisar o parâmetro de temperatura, observou-se que no decorrer do escoamento do corpo hídrico, a temperatura diminuiu em função da temperatura ambiente (temperatura externa) do local, pois, como as análises foram realizadas nos meses de consideráveis mais “frescos”, consequentemente a temperatura externa condiciona a variação de temperatura no

corpo hídrico.

As águas doces de classe 2 ,deve possuir pH na faixa de 6,0 a 9,0, de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005. Neste estudo, foram observados que a amostra do ponto 2 da primeira coleta e ponto 1 da última coleta apresentaram valores pouco abaixo do permissível, conforme a lei citada. Embora muito próximo ao permissível pela legislação mencionada estas amostras são consideradas como ácidas, já amostra do ponto 1 da segunda coleta apresentou valor pouco superior ao permissível, classificando a amostra como sendo alcalina. Já nas demais amostras, os valores estão acima do exigido pela legislação. Esta variação no pH, se dá pelas diferentes concentrações de matéria orgânico encontrada no subafluente durante seu percurso, material este, originado pela fauna e flora presente no entorno (CONAMA, 2005).

Ao analisar os resultados de turbidez, verificou-se o aumento expressivo no ponto 4, o qual encontra-se após a localização de alguns pontos clandestinos de descarte de efluentes, motivo pelo qual resultou o aumento da turbidez.

Todos os valores de resíduos sólidos totais dissolvidos ficaram abaixo do máximo permitido pela resolução do CONAMA 357/2005. Os maiores valores de sólidos totais dissolvidos STD foram observados nas amostras dos dias 14/03 e 02/11 no ponto 3 e no dia 15/08 no ponto 2. A ocorrência desses valores elevados, em relação aos demais, está relacionado ao transporte de resíduos para o leito do rio.

Os resultados de nitrogênio obtidos nas análises apresentaram valores inferiores aos permitidos pela legislação, que varia de 0,5 a 3,7mg L⁻¹, conforme a variação do pH, assim como o fósforo, cujas amostras também apresentaram valores inferiores aos permitidos pela resolução do CONAMA 357/2005. Por meio destes dados, é possível classificar a qualidade da água (IQA) nos pontos de coleta como boa (CONAMA, 2005).

Todos os pontos de coleta do ribeirão Floriano possuem áreas agrícolas no entorno, e, por mais que há utilização de fertilizantes nitrogenados e fosfatados que são aplicados no solo e que durante o ciclo produtivo de culturas como soja, milho e trigo, por meio do escoamento superficial da água sejam levados para o leito do rio, juntamente com o solo, isso não inferiu nos valores permissíveis de nitrogênio e fósforo.

O IQA determinado para o ribeirão Floriano, variou de 47 a 79, o que em maior parte na classificação do Índice enquadra-se na categoria “Bom”. Esse valor foi obtido a partir do cálculo da média aritmética de todos os índices, para cada ponto de amostragem, para as três coletas. Isso vem significar que o ribeirão Floriano, embora apresente alguns pontuais sinais de poluição antrópica e degradação ambiental por meio de esgotos clandestinos, pode-se dizer que

ainda não está sofrendo com a pressão urbana em seu entorno, o que não descarta de um programa de recuperação para as áreas degradadas e monitoramento para a destinação final correta de efluentes industriais e domésticos para manter a classificação deste índice como sendo “Bom” para o local estudado. (ANA, 2016). O IQA é um parâmetro muito importante para a classificação dos corpos de água, apontando o nível de tratamento a ser realizado, de acordo com a classe atribuída ao rio.

Dessa forma, este indicador de qualidade de água é uma importante ferramenta para classificar adequadamente o ribeirão Floriano e não atribuir simplesmente classe nível 2, devido à falta de dados sobre a qualidade da água bruta deste rio.

A determinação do IET (PT) nos pontos de coleta classifica o ribeirão como sendo mesotrófico (LAMPARELLI, 2004; CETESB, 2007; ANA, 2016;), apresentando corpos d’água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

No presente estudo o IVA classificou a água do ribeirão Floriano, para a manutenção da vida aquática, na maioria dos resultados como bom a ótimo, tendo alguns resultados pontuais como ruim e regular para as três estações do ano, conforme as datas das análises. Estes cenários podem estar sendo construídos principalmente pela variedade de fatores que estão intervindo no ambiente, seja de origem natural ou antrópica.

Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais, que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, esse processo pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e, em outras, moderadamente (ANDRIETTI *et al.*, 2016).

Em suma, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, há maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, sendo comum observar um incremento do processo, ao passo que no período de inverno, esse processo se mostra menos intenso. Nesse sentido, a determinação do grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não identificar de forma explícita as variações que ocorreram ao longo do período anual, uma vez que não é possível apresentar os resultados mensais para cada ponto amostral.

CONCLUSÃO

As análises físicas, químicas e microbiológicas realizadas neste estudo, aliados aos

demais parâmetros abordados, como DBO, nitrogênio e fósforo totais, os valores obtidos de IQA e IET, determinaram a classificação da água bruta do ribeirão Floriano como boa e o estado de trofia como mesotrófico. Como o uso do solo no entorno do ribeirão Floriano é explorado pela agricultura, as consequências das ações antrópicas não inferiram diretamente em relação aos resultados da qualidade da água disponível e, dessa forma, sua preservação deverá continuar sendo ampla.

Ao final desta pesquisa é possível concluir quanto à importância da conservação de pequenos corpos d'água para o abastecimento público e manutenção das comunidades aquáticas. Estes córregos são instrumentos que garantem a qualidade da água de grandes afluentes, nota-se que o ribeirão Floriano pode estar influenciando na qualidade da água do rio Ivaí, o que justificaria a necessidade de cuidados das bacias hidrográficas de menores dimensões.

Recomendamos a análise dos organismos presentes nas comunidades aquáticas do ribeirão Floriano, a fim de verificar o potencial bioacumulante dos parâmetros analisados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. p. 169.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Indicadores de qualidade** - Índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indiceaguas.aspx>. Acesso em: 27 dez. 2020.

ALVES, I. C. C. *et al.* Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. Brasília: ANA, 2016.

ANDRIETTI, G. *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4136/1980-993X>

APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. Washington, DC, New York: American Public Health Association, v. 22, 2012.

BATISTA, A. A. *et al.* Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente**, v. 8, n. 1, p. 39-48, 2014.

CARVALHO, L. L. S. *et al.* Influence of Prolonged Drought on Groundwater Quality: Irrigated Perimeter of Lower Acaraú – State of Ceará– Northeast of Brazil. **Journal of**

Experimental Agriculture International, v. 18, n. 3, p. 1-14, 2017b. DOI: 10.9734/JEAI/2017/36480

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**: 2006. São Paulo: CETESB, 2007.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.357 de 17 de março de 2005**. 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. Brasília: DOU 2005.

BRANDÃO, C. J. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostra**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília, ANA, 2011.

Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>. Acesso em: 12 jan. 2022.

JERÔNIMO, C. E.; SOUZA, F. R. S. Determinação do índice de qualidade da água da lagoa de Extremoz RN: série temporal e correlação a índices pluviométricos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2219-2232, 2013.

KARYDIS, M.; KITSIOU, D. Marine water quality monitoring: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 77, n. 1-2), p. 23-36, 2013 DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.09.012

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: A review on data analysis. **Environment International**, v. 37, n. 4, p. 778–801, 2011 DOI: 10.1016/j.envint.2011.02.004

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese (Doutorado em Biociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PIAZZA, G. A. *et al.* Influence of hydroclimatic variations on solute concentration dynamics in nested subtropical catchments with heterogeneous landscapes. **Science of the total environment**, v. 635, p. 1091-1101, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718311549>. Acesso em: 28 jan. 2022.

SANTI, G. M. *et al.* Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Revista Bacias Hidrográficas do Paraná – Série Histórica**. Curitiba, p. 104, 2010.

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Portaria SUREHMA nº019/92 de 12 de maio de 1992**. Paraná, 1992.

UECHI, D. A.; GABAS, S. G.; LASTORIA, F. Análise de metais pesados no Sistema Aquífero Bauru em Mato Grosso do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 155-167, 2017.

VERÍSSIMO, F. A. R.; FERREIRA, M. I. P. Aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) para caracterização do baixo curso do Rio São João. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes, v. 7 n. 2, p. 181-197, 2013.

7 NORMAS DO ARTIGO 2

Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (ISSN 2179-6858)

Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (ISSN 2179-6858) é uma publicação científica internacional em língua portuguesa, espanhola ou inglesa, que tem por objetivo promover discussões, disseminar idéias e divulgar resultados de pesquisas (com enfoques locais, nacionais e internacionais) relacionadas às ciências ambientais e áreas relacionadas. **Impact Factor 1,52** by Citefactor. **NOVO QUALIS (2017-2020) Referência B1.** QUALIS (2013-2016) mais elevado em Ciências Ambientais (B1).

NOVO QUALIS (2017-2020) Referência B1.

Qualis-Periódicos: é um sistema da CAPES-MEC usado para classificar a produção científica dos programas de pós-graduação brasileira no que se refere aos artigos publicados em periódicos científicos. A avaliação atualizada (2013-2016) neste sistema, para este periódico é:

- **B1** em Ciências Ambientais;
- **B2** em Planejamento Urbano e Regional e Demografia;
- **B3** em Interdisciplinar, Engenharias 1, e Ensino;
- **B4** em Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo, Educação, Engenharias 2, Engenharias 3, Geografia, Direito, e Medicina Veterinária;
- **B5** em Biotecnologia, Ciências Agrárias I, Comunicação e Informação, Educação Física, e em Economia;
- **C** em Astronomia, Física, Biodiversidade, Química, Zootecnia e Recursos Pesqueiros, e em Ciências Biológicas 2.

Cite Factor: é um serviço que fornece acesso a periódicos de acesso aberto com qualidade controlada. A indexação do diretório de periódicos visa ser abrangente e cobrir todos os periódicos científicos e acadêmicos de acesso aberto que usam um sistema de controle de qualidade apropriado, e não se limitará a idiomas ou áreas específicas, específicas. O objetivo do Diretório é aumentar a visibilidade e facilidade de uso de revistas científicas e acadêmicas de acesso aberto, promovendo, assim, seu maior uso e impacto. Neste sistema métrico a avaliação desta revista é **Fator de Impacto 2020-2021 = 1,52**.

Google Scholar Metrics: é um sistema criado pela Google para facilitar a avaliação do impacto de um periódico, de seus artigos e autores na comunidade acadêmica. A avaliação atualizada (mar/2021) neste sistema, para este periódico é: **h-index: 9 / i10-index: 5**

H5-index é o h-index para artigos publicados nos últimos 5 anos completos. É o maior número h, de modo que os artigos publicados em 2012-2016 tenham pelo menos h citações cada.

H5-mediana para uma publicação é o número médio de citações para os artigos que compõem seu índice h5.

BASES DE DADOS INDEXADAS

Academic Journals Database

BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

COPAC (Inglaterra)

CrossRef

EBSCO Complementary Index

EBSCO Fonte Acadêmica

EZB (Electronic Journals Library)

Google Acadêmico

Latindex

Livre - Portal do Conhecimento Nuclear

Periódicos CAPES

ROAD SOCOLAR

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a qualidade do ribeirão Floriano, de maneira geral pode ser considerado regular. Desta forma, ainda há necessidade de realizaar estudos de monitoramento em relação ao impacto em corpos de água urbano e rural dos denominados afluentes e subafluentes da região de Maringá, onde os mesmos são pertencentes a bacia do Ivaí. Além de firmar estudos sobre impactos relacionados à ocupação do solo, agricultura, pecuária, entre outros, os quais possibilitarão o acompanhamento de ações antrópicas nas áreas urbanas e rurais dos municípios que o banham, facilitando assim a implementação de um programa de gestão para a região em questão.

Para complementação e continuidade do trabalho, sugere-se ainda estudo de materiais sólidos no leito do ribeirão Floriano para maior confiabilidade em relação a classificação do mesmo.

E por fim, é de grande importância que haja iniciativas do Estado, para desenvolver políticas públicas estabelecendo que instituições e toda sociedade criem de forma crítica por meio de pesquisas e ações a fim de assegurar recursos naturais, para recuperação e preservação das águas e de todo meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Indicadores de qualidade - Índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indiceaguas.aspx>. Acesso em: 27 dez. 2020.
- ANDRADE, L. R. S. *et al.* Qualidade das águas superficiais da universidade federal de campina grande: riscos e benefícios para reúso. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 170-184, 2018.
- ANDRIETTI, G. *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. v. 22 Washington, DC, New York: American Public Health Association, 2012.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BASSO, E. R.; CARVALHO, S. L. Avaliação da qualidade da água em duas represas e uma lagoa no município de Ilha Solteira (SP). **Holos Environment**, v. 7, n. 1, p. 16-29, 2017.
- BEZERRA, J. M. *et al.* Análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, n. 34, p. 3443-3454, 2013.
- BRAILE, P. M. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 1993.
- BRANDÃO, C. J. *et al.* (org.). **Guia Nacional de Coleta a Preservação de Amostra: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília, ANA, 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Diário Oficial da União**. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.
- CARDOSO, B. N. P. **Efeito da contaminação de cromo de macroinvertebrados aquáticos no córrego Monte Alegre: estrutura da comunidade e teste de toxicidade**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP, 2018.
- CARVALHO, K. Q. *et al.* Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice G. Mapas das UGRHIs**. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-G_Mapas-das-UGRHIs.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice J.** Resultados do monitoramento. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-J_Resultados-do-Monitoramento.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice M.** Histórico da Média dos Índices de Qualidade. São Paulo, 2018. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-M_-Hist%C3%B3rico-da-M%C3%A9dia-dos-%C3%8Dndices-de-Qualidade.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação dos níveis de contaminação por mercúrio na água, sedimento e peixes na represa de Barra Bonita e seus rios formadores:** Piracicaba e Tietê. São Paulo: CETESB, 1986.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CETESB 50 Anos de Histórias & Estórias.** São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Livro-CETESB-50-anos.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatórios.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas, 2017 a.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. 2017b.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2020.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas, 2017 a.**

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Apêndice E – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. 2017b.**

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo: significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade.** São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: [http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-eSanit%](http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-eSanit%20). Acesso em: 20 jan. 2021.

CHANG, F. J. *et al.* Modeling water quality in an urban river using hydrological factors. **Journal of Environmental Management**, v. 151, p. 87-96, 2015.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. 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. Brasília: DOU, 2005.

CORDEIRO, E. B. Avaliação da Qualidade da Água de um Lago de Efluentes da Cantina Universitária da UNIPAMPA Campus São Gabriel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 20. **Anais [...]**, p. 1-4, 2018. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29445/19046>. Acesso em: 12 jan. 2021.

COSTA, C. R. *et al.* A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

CUNHA, F. S.; AGUIAR, A. P. Métodos para Remoção de Derivados Fenólicos de Efluentes Aquosos. **Revista Virtual Quim.**, v. 6, n. 4, p. 844-865, 10 mar. 2014.

FIGUEIREDO, W. S. **Estratégias Metaloproteômicas na Investigação de Biomarcadores de Mercúrio em Amostras de Tecido Muscular de Tucunarés**. Dissertação (Mestrado) – UNB – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Brasília, 2015.

FIGUR, C.; REIS, J. T. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, mai./ago., 2017, p. 352-365

GLORIA, L.; HORN., B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>.

LEE, C. S.; LEE, Y. C.; CHIANG, H. M. Abrupt state change of river water quality (turbidity): Effect of extreme rainfalls and typhoons. **Science of The Total Environment**, v. 557-558, p. 91-101, 2016.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: Spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.**, v. 12, p. 343-346, 1967.

LUCON, T. N. *et al.* Cadmium behavior in a karst environment hydrological cycle. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-15, 2020.

MCKINLEY, D. C. *et al.* Citizen Science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. **Biological Conservation**, v. 208, p. 15-28, 2017.

MEDEIROS, A. C. *et al.* Quality index of the surface water of Amazonian rivers in industrial areas in Pará, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 123, n. 1, p. 156-164, 2017.

MENDES, J.S.; CHAVES, L.H.G.; CHAVES, I.B. Qualidade de água para consumo humano

em comunidades rurais do município de Congo (PB). **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 333-342, 2018

MEZOMO, Á. M. **A Qualidade das águas como subsídio para a gestão ambiental**. Dissertação (Mestrado) UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

MISAGHI, F. *et al.* Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A case study of the GhezelOzan River. **Science of the Total Environment**, v. 589, p. 107-116, 2017.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2012.

OLIVEIRA, D. G. *et al.* Land use and its impacts on the water quality of the Cachoeirinha Invernada Watershed, Guarulhos (SP). **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 1, 2018.

PASSOS, Ana Luiza Litz *et al.* Critério para Avaliação da Qualidade de Água no Brasil: Um Questionamento sobre os Parâmetros Utilizados. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 2, p. 290-303, mai./ago., 2018.

PRAT, N.; MUNNE, A. Water use and quality and stream flow in a Mediterranean stream. **Water Resources**, v. 34, n. 15, p. 3876-3881, 2000.

SANTANA, N. R. F. *et al.* Índice de qualidade da água nas nascentes do Rio Piauitinga-SE por análise multivariada e o uso na irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 6, p. 999-1010, 2017.

SANTI, G. M. *et al.* Variabilidade espacial de parâmetros e indicadores de qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil. **Ecologia Aplicada**, v. 11, n. 1, p. 23-31, 2012.

SANTOS, L. T. S. O.; JESUS, T. B.; NOLASCO, M. C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais do Rio Subaé, Bahia. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v.1, n. 1, p. 68-79, 2014.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Revista Bacias Hidrográficas do Paraná – Série Histórica**. Curitiba, p. 104, 2010b.

SHUBO, T. **Sustentabilidade do Abastecimento e da Qualidade da Água Potável Urbana**. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Fevereiro de 2003. Disponível em: <http://teses.iciet.fiocruz.br/pdf/shubotcm.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2021.

SILVA, P. S. *et al.* Avaliação da qualidade de água: concepção hidrossanitária da Bacia do Rio do Campo, Paraná, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 26-38, 2018.

SINGH, T. *et al.* **An effective approach for the degradation of phenolic waste: phenols and cresols**. In: **Abatement of Environmental Pollutants**. Elsevier, 2020. p. 203-243.

SPATARU, P.; FERNANDEZ, F.; SISTA, J.W. *et al.* Influence of the interaction of calcium carbonate particles with surfactants on the degree of water pollution in small rivers. **Ecological**

Processes, v. 6, n. 18, 2017.

SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

TABORDA, J. *et al.* **Avaliação dos aspectos físico-químicos e microbiológicos para determinação do índice de qualidade da água–IQA no Rio Toledo–PR**. 2017.

TERSARIOL, P. P. S. **Diagnóstico da bacia hidrográfica do córrego do Bugre em Alumínio – SP**. Dissertação (Mestrado) UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ciências Ambientais, Sorocaba, –2015.

TÓTH, B.; BÓDIS, E. Estimation of suspended loads in the Danube River at Göd (1668 river km), Hungary. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 139-146, 2015.

TSUZUKI, Y. Relationships between pollutant discharge and water quality in the rivers from “better” to “worse” water quality. **Ecological Indicators**, v. 52, p. 256-269, 2015.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. **Limnological Analyses**: Springer-Verlag, 1991.

YING, G. G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment. **Environment International**, v. 32, n. 3, 417-431, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16125241/>. Acesso em: 23 dez. 2020.