

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO FURQUIM GHIRALDI

**EFEITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA DO
RIBEIRÃO JACUTINGA**

LONDRINA

2023

RODRIGO FURQUIM GHIRALDI

**EFEITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA DO
RIBEIRÃO JACUTINGA**

**Effect of land use and occupation on water quality in
Ribeirão Jacutinga**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel/Licenciado em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Maurício Moreira dos Santos.

Co-orientador (a): Prof.^a Kátia Valéria Marques Cardoso Prates.

LONDRINA

2023



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

RODRIGO FURQUIM GHIRALDI

**EFEITO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA DO
RIBEIRÃO JACUTINGA**

Trabalho de Conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 29/julho/2023

Pr. Dr. Maurício Moreira dos Santos.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Pr. Dr. Edson Fontes de Oliveira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Pr. Dr. Orlando, de Carvalho Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

LONDRINA

2023

Dedico este trabalho aos meus pais, por toda ajuda, compreensão e paciência.
A minha irmã que desempenhou um papel importantíssimo para que eu alcançasse esse meu objetivo e para a Geovana Mendes que me mostrou o que realmente importa nesta nossa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Marcio e Santina por todo o apoio, incentivo e compreensão até nos momentos mais difíceis da graduação, possibilitando minha chegada até aqui. Sou grato também a minha irmã Drielly por toda a ajuda nessa minha jornada. Amo muito vocês! A Geovana Mendes que sempre acreditou, e que apesar de tudo que ocorreu, me ensinou como somos seres frágeis, devendo sempre agradecer pelo privilégio de existirmos.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos e a Prof.^a Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates por todo o apoio, por toda ajuda, paciência, por serem tão compreensivos e por todas as orientações referentes ao trabalho que me colocaram no rumo certo.

Sou eternamente grato à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, por me acolher e oferecer um curso superior de ótima qualidade, mesmo ingressando tardiamente e com algumas dificuldades consegui obter muito conhecimento para que eu possa almejar um futuro melhor. Muita gratidão a todos os meus colegas e amigos que me ajudaram nesse processo.

E finalmente ao edital DIRGRAD/DIREC 10/2022 pelo apoio financeiro, bem como a todos os servidores, docentes ou técnicos, e terceirizados que de forma direta ou indireta contribuíram para que este momento chegasse.

RESUMO

GHIRALDI, Rodrigo Furquim. **Efeito do uso e ocupação da terra na qualidade da água do Ribeirão Jacutinga**. 2023. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária). – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária– Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

O manancial de abastecimento superficial no município de Ibiporã no Paraná é o Ribeirão Jacutinga. Com sua nascente localizando-se na cidade de Cambé, este percorre toda a região norte do município de Londrina até a cidade de Ibiporã, onde é utilizado no abastecimento público da cidade. Posteriormente este desagua no Rio Tibagi, manancial de abastecimento da cidade de Londrina, assim, destaca-se pela sua importância ao norte do estado do Paraná. Totalizando uma extensão de aproximadamente 250 km, ele transcorre pelos três municípios entre áreas urbanas e rurais, interagindo com diferentes usos da terra. A fim de se avaliar a influência destes diferentes usos na qualidade da água do Ribeirão Jacutinga, analisou-se uma série histórica de dados monitorados pela Agência Nacional de Águas (ANA), compreendendo os anos 2000 até 2022. Utilizou-se de indicadores limnológicos como, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, temperatura do ar e da água, como também microbiológicos, coliformes totais e *Escherichia coli*. Elaborou-se mapas de uso e ocupação da terra com o intuito de se obter uma possível relação entre estes dados obtidos com as variáveis limnológicas e microbiológicas analisadas. Concluiu-se que ocorreu um aumento da atividade agrícola no decorrer dos anos, mais especificamente um crescimento expressivo nas áreas associadas ao cultivo de soja, entre os anos de 2012 e 2018, o que pode ter sido um fator que impactou na qualidade deste corpo hídrico neste intervalo de tempo. Considerando a área que compreende a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, este aumento representou aproximadamente 44% de sua totalidade. Analisando o Índice de Qualidade das Águas (IQA) entre os anos de 2020, 2021 e 2022 obteve-se índices razoáveis, o que pode indicar que este corpo hídrico não sofreu influências significativas acarretadas pelo crescimento urbano e agrícola em sua bacia.

Palavras-chave: uso; ocupação; ribeirão; Jacutinga.

ABSTRACT

GHIRALDI, Rodrigo Furquim. **Effect of land use and occupation on water quality in Ribeirão Jacutinga**. 2023. 63p. Completion of course work (Bachelor in Environmental and Sanitary Engineering). – Environmental and Sanitary Engineering Course – Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2023.

The source of surface supply in the municipality of Ibiporã in Paraná is the Ribeirão Jacutinga. With its source located in the city of Cambé, it runs through the entire northern region of the municipality of Londrina to the city of Ibiporã, where it is used in the public supply of the city. Subsequently, this flows into the Tibagi River, the source of supply for the city of Londrina, thus, it stands out for its importance in the north of the state of Paraná. With a total length of approximately 250 km, it runs through the three municipalities between urban and rural areas, interacting with different land uses. In order to evaluate the influence of these different uses on the water quality of Ribeirão Jacutinga, a historical series of data monitored by the National Water Agency (ANA) was analyzed, covering the years 2000 to 2022. Limnological indicators such as, hydrogen potential, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solids, air and water temperature, as well as microbiological, total coliforms and Escherichia coli. Maps of land use and occupation were prepared in order to obtain a possible relationship between these data obtained with the limnological and microbiological variables analyzed. It was concluded that there was an increase in agricultural activity over the years, more specifically an expressive growth in areas associated with soybean cultivation, between 2012 and 2018, which may have been a factor that impacted the quality of this water body. in this time interval. Considering the area comprising the Ribeirão Jacutinga Watershed, this increase represented approximately 44% of its totality. Analyzing the Water Quality Index (WQI) between the years 2020, 2021 and 2022, reasonable rates were obtained, which may indicate that this water body has not suffered significant influences caused by urban and agricultural growth in its basin.

Keywords: use; occupation; creek; Jacutinga.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Elementos de uma Bacia Hidrográfica.....	14
Figura 2 - Eutrofização em uma Bacia Hidrográfica.....	16
Figura 3 - Exemplos de inter-relação entre uso e ocupação da terra e focos alternadores da qualidade da água.....	17
Figura 4 - Rotas do Uso da Água.....	18
Figura 5 - Esquema simplificado do processo de avaliação de qualidade ecológica de uma massa de água superficial.....	21
Figura 6 - Classes de enquadramento e respectivos usos.....	21
Figura 7 - Impurezas contidas na água.....	22
Figura 8 - Bacias Hidrográficas da região de estudo.....	33
Figura 9 - Vegetação predominante na região de estudo.....	34
Figura 10 - Clima predominante na região de estudo.....	35
Figura 11 - Relevo predominante na região de estudo.....	36
Figura 12 - Curvas de nível da região de estudo.....	37
Figura 13 - Tipos de solos predominantes na região de estudo.....	38
Figura 14 - Visão geral da metodologia adotada pelo projeto MapBiomias.....	41
Figura 15 - Mapas de uso e ocupação da terra de 2000 a 2009.....	44
Figura 16 - Mapas de uso e ocupação da terra de 2012 a 2021.....	45
Figura 17 - Gráficos referentes a proporção de área de cada classe dos anos de 2000, 2006, 2012 e 2018.....	46
Figura 18 - Sequência gráfica das médias anuais dos parâmetros de qualidade da água dos anos de 2020 a 2021 (A; D).....	49
Figura 19 - Pontos sugeridos para uma futura coleta de dados.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros para o cálculo do IQA.	25
Tabela 2 - Faixas do IQA para diferentes estados brasileiros.....	30
Tabela 3 - Quantidade de dados disponíveis de 2000 à 2021 (A; B).	39
Tabela 4 - Quantidade de dados disponíveis em 2020, 2021 e 2022 (A; B).	40
Tabela 5 – Classes selecionadas de níveis 2 e 3 utilizadas pelo projeto MapBiomias.	42
Tabela 6 - Dados de área de cada classe na Bacia do Ribeirão Jacutinga no período de 2000 a 2021.	43
Tabela 7 - Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2000 a 2021 (A; C).	47
Tabela 8 – Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2020, 2021 e 2022 (A; B).	54
Tabela 9 - Resultados dos cálculos de IQA referentes aos anos de 2020, 2021 e 2022.	54

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Bacia Hidrográfica.....	14
3.2. Qualidade da água e uso e ocupação da terra	15
3.3. Parâmetros de monitoramento da qualidade da água	22
3.4. Geoprocessamento aplicado	23
3.5. Índice de qualidade das águas (IQA).....	24
3.5.1. Descrição do cálculo do IQA	24
3.5.2. Oxigênio Dissolvido.....	26
3.5.3. Turbidez	26
3.5.4. Resíduo total	27
3.5.5. Temperatura.....	27
3.5.6. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	27
3.5.7. Nitrogênio total	28
3.5.8. Coliforme termotolerantes	29
3.5.9. Fósforo total	29
3.5.10. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20}).....	29
3.6. Dados de uso e ocupação da terra	30
3.6.1. QGIS versão 3.28.3	31
3.6.2. Projeto MapBiomass	31
3.6.3. Ferramenta Google Earth Pro®	32
3.7. Dados de qualidade da água	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1. Caracterização da área de estudo.....	33
4.2. Qualidade da água.....	38
4.3. Mapas de uso e ocupação da terra	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. Análise do uso e ocupação da terra	43
5.2. Análise da qualidade da água	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
REFERÊNCIAS	58
ANEXO A: Dados brutos disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) coletados pela estação 64507100 - ETA SAMAE Ibiporã - Ribeirão Jacutinga (A).	61
ANEXO A: Dados brutos disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) coletados pela estação 64507100 - ETA SAMAE Ibiporã - Ribeirão Jacutinga (B).	62
ANEXO B: Dados brutos de qualidade da água referentes ao Ribeirão Jacutinga disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).	63

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história humana o desenvolvimento das civilizações ainda provoca impactos no meio natural. Tal desenvolvimento está diretamente ligado à exploração de recursos e, a intensificação dessas atividades impactam de forma nociva o ambiente. Segundo MUGGLER et al. (2006), com o advento da Revolução Industrial, estabeleceu-se um novo modelo de produção baseado no consumo e no consequente uso intensivo de combustíveis fósseis e de outros recursos naturais.

Segundo CAMPOS et al. (1997), o desenvolvimento urbano concentrado e desordenado levou a intensificação de alguns impactos ambientais decorrentes da demanda crescente por alimentos, matérias primas e de uma área externa para a assimilação dos resíduos gerados nesses aglomerados.

O agronegócio é a principal atividade econômica desenvolvida no Brasil, considerado atualmente um dos maiores produtores de alimentos do mundo, o país gradativamente teve suas técnicas agrícolas modernizadas, o que favoreceu a ampliação de suas áreas agricultáveis dedicadas majoritariamente à exploração de commodities. Ao mesmo tempo, segundo ALVES-PINTO et al. (2017), o agronegócio está entre os principais fatores de mudança no uso e na ocupação do solo, sendo a atividade pecuária a principal responsável pelos maiores índices de desmatamento do país.

Além do meio rural, o desenvolvimento dos ambientes urbanos ocasiona um impacto significativo ao meio ambiente. Muitas vezes esse avanço se dá sem planejamento, ocorrendo de maneira desordenada conforme o crescimento das cidades.

Nesse sentido, segundo ESTEVES, (2011), os corpos hídricos são vulneráveis às transformações do meio em que estão inseridos, refletindo na qualidade de suas águas. Assim, se uma área se encontra muito antropizada, com um nível de degradação muito elevado, esses fatores podem alterar negativamente as características físico-químicas e biológicas dos sistemas aquáticos. Assim, municípios brasileiros que dependem de mananciais superficiais para o abastecimento, especialmente o urbano, podem ser afetados por atividades humanas, variabilidades climáticas e hidrológicas.

Dessa forma, estudos que visam a dinâmica da ocupação humana e variabilidades naturais em bacias hidrográficas são cada vez mais necessários e o Ribeirão Jacutinga, localizado na região de Londrina-PR, se enquadra neste contexto, especialmente, para além de outros condicionantes geoambientais, essa bacia é utilizada como manancial pela cidade de Ibiporã-PR.

Ainda segundo ESTEVES, (2011), as regiões dos grandes aglomerados urbanos modernos são completamente dependentes da disponibilidade de água em quantidade e qualidade, para todas as atividades humanas ali desenvolvidas.

Para a avaliação e a manutenção dessa dependência é viável a utilização de índices ambientais, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) proposto em 1970 nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation é atualmente o principal índice de qualidade da água utilizado no Brasil.

Assim, esse trabalho teve como objeto de estudo, avaliar o impacto causado pelo uso e a ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, verificando-se com imagens obtidas do projeto MapBiomas, os diferentes níveis de degradação ao longo do curso do Ribeirão e os relacionando com os dados de qualidade da água obtidos no portal HidroWeb.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Identificar o impacto causado pelo uso e a ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, verificando-se com imagens obtidas do projeto MapBiomias, os diferentes níveis de degradação ao longo do curso do Ribeirão e os relacionando com os dados de qualidade da água obtidos no portal HidroWeb.

2.2. Objetivos específicos

- I. Avaliar a possível relação entre a evolução do uso e ocupação da terra com parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água;
- II. Avaliar o enquadramento do Ribeirão Jacutinga considerando a Resolução CONAMA nº 357/2005.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

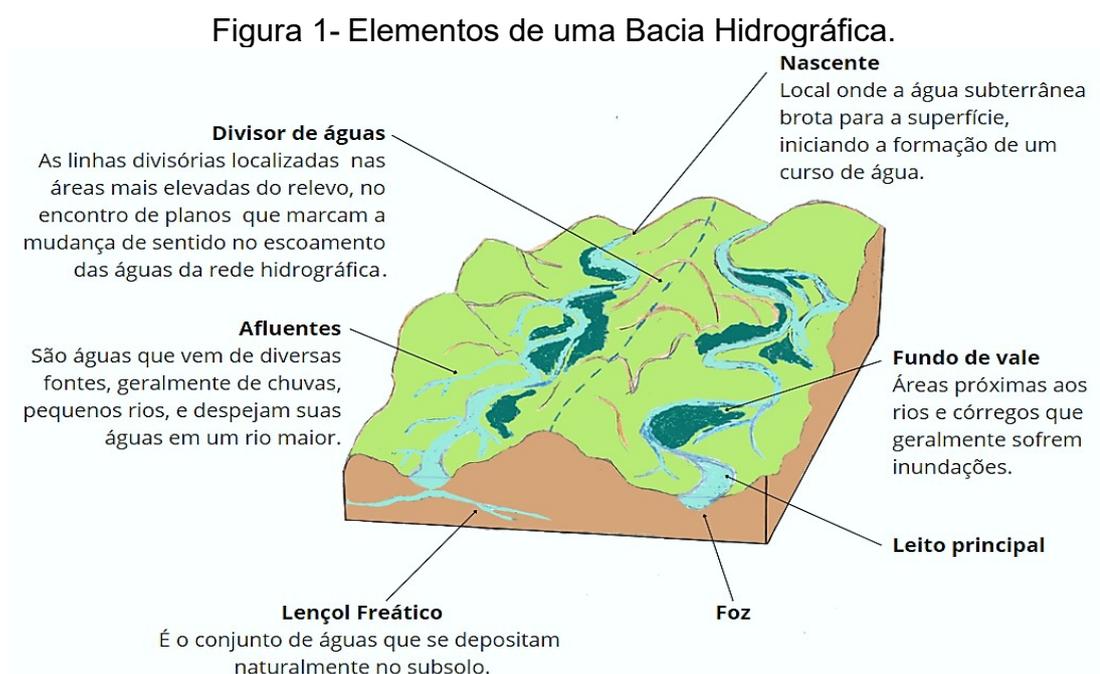
3.1. Bacia Hidrográfica

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2022), Bacia Hidrográfica pode ser definida como uma região geográfica limitada por um divisor de águas (terreno mais elevado), que direciona as águas da chuva (precipitação) de uma área mais alta para uma mais baixa, formando, a partir de vários afluentes, um curso de água principal. Assim é possível afirmar que a qualidade da água de determinada bacia está diretamente associada as condições naturais do meio em que está inserida.

Segundo CHAVES e SANTOS (2009), cursos d'água estabelecem-se como as principais características do meio, tornando-se verdadeiros recipientes dos poluentes do solo e da atmosfera de determinado local, e o uso e manejo desse solo é determinante para a qualidade da água em bacias hidrográficas.

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná foi instituída pela Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999, permitindo a adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento para implementação do gerenciamento hídrico. Nela é reconhecido que a água deve ser tratada como um bem finito e vulnerável, seu valor econômico e sua gestão descentralizada e participativa.

Na Figura 1 é possível visualizar elementos que caracterizam uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Autoria própria (2023).

Assim, avaliar a influência do uso e ocupação da terra é de fundamental importância para determinar-se o nível de integridade de uma Bacia Hidrográfica, considerando o carreamento de efluentes pelas águas da chuva para uma bacia, difundindo essa contaminação. O que pode levar ao acúmulo de nutrientes na água, o que torna indispensável mensurar esses impactos com parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água para se determinar o nível de degradação, com o intuito de mitigar ou até extingui-los (VON SPERLING M., 2007).

3.2. Qualidade da água e uso e ocupação da terra

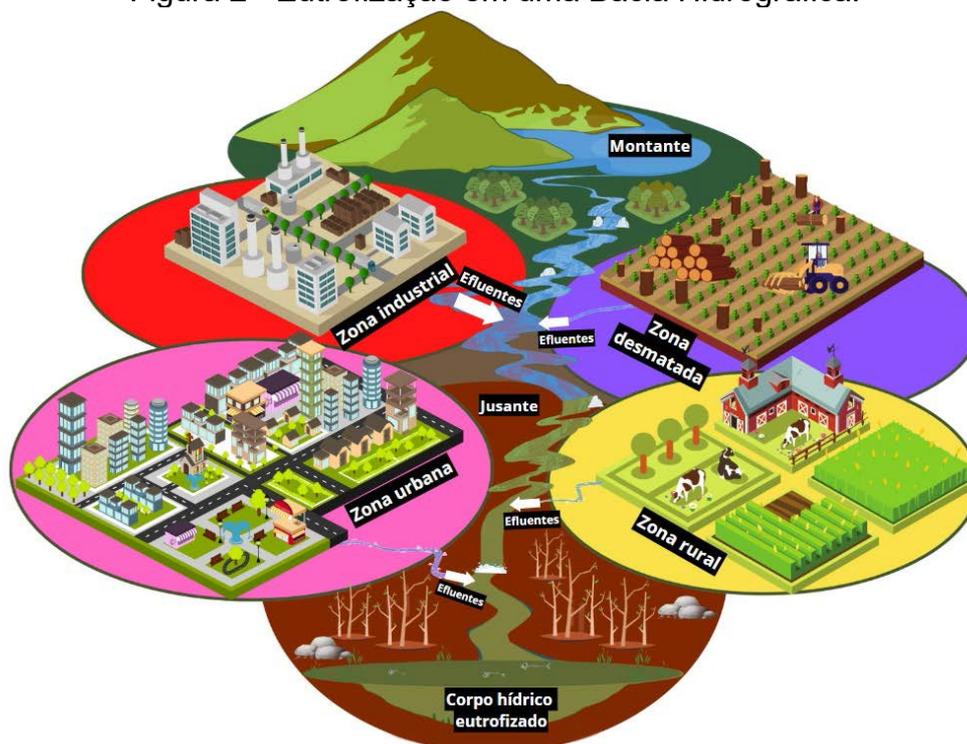
A água é um elemento fundamental para a existência humana, considerando que proteínas, membranas, enzimas, mitocôndrias e hormônios somente são funcionais na presença dessa substância. Assim, indispensável na composição química de todos os organismos vivos, pode representar de 65 a 95% de massa da maior parte das formas vivas e possui extraordinárias propriedades físico-químicas que são responsáveis por sua importância biológica (TUNDISI, 2008).

Ainda segundo TUNDISI, (2008), todos os processos básicos na vida de quaisquer organismos dependem da água. A água é o solvente universal que transporta gases, elementos e substâncias, compostos orgânicos dissolvidos que são a base da vida de plantas e animais no planeta. O hidrogênio da água funciona como uma fonte de elétrons na fotossíntese. Já o oxigênio é altamente eletronegativo e, na água, está associado a dois átomos de hidrogênio que retém uma carga positiva.

Corpos da água utilizados para o abastecimento urbano são vulneráveis aos processos de uso e ocupação da terra que ocorrem em seu entorno. Para MENDES e CIRILO (2001), as consequências ambientais decorrentes do uso e da ocupação do solo estão presentes em todos os componentes do ciclo hidrológico, como no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos e na qualidade da água.

A Figura 2 exibe o que pode ocorrer em uma bacia excessivamente antropizada.

Figura 2 - Eutrofização em uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Autoria própria (2022).

Segundo VON SPERLING (2011), o processo de eutrofização ocorre devido ao crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como prejudiciais aos usos desejáveis do corpo d'água.

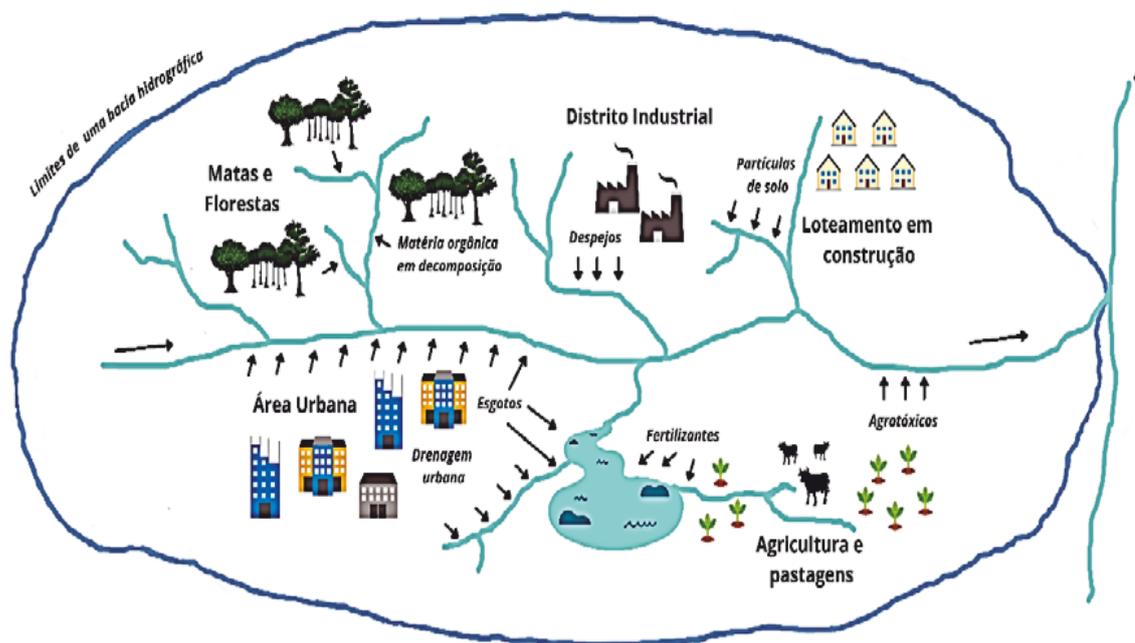
Ainda VON SPERLING (2011) pondera que processos de eutrofização podem ocorrer em rios, embora menos frequentemente, devido às condições ambientais destes corpos hídricos serem adversas ao crescimento de algas e outras plantas, possuindo turbidez e velocidades elevadas. Assim, sempre se faz necessária a mensuração dos impactos gerados pelas ações antrópicas, a fim de se definir a fonte e os níveis de trofia.

Para se caracterizar o estágio de eutrofização em que se encontra um corpo d'água, possibilitando a tomada de medidas preventivas e /ou corretivas, é interessante a adoção de um sistema classificatório. Usualmente, tem-se os seguintes níveis de trofia (VON SPERLING M., 2011):

- I. Oligotrófico (lagos claros e com baixa produtividade);
- II. Mesotrófico (lagos com produtividade intermediária);
- III. Eutrófico (lagos com elevada produtividade, comparada ao nível natural básico).

A Figura 3 exemplifica possíveis inter-relações entre o uso e ocupação da terra e variáveis que podem alterar a qualidade da água.

Figura 3 - Exemplos de inter-relação entre uso e ocupação da terra e focos alternadores da qualidade da água.



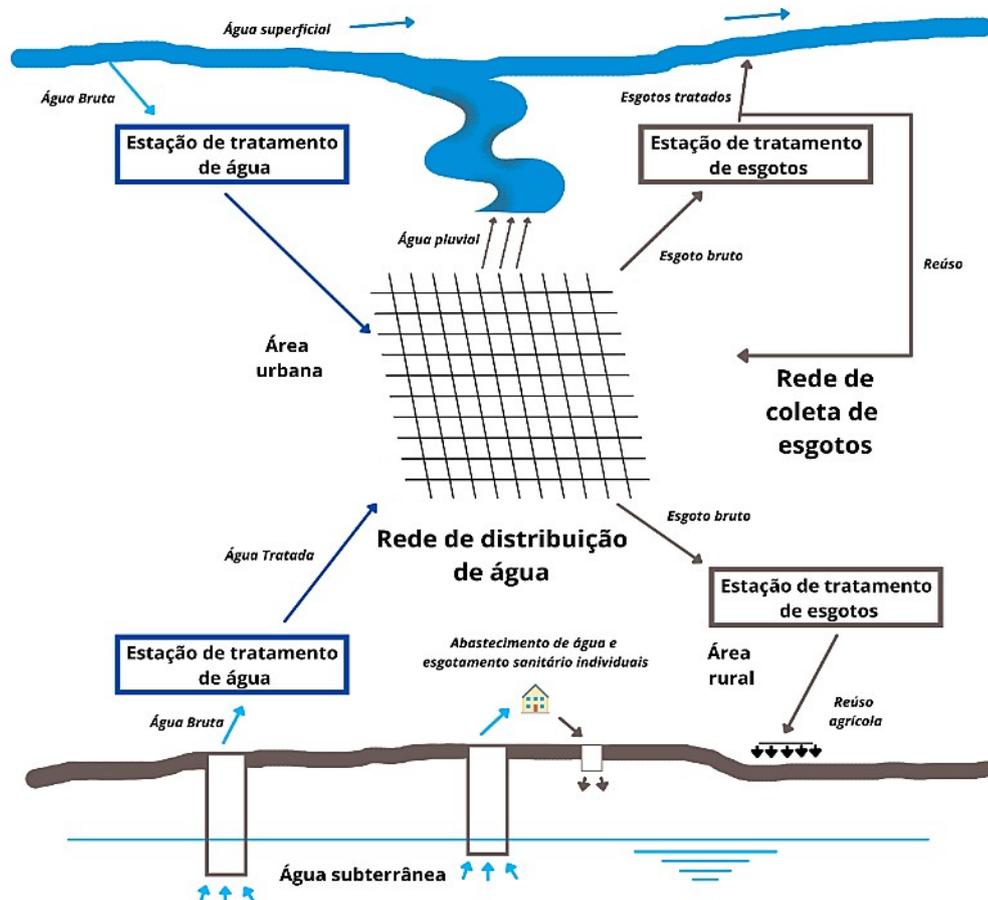
Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de Von Sperling M., (2007).

Para ESTEVES (2011) as indústrias de processamento de alimentos são as principais fontes de efluentes orgânicos, tendo grande influência no metabolismo do oxigênio nos ecossistemas aquáticos, visto que em baixas concentrações deste o íon fosfato é mais facilmente liberado dos sedimentos.

E comparada a atividade agrícola, ainda para ESTEVES (2011), a atividade pastoril tem efeitos menores sobre a eutrofização antrópica, pois somente grandes populações de animais poderiam exercer um impacto significativo associado a seus dejetos sobre os níveis de fosfato e nitrogênio em ambientes lacustres.

A Figura 4 exhibe exemplos de rotas do uso da água, onde sua qualidade varia em cada alteração de seu percurso.

Figura 4 - Rotas do Uso da Água.
Água, esgotos e água pluvial



Fonte: Elaborado pelo autor adaptado de Von Sperling M., (2007).

Segundo VON SPERLING (2007) em seu livro Estudos e Modelagem da Qualidade da água de rios, aborda os seguintes aspectos levantados na Figura 4, como:

- Água bruta: Inicialmente, a água é retirada do Ribeirão, lago ou lençol subterrâneo, possuindo uma determinada qualidade;
- Água tratada: Após a captação, a água sofre transformações durante o seu tratamento para se adequar aos usos previstos;
- Água usada (esgoto bruto): Com a utilização da água, esta sofre novas transformações na sua qualidade, vindo a construir-se em um despejo líquido;

- Esgoto tratado: Visando a remoção dos principais poluentes, os despejos sofrem um tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. O tratamento dos esgotos é responsável por uma nova alteração na qualidade do líquido. Em vários locais em nosso país os esgotos são ainda lançados sem nenhum tratamento;
- Água pluvial: A água pluvial escoar no solo, incorpora novos constituintes e, no meio urbano, é coletada em sistemas de drenagem pluvial antes de ser lançada no corpo d'água;
- Corpo receptor: A água pluvial e o efluente da estação de tratamento de esgotos (quando existente) atingem o corpo receptor, onde, face à diluição e mecanismos de autodepuração, a qualidade da água volta a sofrer modificações;
- Reuso: Os esgotos tratados podem ser usados, sob certas condições, na agricultura, indústria e meio urbano.

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Este enquadramento visa:

- I. Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- II. Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

A partir do objetivo primeiro do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”, o enquadramento deve ser entendido como instrumento de planejamento, ou seja, que trabalha com a visão futura da bacia e permite que se defina a tática a ser utilizada nesse caminho rumo à situação desejada.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (2019), o enquadramento é um instrumento de planejamento, pois não se baseia apenas na classificação do estado atual de qualidade em um segmento do corpo d'água, mas estabelece a meta de qualidade de água a ser mantida ou alcançada.

Assim o processo de enquadramento passa pela elaboração de uma proposta

que serve de orientação para as discussões públicas. Essas discussões ocorrem no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica, que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

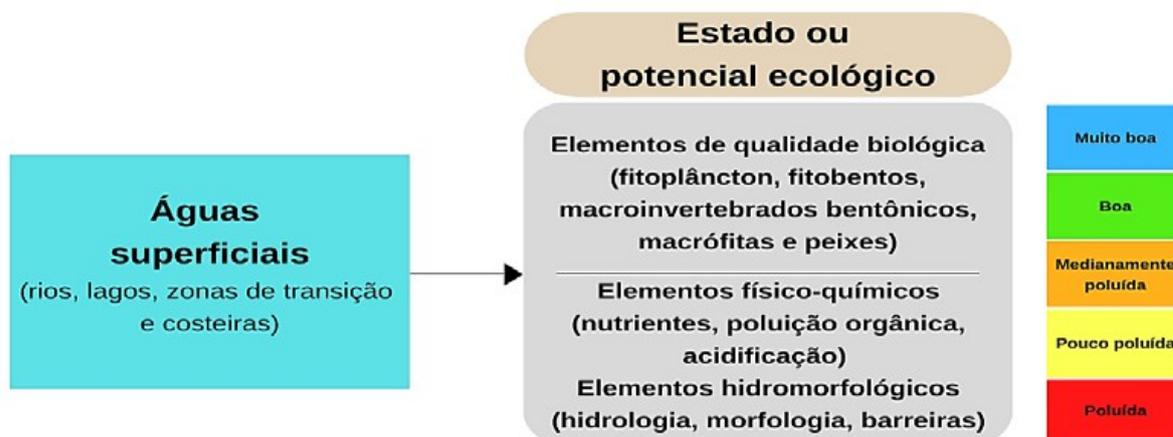
Cabe a ANA implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Também em caráter normativo, compete a ANA a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, dentre eles o instrumento de enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água (Lei nº 9.984/2000).

A aprovação final do enquadramento acontece no âmbito dos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal ou do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), conforme a dominialidade do corpo hídrico (dos Estados e do Distrito Federal ou da União, respectivamente)

A Resolução CONAMA nº 357 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, onde qualquer efluente que for lançado direta ou indiretamente em corpos d'água necessitam de tratamento prévio (BRASIL, 2005). Ainda, como complemento e alteração de alguns requisitos da CONAMA nº 357/2005, tem-se a Resolução CONAMA nº 430 de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento desses efluentes (BRASIL, 2011).

Assim, a avaliação da qualidade das águas superficiais são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, como o planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (IAT, 2022). A Figura 5 exemplifica alguns elementos considerados no processo de avaliação da qualidade das águas superficiais:

Figura 5 - Esquema simplificado do processo de avaliação de qualidade ecológica de uma massa de água superficial.

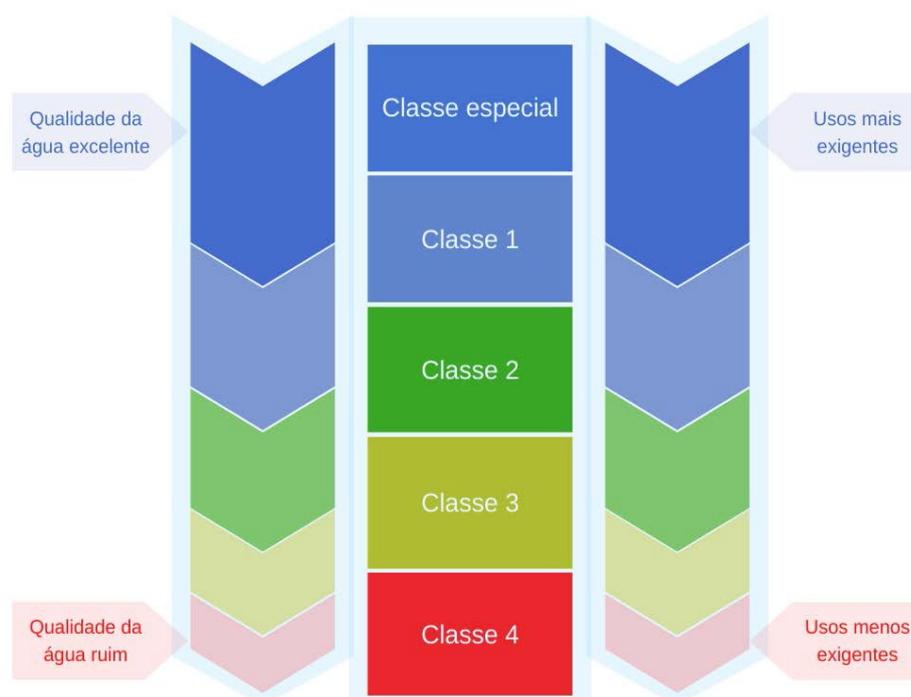


Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de EEA (2018).

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2022), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelece como um de seus fundamentos que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas.

Esses usos da água são condicionados pela sua qualidade (Figura 6), onde as águas com maior qualidade permitem a existência de usos mais exigentes, enquanto águas com pior qualidade permitem apenas os usos menos exigentes.

Figura 6 - Classes de enquadramento e respectivos usos.

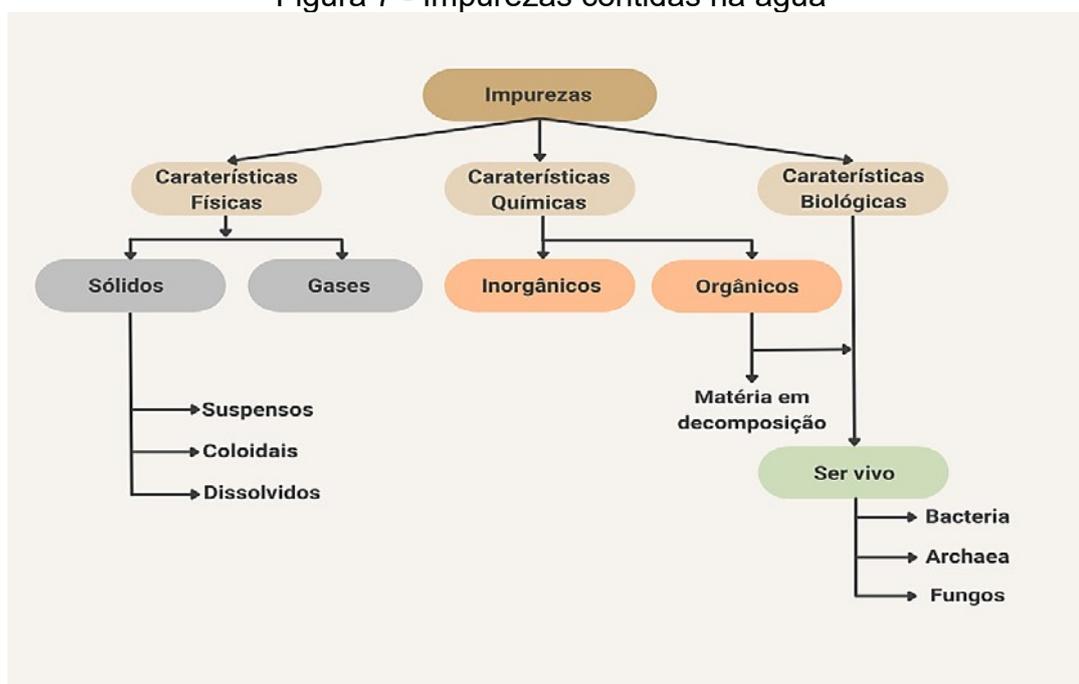


Fonte: Elaborado pelo autor, modificado da resolução CONAMA n°357 (2005).

3.3. Parâmetros de monitoramento da qualidade da água

Segundo VON SPERLING (2007), os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados de uma forma ampla em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água. As principais características da água podem ser expressas como representado na Figura 7:

Figura 7 - Impurezas contidas na água



Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de Von Sperling M., (2007).

Segundo a resolução CONAMA nº357 de 2005 e como ilustrado na Figura 5, essas características físicas, químicas e biológicas podem ser utilizadas para avaliar a qualidade da água. Cada parâmetro influencia de forma diferenciada, podendo haver relações entre eles (BRASIL, 2005):

- a) Características Físicas: Temperatura da água, sabor, odor, cor, turbidez, resíduo total, condutividade elétrica;
- b) Características Químicas: pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade, dureza, cloretos, nitrogênio e fósforo totais, oxigênio dissolvido (OD), matéria orgânica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), componentes inorgânicos e orgânicos;
- c) Características Biológicas: Coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e algas.

3.4. Geoprocessamento aplicado

O geoprocessamento é uma importante ferramenta para a análise do uso e ocupação da terra. Ele envolve a utilização de técnicas e ferramentas computacionais para o processamento, análise e visualização de dados geográficos.

A utilização de bancos de dados de sensoriamento remoto associados aos Sistemas de Informação Geográfica tem permitido a realização de inúmeros trabalhos nos vários campos da ciência, tornando-se uma ferramenta essencial capaz de quantificar e manipular dados georreferenciados, como também de tratá-los estatisticamente (INPE, 2023).

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal se tornou mais eficiente nos últimos anos com a utilização dos dados de sensoriamento remoto através do processamento de imagens, inclusive as de satélite (CAMPOS; *et al*, 2019).

Pesquisas relacionadas ao uso e ocupação da terra são ideais para o planejamento da ocupação territorial de uma localidade, considerando que o manejo incorreto do solo ocupado pode produzir impactos negativos a todo um ecossistema (FIORESE; LEITE, 2018).

No contexto do uso e ocupação da terra, o geoprocessamento pode ser utilizado para:

- **Mapeamento:** Criação de mapas temáticos que representam a distribuição espacial do uso e ocupação da terra em uma determinada região;
- **Análise espacial:** Identificação de padrões e tendências na distribuição do uso e ocupação da terra, como o avanço da urbanização em áreas rurais ou o desmatamento de áreas de floresta;
- **Simulação e modelagem:** Utilização de modelos e simulações para avaliar cenários futuros de uso e ocupação da terra, considerando diferentes fatores, como crescimento populacional, políticas públicas e mudanças climáticas.

Segundo SOUZA, (2009), a partir do sensoriamento remoto, por exemplo, é possível obter imagens aéreas ou de satélite para identificar padrões de uso e ocupação da terra, como áreas urbanas, florestas, pastagens, plantações, entre outros. A fotointerpretação, por sua vez, permite a identificação e classificação de diferentes tipos de uso e ocupação da análise de imagens aéreas ou de satélite.

Dessa forma, o geoprocessamento é uma técnica essencial para a gestão territorial e ambiental, permitindo a coleta, análise e apresentação de informações espaciais sobre o uso e ocupação da terra. Através de técnicas como o sensoriamento remoto, a fotointerpretação e o SIG, são possíveis identificar padrões, tendências e áreas de conflito, o que é fundamental para o planejamento e gestão territorial sustentável.

3.5. Índice de qualidade das águas (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2022).

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2022).

Mas este índice não abrange todos os parâmetros importantes para o abastecimento público, devido a essas limitações, não deve ser considerado isoladamente. (ANA, 2022).

O IQA é composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Tabela 1).

3.5.1. Descrição do cálculo do IQA

Segundo a ANA, 2022, o cálculo do Índice de Qualidade das Águas pode ser realizado por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, seguindo a seguinte equação:

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

(1)

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 do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

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

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

(2)

Sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Tabela 1 - Parâmetros para o cálculo do IQA.

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2022).

Abaixo segue uma breve descrição de cada parâmetro pertencente ao IQA discutido anteriormente:

3.5.2. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). As águas poluídas por efluentes não tratados apresentam uma baixa concentração pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, já as águas limpas apresentam geralmente concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, superiores a 5mg/L (ANA, 2022).

Durante a estabilização da matéria orgânica, os microrganismos fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio, mas se este for totalmente consumido, constitui-se condições anaeróbias, com possível geração de maus odores (VON SPERLING M., 2007).

3.5.3. Turbidez

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas, as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (ANA, 2022).

A turbidez é o grau de atenuação de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, que ocorre por absorção e espalhamento devido à presença de sólidos em suspensão orgânicos (algas, bactérias, gorduras) ou inorgânicos (areia, silte, argila) (ANA, 2022).

A elevação da turbidez pode ocorrer por processos naturais ou por influência antrópica. Já como a turbidez da água diminui a penetração de luz, conseqüentemente ela prejudica a realização da fotossíntese, levando a redução de alimento no meio aquático (CETESB, 2016).

Em termos da Resolução CONAMA n°357 (BRASIL, 2005) as concentrações de turbidez para águas doces de classe 1 têm o valor máximo de 40 NTU, e para classe 2 e 3 o valor máximo estabelecido é de 100 NTU.

3.5.4. Resíduo total

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Assim que determinam as frações desses sólidos presentes na água, empregando-se métodos gravimétricos para quantificá-los. (CETESB, 2016).

Sólidos na água podem ocorrer de forma natural ou por influência humana. Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento e acarretam em danos à vida aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos (ANA, 2022).

Na Resolução CONAMA nº357 as concentrações de sólidos dissolvidos para águas doces têm o valor máximo de 500 mg/L (BRASIL, 2005).

3.5.5. Temperatura

Pode ser definida como uma medida de intensidade de calor transferida por radiação, condução ou convecção. Ela interfere em vários parâmetros físico-químicos da água, como a viscosidade e a tensão superficial. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2022).

A temperatura superficial é influenciada por estações do ano, latitude, altitude, profundidade, taxa de fluxo, e período do dia, e pode sofrer ação antropogênica. Altas temperaturas aumentam as taxas de reação químicas, físicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases, aumentam a pressão (CETESB, 2016).

3.5.6. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons H^+ que interfere na acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Na natureza a variação de suas concentrações deve-se a dissolução de rochas, absorção de gases, oxidação da matéria e à fotossíntese, enquanto pode também estar associado a despejos químicos, industriais e domésticos (VON SPERLING M., 2007).

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. Alterações em seus valores intensificam o efeito de substâncias tóxicas para os organismos aquáticos, como os metais pesados (ANA, 2022).

A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9 (BRASIL, 2005).

3.5.7. Nitrogênio total

As fontes de nitrogênio para os corpos d'água são variadas, sendo uma das principais o lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais. Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas (ANA, 2022).

Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água (ANA, 2022).

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: Na forma molecular (N_2), como amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Assim podemos associar diferentes níveis de poluição e a sua fonte por meio da relação entre as formas de nitrogênio detectáveis (CETESB, 2016).

A presença de nitrito e nitrato pode ser um indicativo de que a fonte de poluição está distante visto que essas são as formas mais oxidadas do elemento. Mas na forma de nitrogênio amoniacal ou orgânico pode significar que ainda não houve tempo para ocorrer o processo de oxidação e por isso a fonte poluidora deve estar próxima (CETESB, 2016).

Juntamente com outros nutrientes tais como o fósforo, o nitrogênio no ambiente aquático pode causar um crescimento excessivo de algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2022).

3.5.8. Coliforme termotolerantes

São bactérias que podem ser consideradas um indicativo de poluição por esgotos domésticos. Sua presença possibilita a existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: desintéria bacilar, febre tifoide, cólera) (ANA, 2022).

Denominados de termotolerantes, o grupo dos coliformes totais estão presentes especificamente no intestino e nas fezes de animais de sangue quente e são considerados uma indicação mais precisa de contaminação fecal de animais e humanos. (CETESB, 2016).

A bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal representante do grupo dos coliformes termotolerantes. Representadas por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, somente a *E. coli* é de origem fecal (FUNASA, 2013).

3.5.9. Fósforo total

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células animais e vegetais (VON SPERLING M., 2007).

O fósforo na água apresenta-se basicamente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. A principal fonte de fósforo é a matéria orgânica fecal, os detergentes em pó, e as indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas, além disso a agricultura é grande fonte desse elemento que é carregado por processos de lixiviação até o corpo hídrico (CETESB, 2016).

3.5.10. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

Normalmente considera-se para a DBO a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias, numa temperatura de incubação de 20°C, chamada de DBO_{5,20} (CETESB, 2016).

Valores elevados de DBO_{5,20}, num corpo d'água são provocados geralmente pelo lançamento de altas cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes (ANA, 2022).

Os valores do IQA são classificados em faixas (Tabela 2), que variam entre os estados brasileiros:

Tabela 2 - Faixas do IQA para diferentes estados brasileiros.

<i>Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS</i>	<i>Faixas de IQA utilizadas nos seguinte Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP</i>	<i>Avaliação da Qualidade da Água</i>
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: ANA (2022).

3.6. Dados de uso e ocupação da terra

Dados de uso e ocupação da terra são de extrema importância para diversos setores e atividades, fornecendo informações essenciais para o planejamento urbano, gestão ambiental, monitoramento do crescimento urbano, desenvolvimento sustentável, tomada de decisões e políticas públicas.

O "*The Role of Land-Use Planning in Resilient Urban Development*", é um relatório produzido pela Organização das Nações Unidas (ONU) que destaca a importância da utilização de dados de uso e ocupação que são essenciais para a identificação de áreas de risco, a promoção de padrões de crescimento sustentável, a proteção dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Assim, devido a sua relevância há diversas ferramentas capazes de processar e manipular estes dados, algumas delas foram utilizadas neste trabalho, como serão descritas a seguir:

3.6.1. QGIS versão 3.28.3

O QGIS foi utilizado pois se trata de um aplicativo profissional GIS, que é construído a partir de Software Livre e de Código Aberto, Free and Open Source Software (FOSS).

Trata-se de um SIG licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU, integrando um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Este atende as plataformas Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta diversos formatos de vetores, rasters, bases de dados e funcionalidades (PROJETO QGIS, 2023).

3.6.2. Projeto MapBiomias

O Projeto MapBiomias trata-se de uma rede colaborativa formada por ONGs, universidades e startups de tecnologia. Realizam mapeamentos anuais da cobertura e uso do solo, como também monitoram a superfície da água e cicatrizes de fogo mensalmente com dados a partir de 1985 (MAPBIOMAS, 2022).

No projeto também se valida e elabora-se relatórios relacionados ao desmatamento detectado no Brasil desde janeiro de 2019, por meio do MapBiomias Alerta. Trabalhando em rede com instituições responsáveis por diferentes biomas e temas transversais para otimizar todas as soluções (MAPBIOMAS, 2022).

Realizam um processamento distribuído e automatizado dos dados através de uma parceria estabelecida com a ferramenta Google Earth Engine. Esta ferramenta permitiu o download de informações de classificações de cobertura e uso do solo para cada ano de interesse geradas pelo projeto.

A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia. Atualmente encontram-se na Coleção 7, utilizada neste trabalho, publicada em agosto de 2022, com 27 classes de legenda para confecção de mapas (MAPBIOMAS, 2022).

3.6.3. Ferramenta Google Earth Pro®

O software gratuito Google Earth® foi desenvolvido e distribuído pela Artcom estadunidense do Google®, onde apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de fontes diversas como imagens aéreas (fotografadas de aeronaves), GIS e plataformas 3D. Assim, a aplicação pode gerar tanto mapas bidimensionais e imagens de satélite, como, servir como um simulador de diversas paisagens presentes no Planeta Terra (GOOGLE, 2022).

3.7. Dados de qualidade da água

Os dados de qualidade da água desempenham um papel crucial na gestão dos recursos hídricos e na proteção da saúde humana e ambiental. A coleta e análise desses dados são fundamentais para diversas áreas e atividades.

O guia da Organização Mundial da Saúde (OMS) denominado: "*Water Quality Monitoring and Assessment: A Practical Guide*" aborda a importância da coleta de dados de qualidade da água para monitoramento e avaliação.

O documento enfatiza a importância destes dados para proteger a saúde pública, gerenciar os recursos hídricos, monitorar a saúde dos ecossistemas aquáticos e embasar a elaboração de políticas e regulamentações. Esses dados permitem tomar medidas preventivas e corretivas, garantindo o fornecimento de água potável segura, a preservação dos ecossistemas e a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Os dados de qualidade da água deste presente trabalho foram obtidos no portal HidroWeb que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e possibilita o acesso ao banco de dados que possui informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

O portal reúne dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e de sedimentos, sendo uma importante ferramenta de informação para a sociedade bem como para instituições públicas e privadas, tendo em vista a gestão dos recursos hídricos e diversos setores econômicos (ANA, 2022).

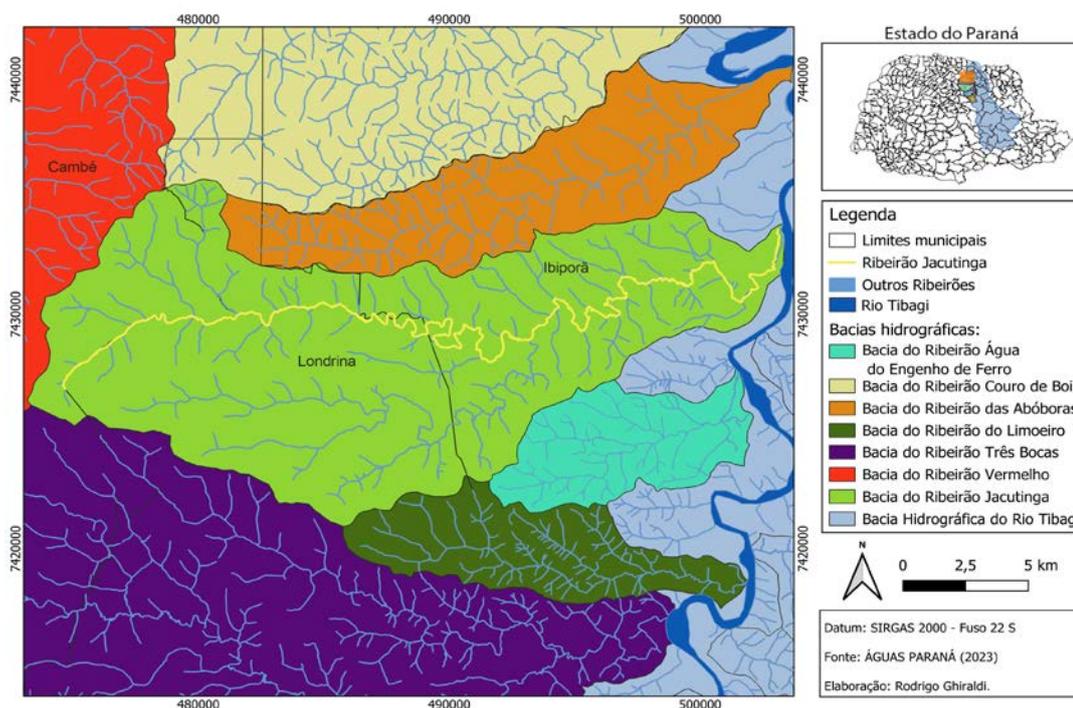
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

Segundo ARCHELA, (2003), a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga (Figura 8) está localizada nas coordenadas geográficas de 23°14'28''S e a 51°05'50''O, região norte do estado do Paraná, na Região Metropolitana de Londrina (RML). Afluente da margem esquerda do Ribeirão Tibagi, suas águas percorrem três cidades, de montante a jusante: Cambé, Londrina e Ibiporã (Figura 8).

Sua bacia apresenta a quarta maior área de drenagem entre as dez Bacias Hidrográficas presentes na RML, além disso, possui um comprimento total dos cursos d'água de 249,84 km, com uma área de aproximadamente 237,68 km² e perímetro de 84,32 km, e variação de altitude de 347 m e 680 m. Pelos parâmetros morfométricos apresenta uma baixa densidade hidrográfica, 0,49 rios/km² e uma densidade de drenagem de 1,05 km/km² (PML/Secretaria Municipal do Ambiente – SEMA, 2022).

Figura 8 - Bacias Hidrográficas da região de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

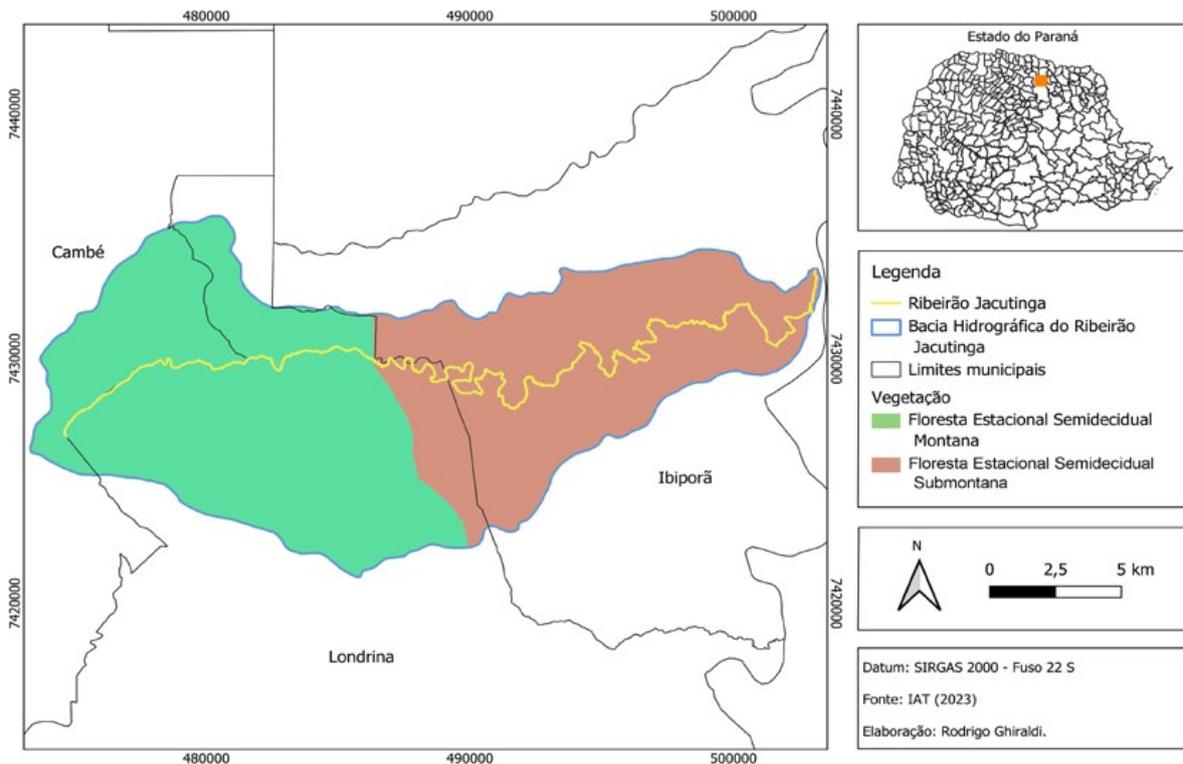
Sua nascente (Figura 8) localiza-se no município de Cambé, estende-se pelo extremo norte da área urbana de Londrina, desaguando no Ribeirão Tibagi, do município de Ibiporã.

Assim, a importância do Ribeirão Jacutinga não pode ser pensada isoladamente, porque além de ser o manancial de abastecimento da cidade de Ibiporã também integra a Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi, que por sua vez é manancial de abastecimento da cidade de Londrina.

Segundo RICCI e WIECHETECK (2021), o Ribeirão Jacutinga já passou por dois processos de enquadramentos. O primeiro ocorreu em 1991 baseando-se nos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20/1986, e o segundo em 2017, com base na Resolução CONAMA nº 357/2005 e o segundo determinou que a partir da captação em Ibiporã até a confluência com o Ribeirão Tibagi, representando uma extensão de 20,93 Km, sua classificação seria alterada para classe 3.

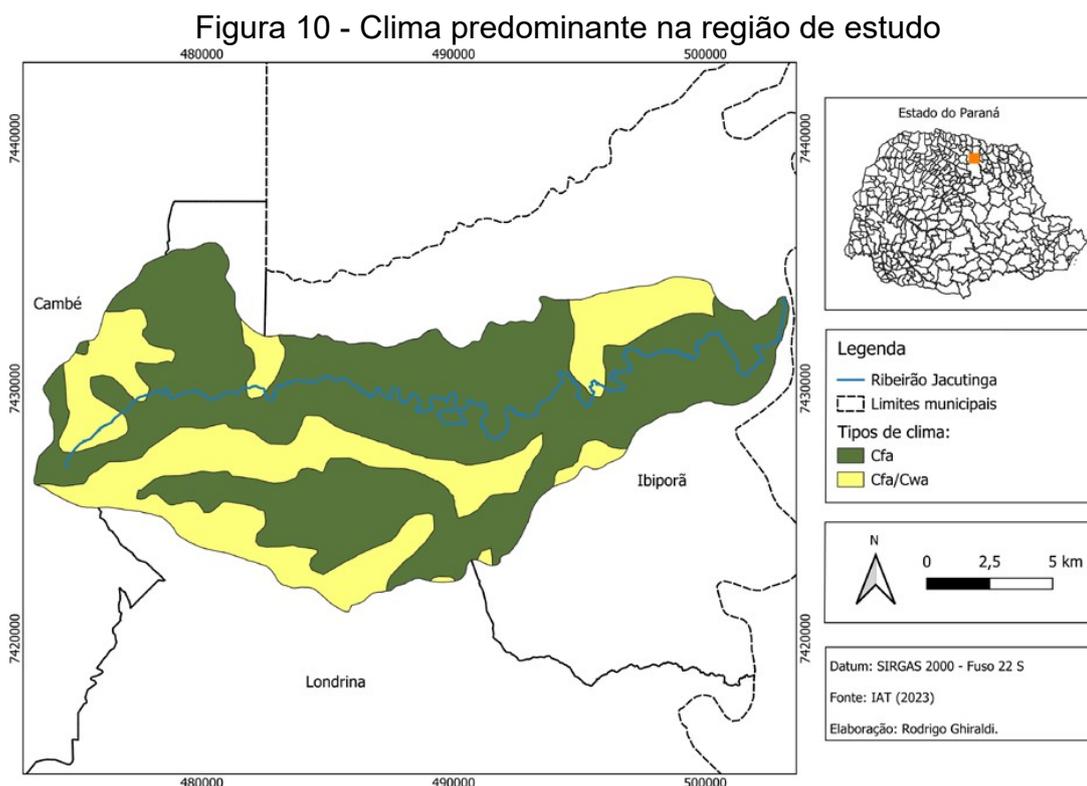
Já a vegetação predominante na região do ribeirão é do tipo floresta Estacional Semidecidual Montana e Submontana (Figura 9) condicionada pela dupla estacionalidade climática, uma Tropical com épocas de intensas chuvas e outra Subtropical, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno (CAMPOS e SOUZA, 1997).

Figura 9 - Vegetação predominante na região de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

De acordo com a classificação de Köppen o clima predominante na área de estudo (Figura 10) é o Cfa - Clima subtropical com transição para Cwa – Clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C) mas com temperaturas médias entre 18°C e 22°C. Possui verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida (IPPUL, 2022).

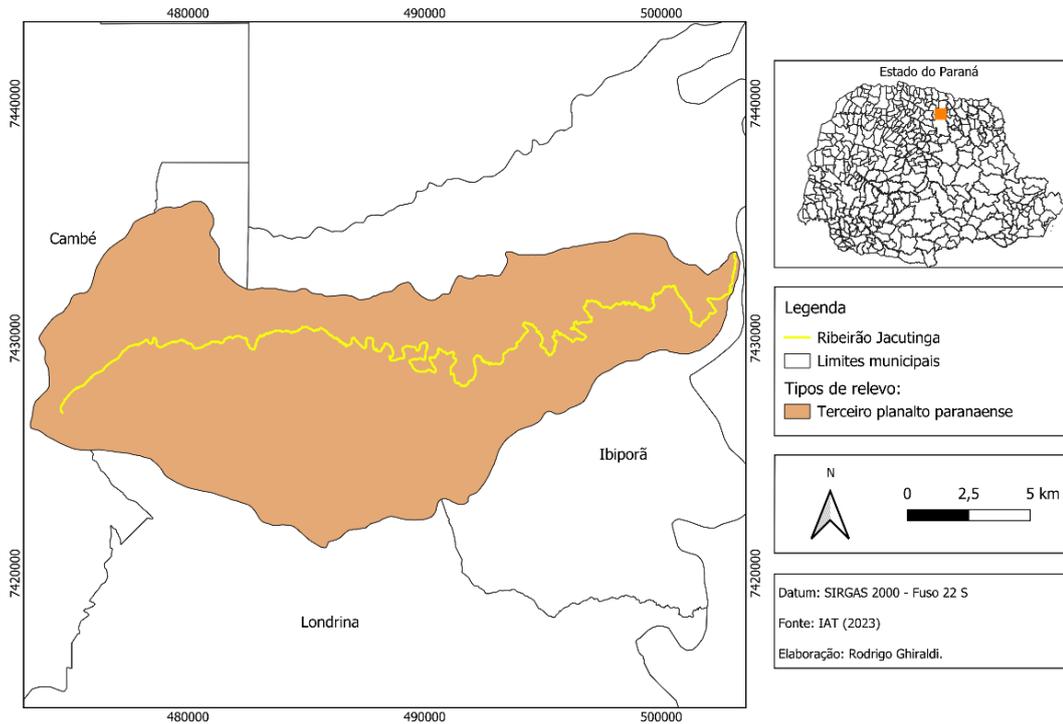


Fonte: Autoria própria (2022).

A bacia (Figura 11) está inserida no planalto basáltico, ou terceiro planalto paranaense, também denominado de Guarapuava. Esta é a maior das unidades geomorfológicas do estado e é limitado, a leste, pela Formação Serra Geral. Esta formação é uma unidade geológica que ocorre em diferentes regiões do Brasil, principalmente nos estados do sul do país, como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Segundo a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (2004), essa formação é composta principalmente por rochas basálticas, resultado da atividade vulcânica ocorrida durante o período Cretáceo, aproximadamente entre 135 milhões e 90 milhões de anos atrás. Essas rochas basálticas são conhecidas como derrames basálticos.

Figura 11 - Relevo predominante na região de estudo.



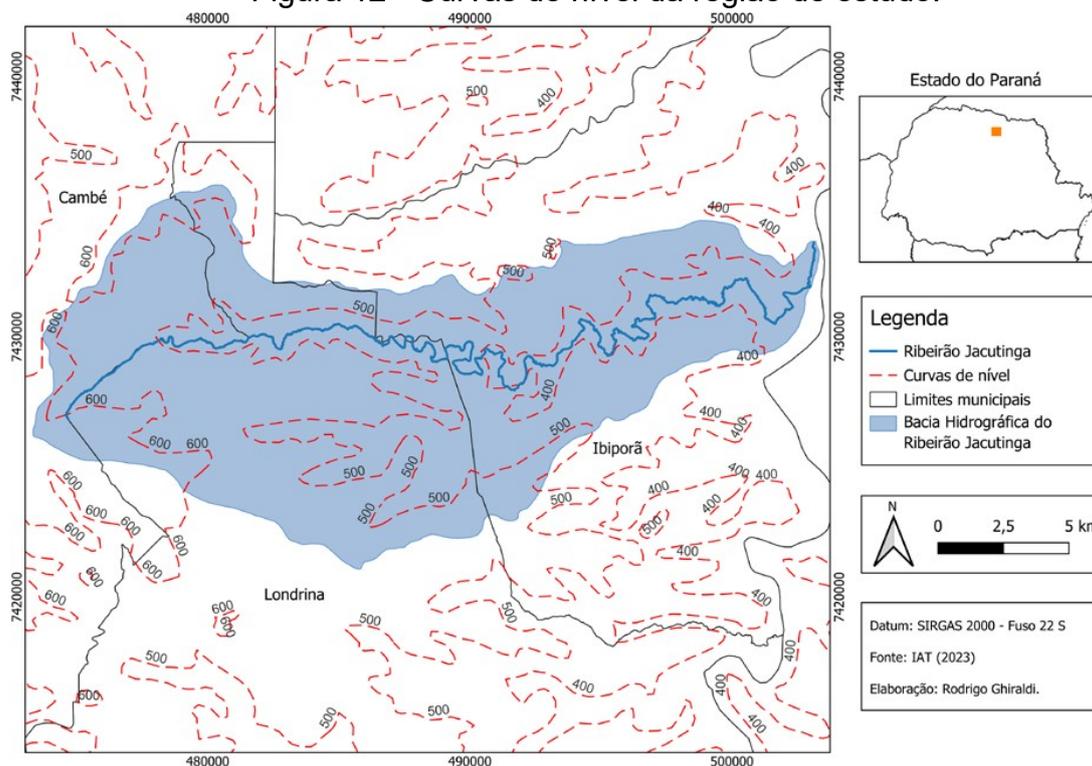
Fonte: Autoria própria (2023).

O estudo das curvas de nível de uma Bacia Hidrográfica é de grande importância para a compreensão e gestão dos recursos hídricos em uma determinada região. As curvas de nível são linhas que conectam pontos de igual elevação em um terreno e são representadas em mapas topográficos.

Segundo o IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia e Estatísticas (2013), as curvas de nível permitem identificar os limites de uma Bacia Hidrográfica, que é uma área geográfica na qual toda a água precipitada escoar para um ponto comum, geralmente um rio, ribeirão ou lago. Bem como fornecem informações detalhadas sobre o relevo desta bacia, incluindo a identificação de áreas montanhosas, vales, planícies e encostas. Essas características topográficas influenciam o escoamento da água e podem afetar a distribuição e disponibilidade dos recursos hídricos da região.

A Figura 12 apresenta as curvas de nível da região de estudo com escala de 1:250.000 e com o Sistema de Projeção UTM - Fuso 22 Sul:

Figura 12 - Curvas de nível da região de estudo.



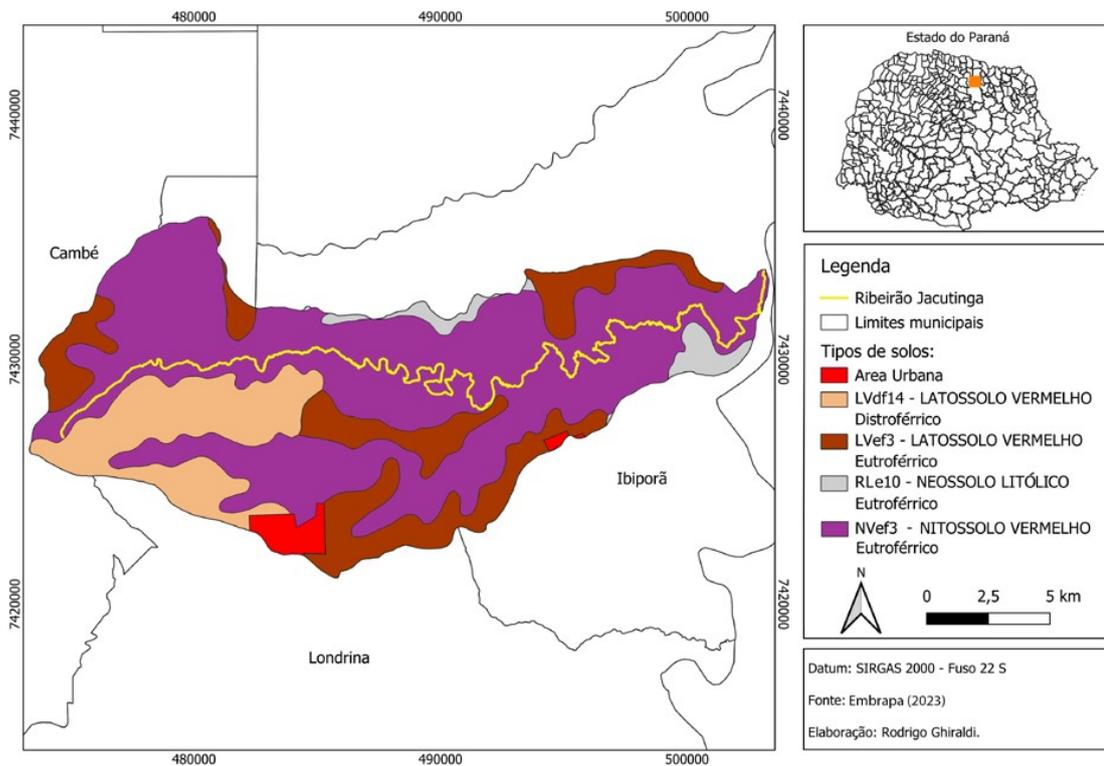
Fonte: Autoria própria (2022).

Os tipos de solos pertencentes a região da bacia (Figura 13) são o Nitossolo Vermelho Eutroférico, Latossolo Vermelho Distroférico e Neossolo Regolítico Eutroférico. Onde os termos que dizem respeito a fertilidade, Eutroférico (Rico), Distroférico (Pobre). Latossolo com um avançado estágio de intemperismo, Neossolo utilizado como solos “pouco evoluídos” ou “jovens” e Nitossolo classificando solos minerais argilosos como o aspecto lustroso (camada ou horizonte Nítico: reluzente) (SANTOS, H. G. DOS; *et al*, 2018).

De acordo com SILVA *et al.* (2016), o Nitossolo é um tipo de solo mineral originado de rochas básicas e ultrabásicas, com alta presença de minerais ferromagnesianos. Apresenta uma coloração vermelho escuro a arroxeada e características como estrutura em blocos, serosidade, porosidade abundante e teores elevados de ferro ($Fe_2 O_3$), superiores a 15%.

Ainda de acordo com SILVA *et al.* (2016), já os Latossolos, por sua vez, são solos altamente ácidos, localmente com alta saturação de alumínio, com elevado teor de argila, mas com baixa atividade de troca iônica. São plasticamente adequados, têm baixa saturação de bases, alta permeabilidade e são menos suscetíveis a erosão.

Figura 13 - Tipos de solos predominantes na região de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2. Qualidade da água

A aquisição dos dados de qualidade da água ocorre conforme a disponibilidade de informações fluviométricas referentes a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Assim, selecionou-se as informações disponíveis de 12 parâmetros de qualidade da água referentes aos anos de 2000 a 2021, dentro de um intervalo de 3 anos, também definidos para os mapas de uso e ocupação (2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015, 2018 e 2021).

Devido a inconsistências na disponibilidade dos dados de qualidade de água, a Tabela 3 apresenta dados ausentes nos anos definidos com o valor zero (0). Visando minimizar este empecilho, foram selecionados dados de um ano posterior ou anterior ao ausente, representado na Tabela 3 (A; B) como quantidade de dados/ano de coleta.

Tabela 3 - Quantidade de dados disponíveis de 2000 à 2021 (A).

Ribeirão Jacutinga	Número de Amostras					
	DBO/5 20°C	DQO	pH	Oxigênio dissolvido	Temperatura do ar	Temperatura da água
<i>Ano</i>	<i>mg/L O₂</i>	<i>mg/L O₂</i>	<i>Unidade de pH</i>	<i>mg/L O₂</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>
2021	1	1	2	2	2	2
2018	3	3	3	3	3	3
2015	1/2016	1/2016	2	2	2	2
2012	1	3	3	3	3	3
2009	0	2	2	1	2	2
2006	2	4	4	2	4	4
2003	1	2	2	0	2	1
2000	1	1	1	1	1	1

Fonte: ANA (2022).

Tabela 3 – Quantidade de dados disponíveis de 2000 à 2021 (B).

Ribeirão Jacutinga	Número de Amostras					
	Turbidez	Condutividade Elétrica Específica	Nitrogênio Kjeldahl	Fósforo total	Coliforme total	Escherichia coli
<i>Ano</i>	<i>N.T.U.</i>	<i>µS/cm a 25 °C</i>	<i>mg/L N</i>	<i>mg/L P</i>	<i>NMP/100 mL</i>	<i>NMP/100mL</i>
2021	2	2	2	2	1	2
2018	3	3	3	3	2	3
2015	1	2	0	1/2016	0	1/2016
2012	3	3	3	3	2	2
2009	2	2	2	1	2	2
2006	4	4	4	4	4	4
2003	2	2	2	0	1	0
2000	1	1	1	0	1	0

Fonte: ANA (2022).

Após a tabulação e à organização dos dados selecionados, calculou-se as médias e os seus desvios para cada parâmetro de qualidade da água utilizando-se o aplicativo Microsoft Excel® 2021. Os resultados foram utilizados para o desenvolvimento de gráficos de cada uma destas 12 variáveis selecionadas no aplicativo OriginPro 2022®.

Para a realização do cálculo do IQA, utilizou-se dados dos anos de 2020, 2021 e 2022 e a planilha da “National Sanitation Foundation” modificada pela CETESB, onde há a variação de 0 a 100 para cada uma das nove variáveis que entram na composição do índice, conforme a utilização de referências que apresentam os conceitos relacionados ao IQA, como no item 3.5.1.

Prosseguindo com a coleta de dados, selecionou-se 11 parâmetros para a realização do cálculo do IQA do Ribeirão Jacutinga. Os dados dos parâmetros estão exibidos na Tabela 4, onde foram utilizados para calcular as suas respectivas médias e desvios utilizando-se o aplicativo Microsoft Excel® 2019.

Tabela 4 - Quantidade de dados disponíveis em 2020, 2021 e 2022 (A).

Ano	Oxigênio dissolvido	DBO/5 20 °C	pH	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos suspensos totais
	<i>mg/L O₂</i>	<i>mg/L O₂</i>	<i>Unidade de pH</i>	<i>mg/L</i>	<i>mg/L</i>
2022	1	1	1	1	1
2021	2	2	2	2	2
2020	2	0	2	2	2

Fonte: ANA (2022).

Tabela 4 – Quantidade de dados disponíveis em 2020, 2021 e 2022 (B).

Ano	Escherichia coli	Fósforo total	Nitrogênio total	Turbidez	Temperatura do ar	Temperatura da água (°C)
	<i>NMP/100mL</i>	<i>mg/L P</i>	<i>mg/L N</i>	<i>N.T.U.</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>
2022	1	1	1	1	2	1
2021	2	2	2	2	3	2
2020	2	2	2	2	2	2

Fonte: ANA (2022).

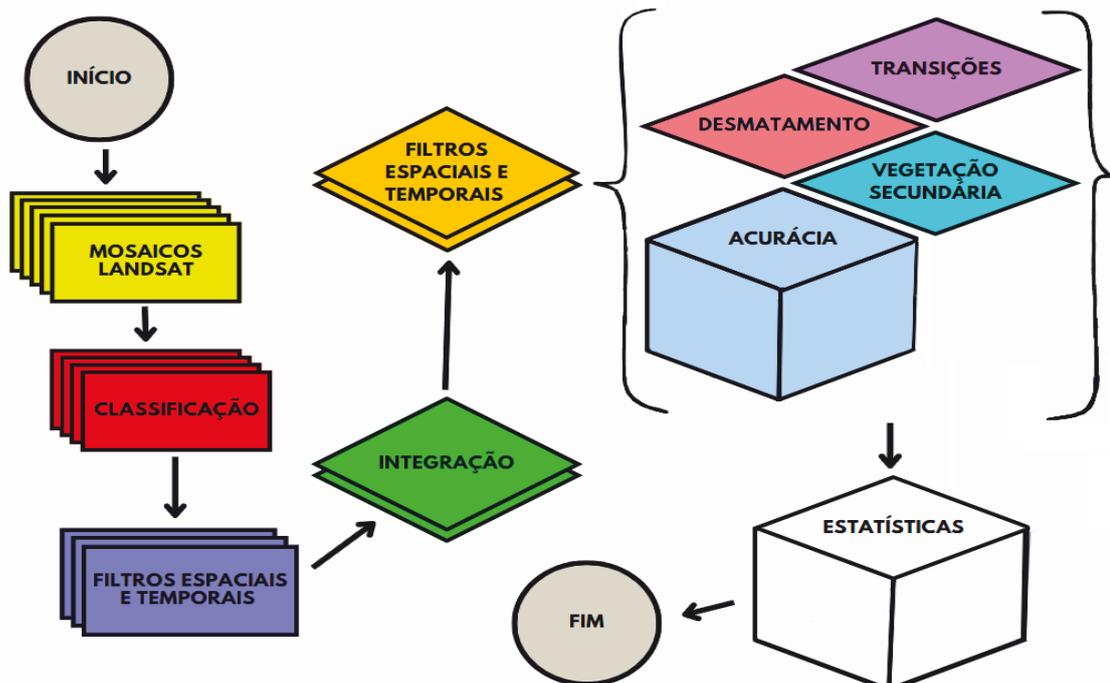
4.3. Mapas de uso e ocupação da terra

A elaboração de estudos para classificação do uso e ocupação da terra envolve o uso de tecnologias de sensoriamento remoto, como levantamento e georreferenciamento de imagens de satélite e aerofotogrametria, e quando necessário trabalhos em campo para correções de conflitos geográficos. A partir dessas informações, é possível mapear a dinâmica do território, transformações históricas da paisagem e a identificação de possíveis conflitos do uso da terra (MAPBIOMAS, 2023).

Nesse sentido, os mapas anuais de cobertura e uso da terra desenvolvidos pelo projeto MapBiomias são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens de satélites Landsat. Todo processo é feito com extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine que oferece imensa capacidade de processamento na nuvem (MAPBIOMAS, 2023).

A Figura 14 ilustra as etapas principais do processo de geração dos mapas anuais de cobertura e uso do solo do MapBiomás, bem como os mapas de transição. O acesso ao banco de dados para a realização deste trabalho ocorreu em 19/11/2022 pelo toolkit preparado no Google Earth Engine (GEE) disponibilizado em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

Figura 14 - Visão geral da metodologia adotada pelo projeto MapBiomás.



Fonte: Elaborado pelo autor, modificado de MAPBIOMAS (2023).

O método de classificação dos mosaicos de rasters (imagens) Landsat utiliza-se do método Random Forest. Este método é baseado em um algoritmo de aprendizado de máquina utilizado para a classificação e regressão de dados. Esta é uma técnica que faz parte da família dos modelos de árvore de decisão, mas se diferencia por ser um conjunto de árvores de decisão que trabalham juntas para tomar uma decisão final (MAPBIOMAS, 2023).

Segundo SOUZA Jr. et al (2018), esta técnica que se utiliza do algoritmo Random Forest para a classificação das áreas de cobertura e uso da terra, foi desenvolvida com base em imagens de satélite de alta resolução e outros dados ambientais, e é capaz de distinguir 33 classes de cobertura, incluindo biomas, uso agrícola, pastagens, áreas urbanas e corpos d'água.

As imagens de uso e ocupação da terra produzidos neste trabalho foram confeccionadas no SIG livre QGIS em sua versão 3.30.3 usando os mapas de uso e ocupação da terra do projeto MapBiomas que contemplavam os anos de 2000 à 2021. Para a classificação dessas imagens foi utilizado o Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil - Coleção 7 de Níveis 2 e 3 do mesmo projeto MapBiomas, selecionando-se 12 diferentes classes de áreas ocupadas considerando um melhor resultado visual, conforme a Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Classes selecionadas de níveis 2 e 3 utilizadas pelo projeto MapBiomas.

1) <u>Formação Florestal</u> : Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual e Formação Pioneira Arbórea;	7) <u>Silvicultura</u> : Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. Pinus e Eucalipto);
2) <u>Outras Formações Florestais</u> : Outras Formações Naturais não florestais que não puderam ser categorizadas;	8) <u>Pastagem</u> : Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária;
3) <u>Cana</u> : Áreas cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar;	9) <u>Mosaico de Agricultura e Pastagem</u> : Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e Agricultura;
4) <u>Área Urbana</u> : Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura;	10) <u>Outras Áreas Não Vegetadas</u> : Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes;
5) <u>Rio e Lago</u> : Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água;	11) <u>Soja</u> : Áreas cultivadas com a cultura da soja;
6) <u>Outras Lavouras Temporárias</u> : Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir;	12) <u>Outras Lavouras Perenes</u> : Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio.

Fonte: MapBiomas (2023).

Para o cálculo das áreas na Bacia Hidrográfica referentes a cada classe de uso e ocupação selecionada, utilizou-se o “*Semi-Automatic Classification Plugin*” (SCP). Este é um plugin gratuito de código aberto para o SIG QGIS que permite a classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto, fornecendo ferramentas para download, pré-processamento e pós-processamento de imagens. Assim, foi possível estimar a evolução dos diferentes usos e ocupações da terra no período de 2000 a 2021 definida por intervalos de 3 anos: 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015, 2018 e 2021.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise do uso e ocupação da terra

A Tabela 6 contempla as informações das áreas calculadas correspondentes as 12 classes selecionadas de uso e ocupação da terra obtidos mediante a um pós-processamento com a utilização do Semi-Automatic Classification Plugin (SCP).

Tabela 6 - Dados de área de cada classe na Bacia do Ribeirão Jacutinga no período de 2000 a 2021.

Classe	Área (km ²)							
	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021
<i>Formação Florestal</i>	12,49	12,31	13,78	14,63	15,81	16,91	18,79	20,12
<i>Silvicultura</i>	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,07
<i>Campo Alagado e Área Pantanosa</i>	0,01	0,06	0,07	0,06	0,03	0,07	0,06	0,04
<i>Pastagem</i>	11,42	10,14	7,49	7,46	5,92	4,75	4,52	4,65
<i>Cana</i>	0,33	0,49	0,46	0,66	0,50	0,55	0,56	0,54
<i>Mosaico de Agricultura e Pastagem</i>	32,10	43,42	43,95	39,95	38,49	36,84	35,51	33,56
<i>Área Urbana</i>	43,34	46,56	48,53	50,53	53,83	55,80	58,03	60,64
<i>Outras Áreas Não Vegetadas</i>	0,39	0,42	0,59	0,66	0,64	0,80	0,85	1,01
<i>Rio e Lago</i>	0,33	0,29	0,37	0,43	0,47	0,48	0,33	0,23
<i>Soja</i>	74,55	81,24	85,68	95,33	80,82	72,24	103,16	102,99
<i>Outras Lavouras Temporárias</i>	61,58	41,49	35,20	26,65	39,99	48,43	15,14	13,18
<i>Outras Lavouras Perenes</i>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

Fonte: Autoria própria (2022).

Nota-se que a área da classe de Formação Florestal manteve um crescimento contínuo, passando de 12,49 km² em 2000 para 20,12 km² em 2021. Entretanto a área de pastagem teve um decréscimo de 11,42 km² para 4,65 km², bem como as áreas correspondentes a classe de outras lavouras temporárias que passaram de 61,58 km² para 13,18 km². A classe correspondente a área urbana também teve um aumento, passando de 43,3 km² para 60,64 km².

As Figuras 15 e 16 apresentam a evolução do uso e da ocupação do solo de forma a ilustrar estes dados em mapas da área da bacia de interesse.

Figura 15 - Mapas de uso e ocupação da terra de 2000 a 2009.

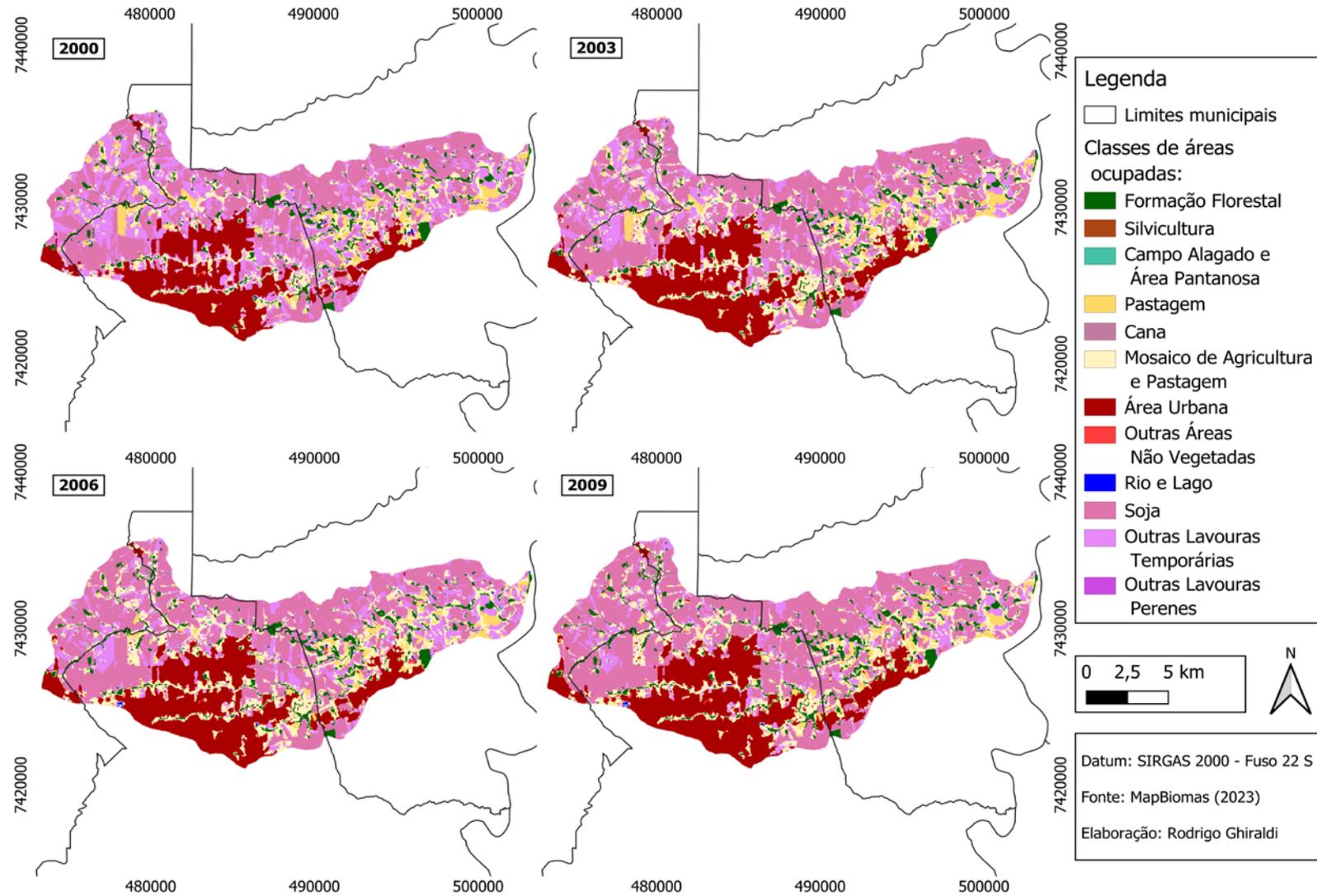
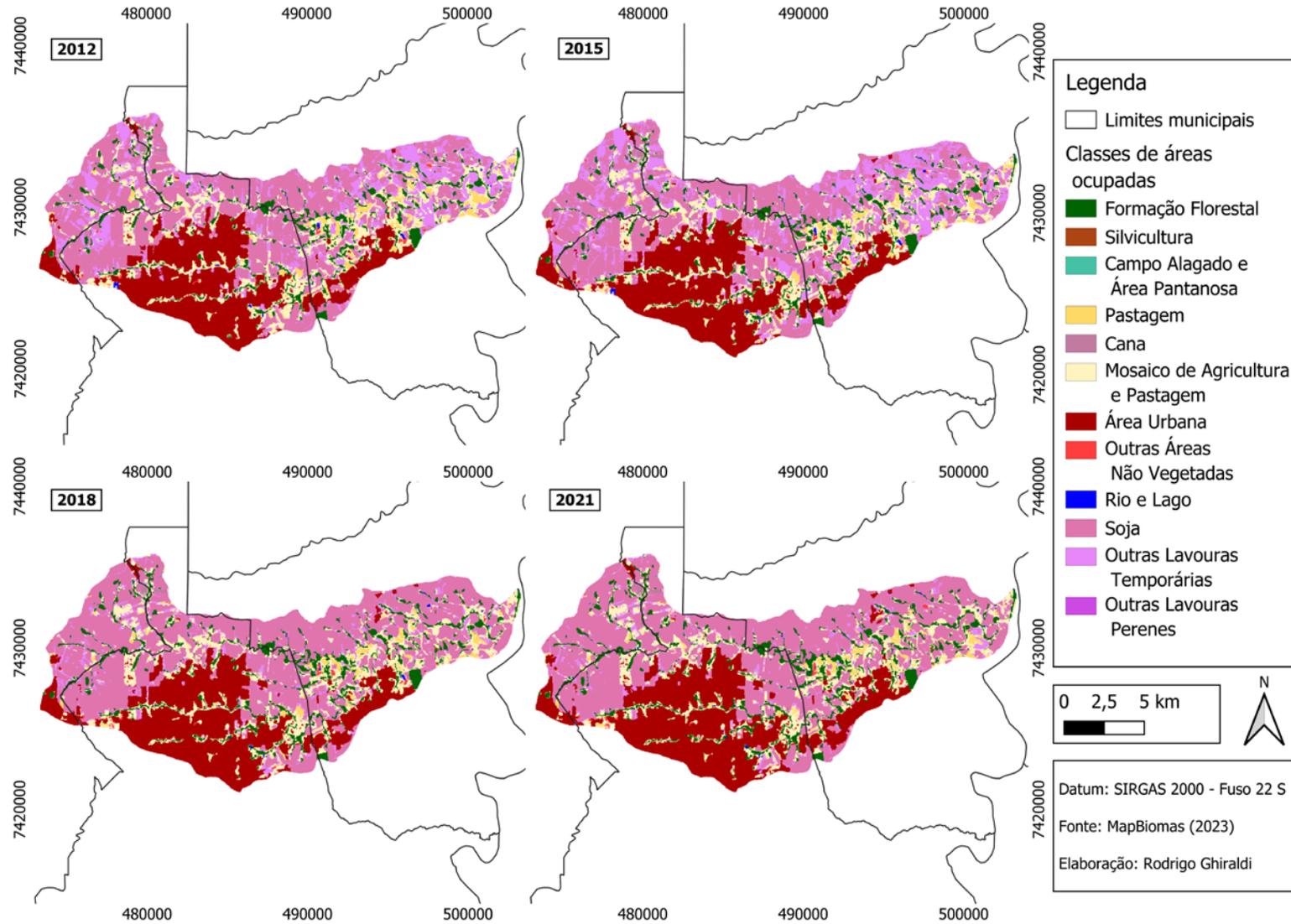


Figura 16 - Mapas de uso e ocupação da terra de 2012 a 2021.

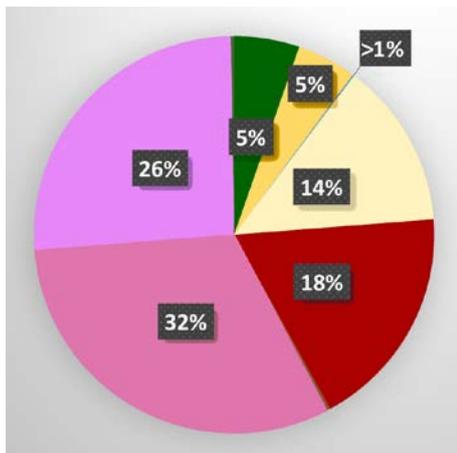


Fonte: Autoria própria (2023).

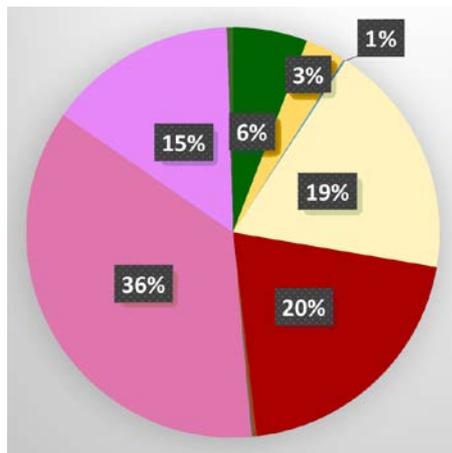
A Figura 17 ilustra graficamente os dados de 2000 à 2018, em intervalos de 6 anos para efeito comparativo

Figura 17 - Gráficos referentes a proporção de área de cada classe dos anos de 2000, 2006, 2012 e 2018.

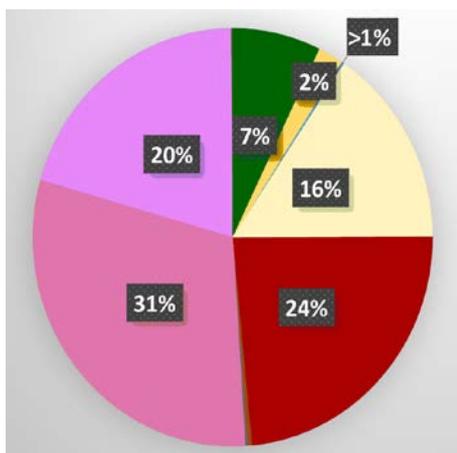
a) 2000



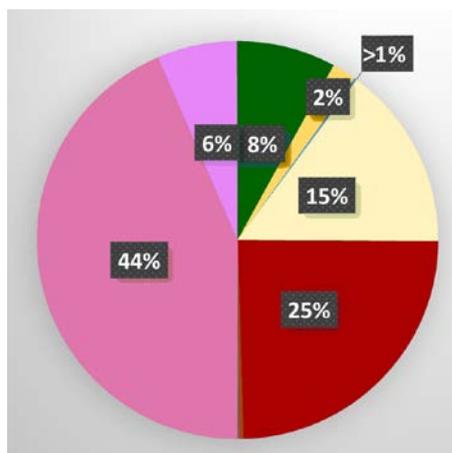
b) 2006



c) 2012



d) 2018



Legenda

	Formação Florestal		Mosaico de Agricultura e Pastagem
	Silvicultura		Área Urbana
	Campo Alagado e Área Pantanosa		Outras Áreas Não Vegetadas
	Pastagem		Rio e Lago
	Cana		
	Soja		
	Outras Lavouras Temporárias		
	Outras Lavouras Perenes		

Fonte: Autoria própria (2023).

Analisando a Figura 17 é possível notar que ocorreu um crescimento expressivo nas áreas associadas a classe soja entre os anos de 2012 e 2018. Neste período o aumento chegou a 13%, e considerando a área que compreende a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, essa classe representou aproximadamente 44% da totalidade até o ano de 2018.

O crescimento da classe área urbana foi de 7% no período de 2012 a 2018, passando de 18% para 25% em relação a área da bacia neste intervalo. Já a classe outras lavouras temporárias no período de 2000 a 2018 teve uma redução de 20%.

5.2. Análise da qualidade da água

Na realização dos cálculos das médias e dos desvios destas médias haviam dados únicos ou ausentes o que acabou impossibilitando alguns cálculos para algumas variáveis correspondentes. Devido a este fator representou-se estes dados como (-), conforme pode-se visualizar na Tabela 7 (A; C).

Tabela 7 - Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2000 a 2021 (A).

Ribeirão Jacutinga	DBO/5 20 °C		DQO		pH		Oxigênio dissolvido	
	mg/L O ₂		mg/L O ₂		Unidade de pH		mg/L O ₂	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Ano								
2021	3,00	-	14,00	-	7,00	0,57	8,11	2,26
2018	3,15	1,63	8,67	2,52	6,73	0,06	7,61	0,68
2015	7,00	-	22,00	-	7,18	0,77	7,51	1,56
2012	2,10	-	6,13	2,11	7,57	0,06	8,03	1,01
2009	-	-	5,15	1,20	7,65	0,07	8,60	-
2006	2,00	-	9,60	1,38	7,85	0,13	8,10	1,41
2003	2,40	-	4,75	0,35	7,70	0,14	-	-
2000	1,70	-	5,40	-	7,60	-	8,20	-

Fonte: ANA (2023).

Tabela 7 – Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2000 a 2021 (B).

Ribeirão Jacutinga	Temperatura do ar		Temperatura da água		Turbidez		Condutividade Elétrica Específica	
	°C		°C		N.T.U.		μS/cm a 25 °C	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Ano								
2021	19,00	9,90	17,50	4,95	14,50	2,12	107,05	8,27
2018	25,33	5,51	20,67	3,21	133,67	196,24	138,00	19,08
2015	21,00	-	21,50	2,12	106,00	-	68,00	41,01
2012	26,00	6,56	21,67	2,89	23,00	2,65	83,43	7,43
2009	20,00	1,41	18,50	0,71	22,50	6,36	83,10	4,38
2006	25,00	4,24	22,75	4,85	23,00	12,03	90,75	4,65
2003	22,50	3,54	20,00	7,07	14,60	10,46	95,35	11,10
2000	30,00	-	23,00	-	20,00	-	88,00	-

Fonte: ANA (2023).

Tabela 7 – Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2000 à 2021 (C).

Ribeirão Jacutinga	Nitrogênio Kjeldahl		Fósforo total		Coliforme total		<i>E. coli</i>	
	mg/L N		mg/L P		NMP/100 mL		NMP/100 mL	
Ano	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
2021	0,19	0,03	0,03	0,003	17.329	-	2.965	2.713,88
2018	0,47	0,42	0,13	0,170	80.080	113.023,95	14.313,33	19.796,93
2015	-	-	0,35	-	-	-	24.000	-
2012	0,27	0,04	0,04	0,009	181.500	238.294,98	2.000	424,26
2009	0,25	0,11	0,06	-	64.000	21.213,20	22.500	7.778,17
2006	0,18	0,08	0,04	0,02	135.500	92.453,59	90.275	70.244,59
2003	0,16	0,03	-	-	5.000	-	-	-
2000	0,47	-	-	-	5.000	-	-	-

Fonte: ANA (2023).

Nota-se a presença de “*outliers*”, ou valores extremos nos dados, o que pode levar a desvios grandes da média. Assim, cada situação amostral precisa ser avaliada com cautela e considerando outras análises estatísticas para determinar a causa dos desvios, já que estas anomalias podem ser produtos de diversos fatores (IBGE, 2022).

Analisando este período de 2012 à 2021 nota-se a presença destes outliers, o que pode estar relacionado com eventos naturais, como precipitações anormais.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, para fins recreativos de contato secundário, como navegação e pesca, em rios de água doce pertencentes a Classe 3, não deverá ser excedido o limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

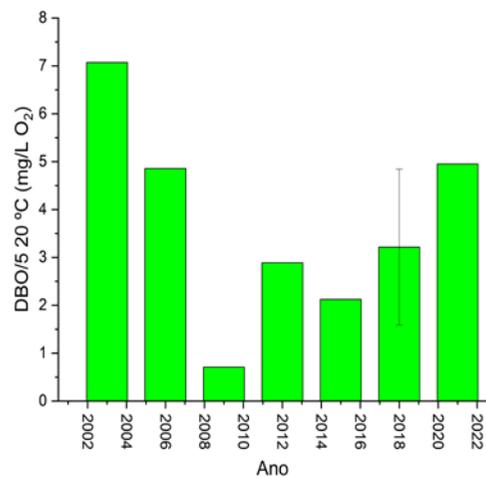
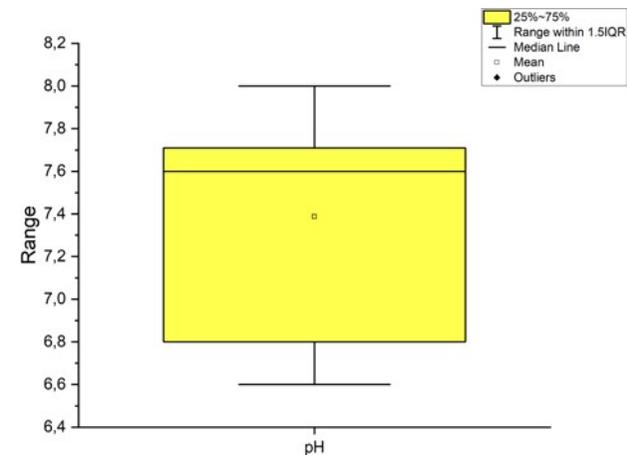
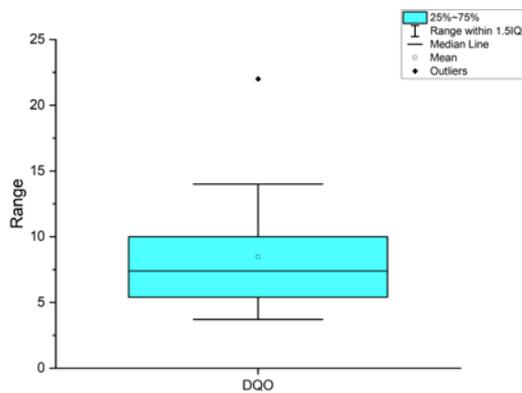
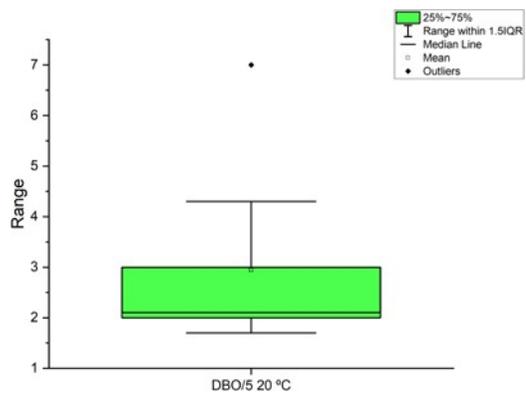
Nota-se que apenas no ano de 2012, utilizando-se a *Escherichia coli* (*E. coli*) como parâmetro de referência do grupo coliformes termotolerantes, este valor estipulado de 2500 coliformes não foi ultrapassado.

Mesmo para os demais usos, onde não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, os anos de 2006, 2009, 2015 e 2018 apresentaram médias de 90.275 NMP/100mL, 22.500 NMP/100mL, 24.000 NMP/100mL e 14.313,33 NMP/100mL respectivamente, valores que estão acima do limite que consta na legislação, não sendo adequados para o abastecimento público.

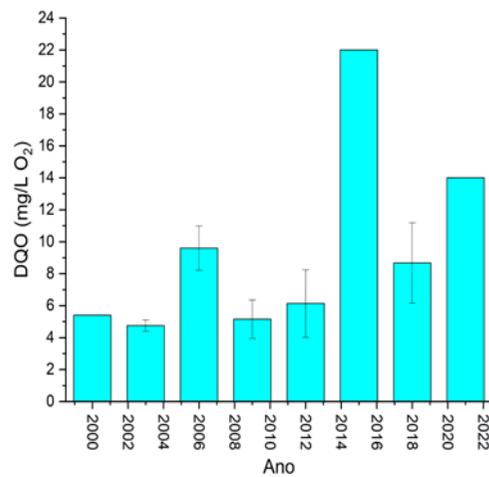
Assim, o crescimento contínuo da classe da área urbana na Bacia do Ribeirão Jacutinga pode ter influenciado diretamente na elevação deste parâmetro coliformes.

Com o intuito de realizar análise visual dos dados, elaborou-se uma série de 24 gráficos (Figura 18: A; D) que ilustram as médias anuais de cada variável calculada anteriormente, acompanhada do seu respectivo diagrama de caixa.

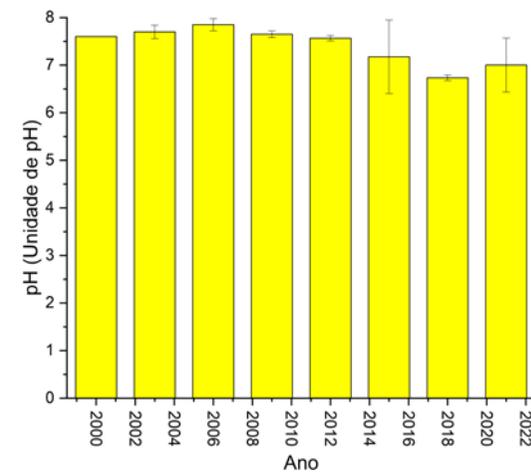
Figura 18 - Sequência gráfica das médias anuais dos parâmetros de qualidade da água dos anos de 2020 à 2021 (A).



a) Demanda Bioquímica de Oxigênio

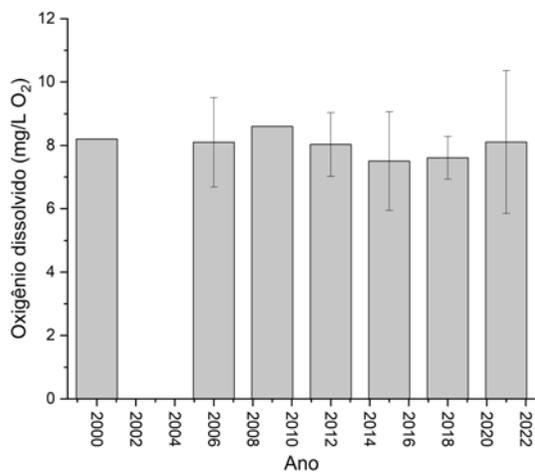
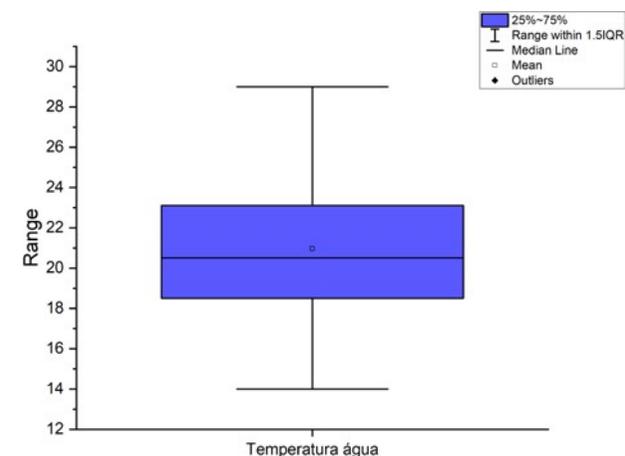
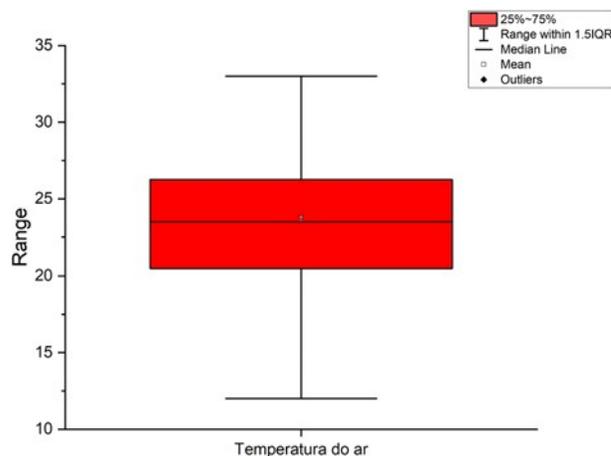
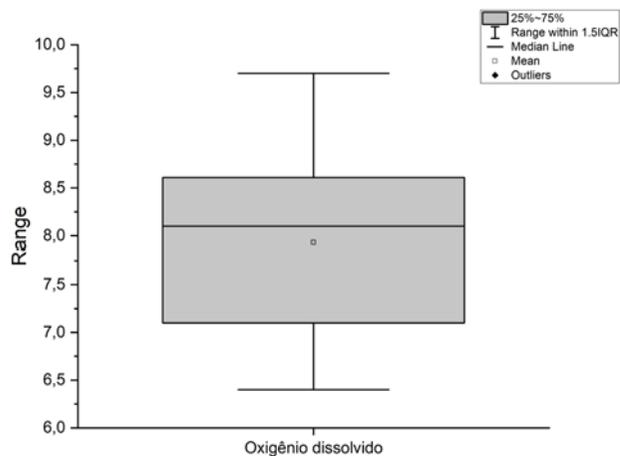


b) Demanda Química de Oxigênio
 Fonte: Autoria própria (2023).

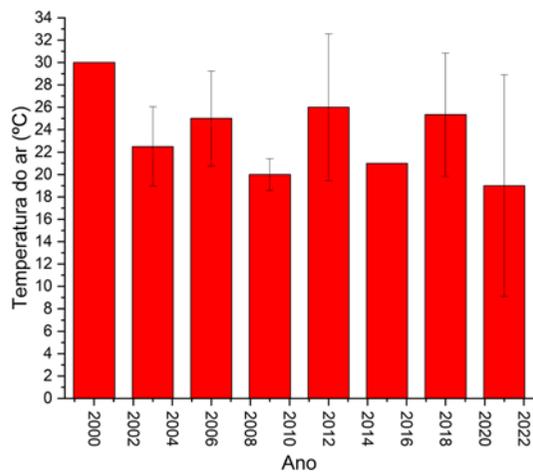


c) Potencial hidrogeniônico

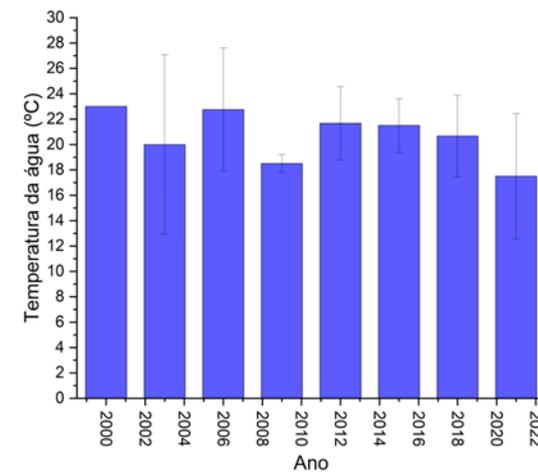
Figura 18 - Sequência gráfica das médias anuais dos parâmetros de qualidade da água dos anos de 2020 à 2021 (B).



d) Oxigênio dissolvido

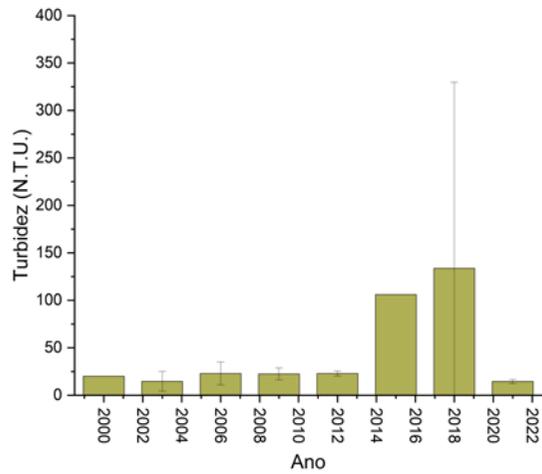
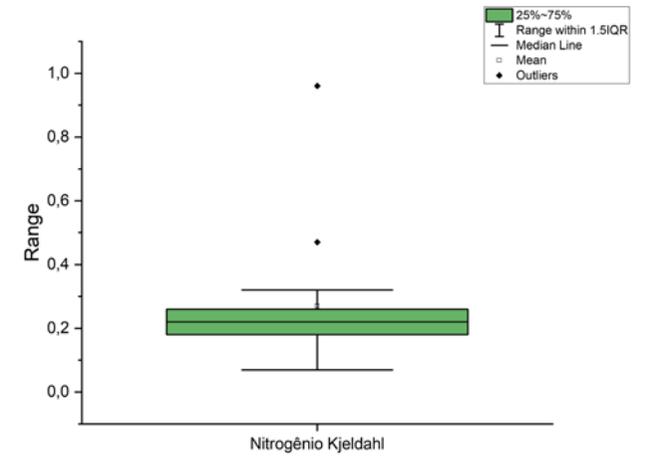
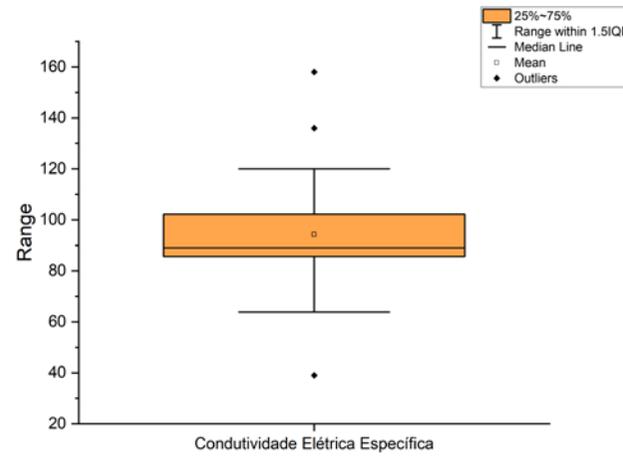
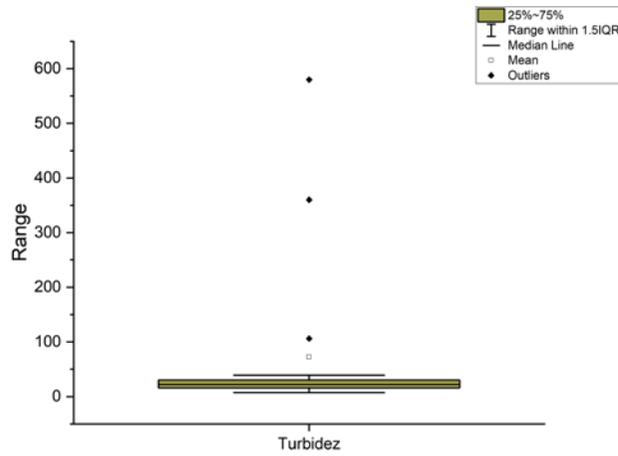


e) Temperatura do ar
Fonte: Autoria própria (2023).

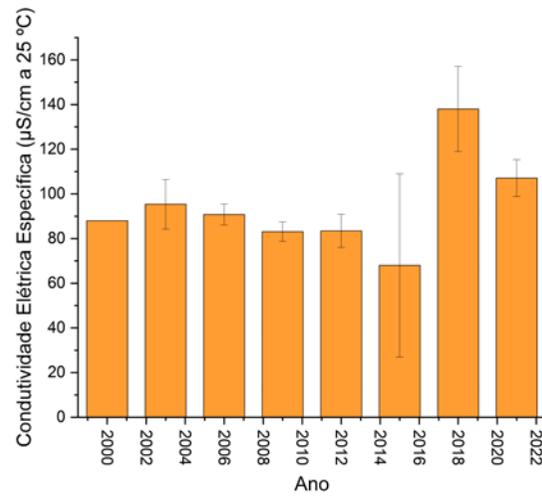


f) Temperatura da água

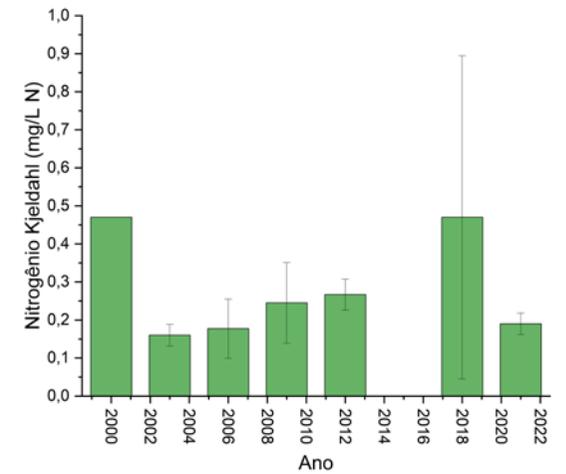
Figura 18 - Sequência gráfica das médias anuais dos parâmetros de qualidade da água dos anos de 2020 à 2021 (C).



a) Turbidez



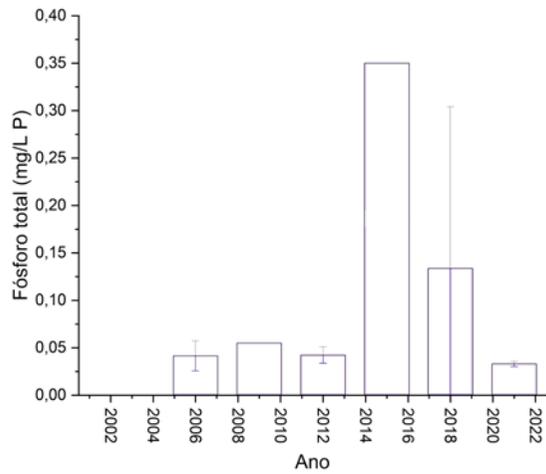
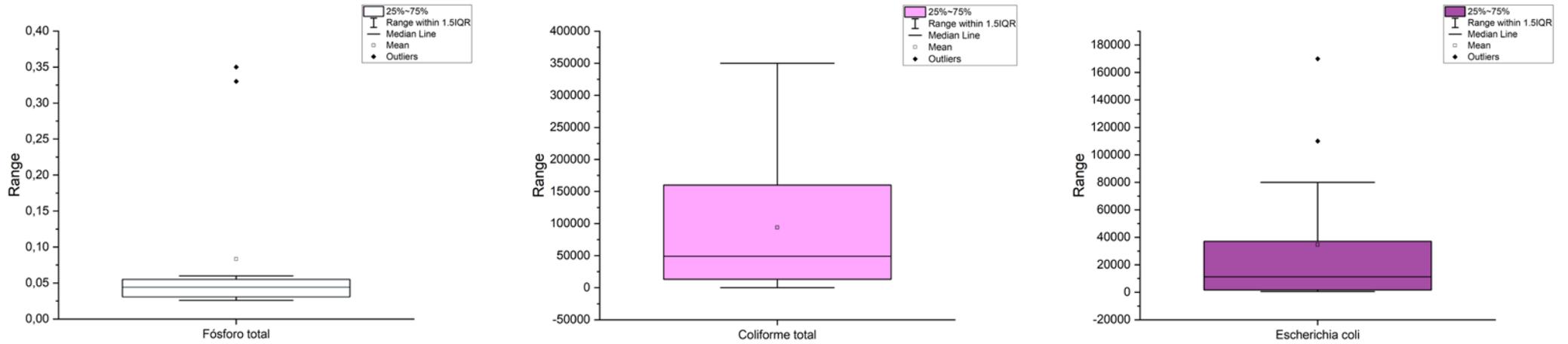
b) Condutividade Elétrica Específica



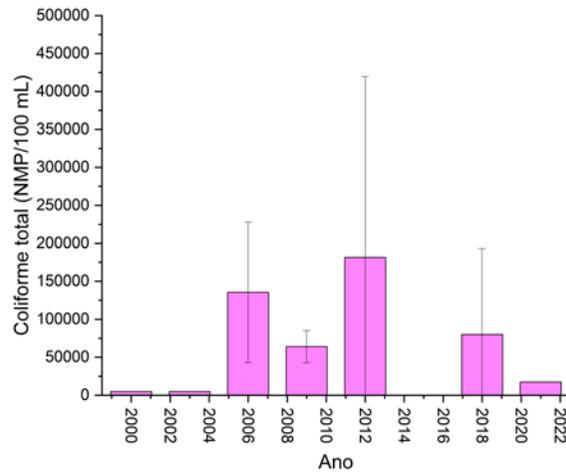
c) Nitrogênio Kjeldahl

Fonte: Autoria própria (2023).

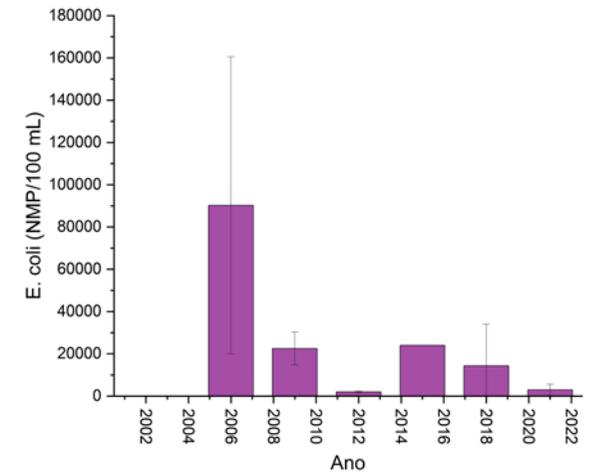
Figura 18 - Sequência gráfica das médias anuais dos parâmetros de qualidade da água dos anos de 2020 à 2021 (D).



d) Fósforo total



e) Coliforme total



f) *Escherichia coli*

Fonte: Autoria própria (2023).

Para o parâmetro turbidez calculado de 2015 e 2018 obteve-se valores de 106 e 133,67 NTU respectivamente, ultrapassando o limite estipulado pela CONAMA nº 357 de 2005 para rios de Classe 3, que é de até 100 NTU, bem como o fósforo total, que em 2015 atingiu 0,35 mg/L P, onde para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários, o valor máximo permitido é de 0,15 mg/L P.

Relacionando-se com o crescimento expressivo nas classes associadas as áreas destinadas a cultura da soja entre os anos de 2012 e 2018, o aumento da turbidez pode ter correlação ao manejo do solo decorrente da expansão desta cultura na bacia.

Nos anos de 2018 e 2021 obteve-se as maiores médias de condutividade elétrica específica, 138 e 107,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, também podendo ter relação com o aumento do cultivo da soja neste período.

Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem indicar ambientes impactados, onde os principais agentes poluidores associados aos valores de condutividade elétrica são as atividades ligadas a irrigação e toxicidade, por exemplo (VON SPERLING, M., 2011).

A classe de Formação Florestal manteve um crescimento contínuo, sem variações significativas, apesar do crescimento da área urbana no mesmo período de tempo. Para rios de Classe 3 segundo a CONAMA nº 357 de 2015, parâmetros como a DBO 5 dias a 20°C não ultrapassaram o limite de 10 mg/L de O₂, bem como o de OD inferior a 4 mg/L de O₂ e os valores do pH, que permaneceram dentro da faixa de 6,0 a 9,0 definidos na legislação.

Com o objetivo de aplicar o método IQA (Tabela 9) para o Ribeirão estudado, efetuou-se o cálculo das médias e dos desvios destas para dados pertencentes aos anos de 2020, 2021 e 2022. A ausência de desvios (dados únicos) ou de médias, apresentam-se como (-), conforme a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 – Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2020, 2021 e 2022 (A).

Ano	Escherichia coli		Fósforo total		Nitrogênio total		Temperatura do ar		Temperatura da água	
	NMP/100mL		mg/L P		mg/L N		°C		°C	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
2022	4352,00	-	0,11	-	2,10	-	30,00	-	25,00	-
2021	2965,00	2713,88	0,03	-	2,10	0,14	19,00	9,89	17,50	4,95
2020	580,00	169,71	0,04	-	1,85	0,35	27,00	4,24	20,00	2,83

Fonte: ANA (2022).

Tabela 8 – Resultados dos cálculos referentes aos anos de 2020, 2021 e 2022 (B).

Ano	Oxigênio dissolvido		DBO/5 20 °C		pH		Sólidos dissolvidos totais		Sólidos suspensos totais		Turbidez	
	mg/L O2		mg/L		Unidade de pH		mg/L		N.T.U.		mg/L O2	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
2022	7,10	-	1,60	-	6,70	-	112,00	-	31,00	-	94,00	-
2021	8,11	2,26	3,00	-	7,00	0,57	102,00	1,41	9,25	5,30	14,50	2,12
2020	8,10	0,71	-	-	7,00	0,28	88,10	2,69	5,40	1,98	11,50	0,71

Fonte: ANA (2022).

Realizando uma análise dos valores calculados e tratando das condições especificadas pela CONAMA 357 de 2005 para o uso de recreação de contato secundário, como navegação e pesca, em ribeirões de Classe 3, o limite determinado é de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mL, entretanto, analisando-se o parâmetro *E. coli* para os anos de 2021 e 2022 obteve-se médias de 2965 e de 4352 NMP/100 mL, respectivamente. Apesar disso, os outros parâmetros mantiveram-se dentro dos limites estipulados pela legislação.

Tabela 9 - Resultados dos cálculos de IQA referentes aos anos de 2020, 2021 e 2022.

Ano	Valor	Classificação de qualidade utilizada no Paraná
2022	60	Razoável
2021	69	Razoável
2020	-	-

Fonte: Autoria própria (2022).

Não foi possível efetuar o cálculo para o ano de 2020 devido à ausência de dados (DBO). Entretanto analisando-se os resultados obtidos no cálculo do IQA para os anos de 2021 e 2022, notou-se que o Ribeirão Jacutinga se manteve com a classificação razoável apesar da expansão continua da área urbana em sua bacia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu verificar variações em dados de qualidade da água do Ribeirão Jacutinga no intervalo de 2000 à 2022, comparando-os com dados de uso e ocupação da terra com mesmo intervalo de tempo.

A avaliação deste uso e ocupação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga permitiu notar-se uma relação entre o aumento da atividade agrícola no decorrer dos anos e variações em parâmetros de qualidade da água do ribeirão.

Assim, a ocorrência de um crescimento expressivo em áreas associadas ao cultivo de soja, principalmente entre os anos de 2012 e 2018, pode ter sido um fator que impactou diretamente na qualidade deste corpo hídrico neste intervalo de tempo. Variações estas que ultrapassaram alguns limites determinados pela resolução CONAMA nº 357 de 2015 e que podem ser atribuídas pelo excessivo manejo do solo devido a priorização da cultura da soja na região da bacia neste período.

Entretanto analisando os Índices de Qualidade das Águas (IQA) calculado para os de 2020, 2021 e 2022 se obteve índices razoáveis, o que pode indicar que este corpo hídrico não sofreu influencias significativas acarretadas pelo crescimento urbano e agrícola em sua bacia.

Assim, notou-se a necessidade de uma análise e avaliação mais profunda dos possíveis motivos que levaram as variações dos parâmetros de qualidade de água e se estes ainda não atendem a resolução vigente. Contudo, compete ao Poder Público adotar os procedimentos de fiscalização e controle de qualidade necessários ao atendimento das condições exigíveis pela legislação.

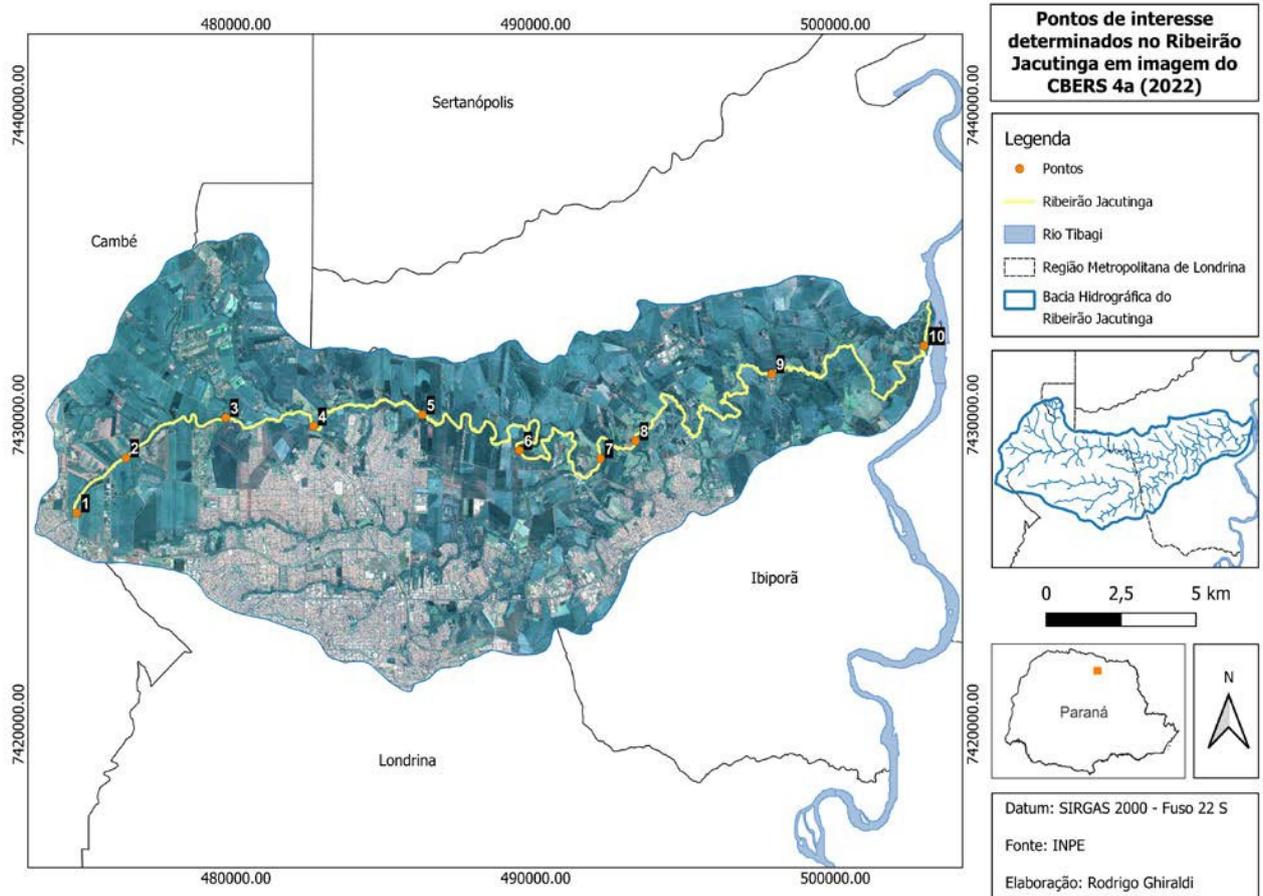
Portanto, este trabalho buscou evidenciar a importância da conservação da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, considerando a influência que os múltiplos usos do solo nesta região representam para a qualidade da água deste corpo hídrico que é o manancial de abastecimento do município de Ibiporã e afluente do Rio Tibagi.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a realização de coletas e caracterização de aspectos antrópicos em trabalhos futuros foram sugeridos um total de dez pontos da extensão do Ribeirão Jacutinga. Na determinação desses pontos foi avaliado a proximidade com locais de atividade urbana e rural desde a nascente do Ribeirão até as proximidades de sua foz com o Rio Tibagi (Figura 13). Os pontos selecionados foram:

- **Ponto 1:** Nascente do Ribeirão Jacutinga (23°16'3.62"S - 51°14'50.83"O);
- **Ponto 2:** Zona rural de Londrina (23°15'5.74"S -51°13'52.94"O);
- **Ponto 3:** Perímetro afastado da área urbana (23°14'23.69"S - 51°11'55.90"O);
- **Ponto 4:** Perímetro próximo da área urbana (23°14'32.65"S - 51°10'12.61"O);
- **Ponto 5:** Antes da foz do Ribeirão Lindóia (23°14'20.67"S - 51° 8'5.24"O);
- **Ponto 6:** Após a foz do Ribeirão Lindóia (23°14'58.27"S - 51° 6'10.87"O);
- **Ponto 7:** Antes da captação de água para abastecimento da cidade de Ibiporã (SAMAE) (23°15'7.04"S - 51° 4'35.62"O);
- **Ponto 8:** Após a captação de água para abastecimento da cidade de Ibiporã (SAMAE) (23°14'48.37"S - 51° 3'54.55"O);
- **Ponto 9:** Zona rural de Ibiporã (23°13'38.13"S - 51° 1'14.63"O);
- **Ponto 10:** Antes da foz no Rio Tibagi (23°13'8.63"S - 50°58'15.71"O).

Figura 19 - Pontos sugeridos para uma futura coleta de dados



Fonte: Autoria própria (2023).

REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Brasília-DF. Brasil. 2022. Portal HidroWeb. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso: 11/01/22;

ALVES-PINTO, H., LATAWIEC, A., *et al.* **Reconciling rural development and ecological restoration: Strategies and policy recommendations for the Brazilian Atlantic Forest**. Revista Land Use Policy, 60. Elsevier, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ARCHELA, E., FRANÇA, V., CELLIGOI, A. **Geologia, geomorfologia e disponibilidade hídrica subterrânea na bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga**. Revista de Geografia v. 12, – Universidade Estadual de Londrina. 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA - Conselho nacional de meio ambiente. **Resolução nº. 20 de 18 de junho de 1986**. Enquadramento dos corpos d'água, doce, salina e salobra em função de seus usos, 1986.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA - Conselho nacional de meio ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível:<<http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>>. Acesso: 23/08/22.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA - Conselho nacional de meio ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio 2011**. Disponível em:<<http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>>Acesso:23/ 08/22.

Brasil, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006b. **Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**. Águas para o futuro: cenários para 2020. Brasília, MMA, Volume 2, 94p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; ALVES, R. A.; VINHAS, L. **GIS and remote sensing as tools for the simulation of urban land use change**. In: D. CHEN *et al.* (eds.), Geoinformatics 2006: GIScience in Planning and Development. Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 191-203.

CAMPOS, J. B., SOUZA, M. C. **A planície de inundação do alto Ribeirão Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Editora da Universidade Estadual de Maringá. 1997.

CHAVES, L. M. H., SANTOS, B. L. **Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica**, Brasília. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande. 13 nov. 2009.

COMISSÃO BRASILEIRA DE SÍTIOS GEOLÓGICOS E PALEOBIOLÓGICOS (SIGEP). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, 2004. CPRM.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índices de Qualidade das Águas**, 2016. 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: 19/11/2022.

ESTEVES, F. A.; LEAL, J. J. F.; CALLISTO, M. **Fundamentos de limnologia**. 3ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, p. 63, 2011.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde** – 4. ed. – Brasília-DF. Brasil, 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=8828>. Acesso em: 19 mar. 2023.

IPPUL. INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE LONDRINA. **Plano diretor participativo de Londrina**. 2017, Disponível em: <https://ippul.londrina.pr.gov.br/index.php/plano-diretor-participativo-2008.html> Acesso: 25/11/2021.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: UFPR 2001.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001, p.536.

PML/SEMA. PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA - SECRETARIA MUNICIPAL DO AMBIENTE – **Bacias Hidrográficas do Município**. 2021, Disponível em: <https://geo.londrina.pr.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5360a454d15146a3bcf4ebdbe8e49e03> >. Acesso: 25/11/2021.

RICCI, Â; WIECHETECK, G. **Enquadramento de curso d'água e a qualidade da água - Estudo de caso – Ribeirão Jacutinga**. Revista De Engenharia e Tecnologia, Vol.13, 93–104. 2021.

VIEIRA, B. M. (2021). **Entenda por que está chovendo menos no Brasil e se há risco de nova crise hídrica em SP**. G1 SP (notícia). Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/saopaulo/noticia/2021/06/14/por-que-esta-chovendo-menos-e-sao-paulo-pode-viver-novacrise-hidrica.html> Acesso: 25/11/2021.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Vol.7 DESA-UFMG. p. 23-37. 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG, 4ª edição, 01 jan. 2011.

SILVA, F. J., ROCHA, D. F., AQUINO, C. M. **Geografia, geotecnologias e as novas tendências da geoinformação: indicação de estudos realizados na região nordeste**. Interespaço - Revista de Geografia e interdisciplinaridade. Grajaú, 2016;

TUNDISI, J. G. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008;

LIMA, L. S., VIEIRA, R. M. **Uso e ocupação do solo em áreas urbanas**. Geografia, Rio Claro, v.35, n. 2, p. 49-64, maio/ago. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982010000200003. Acesso em: 19 mar. 2023.

SILVA, R. C. da. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao estudo de uso e ocupação do solo em áreas urbanas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, 2008.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Monitoramento da cobertura e uso da terra no Brasil. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/monitoramento_cobertura_uso_da_terra/. Acesso em: 17 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, A. C.; LOPES, S.; PINTO, J. M. **Uso de geotecnologias no planejamento e gestão ambiental municipal: estudo de caso de Cambuí-MG**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 66, n. 6, p. 1007-1016, 2014.

SOUZA, C., ROISENBERG, A., TASSINARI, C. **Geologia dos campos de cima da serra**. Geologia do Rio Grande do Sul, 2017, p. 513-556. Editora UFRGS.

SIGRH – **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Coordenadoria de Recursos Hídricos – Brasília-DF. Brasil. 2023.

VEROUSTRAETE, F., VERSTRAETEN, W. **The Role of Land Use and Land Cover Data in Environmental Change Studies**. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 2009, p. 127–135. doi:10.

ANEXO A: Dados brutos disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) coletados pela estação 64507100 - ETA SAMAE Ibiporã - Ribeirão Jacutinga (A).

Data da Campanha	Cota	Vazão	Coliforme total	Condutividade Elétrica Específica	DBO/5 20 °C	DQO	Escherichia coli	Fósforo total	Nitrogênio Kjeldahl	Oxigênio dissolvido	pH	Temperatura do ar	Temperatura da água	Turbidez
	cm	m³/s	NMP/100 mL	µS/cm a 25 °C	mg/L O ₂	mg/L O ₂	NMP/100mL	mg/L P	mg/L N	mg/L O ₂	Unidade de pH	°C	°C	N.T.U.
19/09/2000	28,00	1,123	5.000,00	88,00	1,70	5,40	-	-	0,470	8,20	7,60	30,00	23,00	20,00
18/07/2001	40,00	1,403	7.000,00	75,00	<2,00	5,00	-	-	0,050	8,30	7,50	20,00	17,00	23,00
14/08/2003	26,00	0,699	5.000,00	87,50	2,40	5,00	-	-	0,180	-	7,60	20,00	15,00	22,00
02/12/2003	18,00	0,548	-	103,20	<2,00	4,50	-	-	0,140	-	7,80	25,00	25,00	7,20
26/05/2004	130,00	4,339	-	73,00	3,00	6,10	-	-	0,320	-	7,30	17,00	19,00	280,00
10/03/2005	78,00	0,580	80.000,00	83,00	3,10	12,00	-	-	0,320	7,80	8,00	38,00	27,00	31,00
16/06/2005	35,00	1,396	30.000,00	84,00	2,20	19,00	13.000,00	-	0,500	8,84	7,70	31,00	26,00	25,00
05/10/2005	122,00	3,275	-	71,00	13,00	54,00	-	-	2,400	7,92	7,10	28,00	13,00	600,00
28/10/2005	28,00	1,150	-	96,00	2,00	9,40	-	-	0,240	7,98	7,90	31,00	27,00	32,00
01/03/2006	55,00	1,533	240.000,00	95,00	2,00	7,70	80.000,00	0,0260	0,210	9,10	7,90	31,00	29,00	39,00
28/04/2006	38,00	1,009	170.000,00	94,00	2,00	9,70	170.000,00	0,0600	0,250	7,10	7,70	25,00	24,00	23,00
25/07/2006	26,00	0,622	22.000,00	85,00	<2,00	11,00	1.100,000	0,0310	0,180	-	7,80	22,00	18,00	20,00
29/08/2006	22,00	0,559	110.000,00	89,00	<2,00	10,00	110.000,00	0,0490	0,069	-	8,00	22,00	20,00	10,00
23/03/2007	76,00	2,600	130.000,00	90,00	<2,00	10,00	130.000,00	-	0,270	-	7,77	27,00	24,00	26,00
29/05/2007	51,00	1,423	22.000,00	79,90	<2,00	4,10	13.000,00	-	-	-	7,60	19,00	19,00	29,00
22/11/2007	28,00	0,685	49.000,00	99,60	<2,00	<1,00	23.000,00	-	0,120	-	7,90	27,00	25,00	11,00
08/05/2008	75,00	2,583	130.000,00	78,00	<2,00	4,10	28.000,00	-	0,230	-	7,91	17,00	17,00	27,00
15/07/2008	44,00	1,290	28.000,00	78,00	<2,00	6,10	28.000,00	-	0,056	-	7,70	21,00	18,00	18,00
18/06/2009	42,00	1,406	79.000,00	80,00	<2,00	6,00	28.000,00	-	0,170	-	7,60	21,00	18,00	18,00
26/08/2009	61,00	2,062	49.000,00	86,20	<2,00	4,30	17.000,00	0,0550	0,320	8,60	7,70	19,00	19,00	27,00
27/05/2010	84,00	3,205	79.000,00	73,00	<2,00	9,30	49.000,00	0,0570	0,230	12,00	8,32	20,00	18,00	29,00
22/07/2010	56,00	1,635	170.000,00	76,00	<2,00	15,00	130.000,00	0,0490	0,250	12,00	8,00	18,00	15,00	23,00
22/09/2010	34,00	1,212	130.000,00	82,00	<2,00	4,40	79.000,00	0,0400	0,220	9,80	7,80	25,00	20,00	18,00
24/11/2010	46,00	1,277	-	73,00	<2,00	4,00	-	0,0810	0,280	14,00	7,81	33,00	28,00	50,00
31/05/2011	60,00	1,570	130.000,00	76,00	<2,00	<2,00	1.400,00	0,0430	0,200	16,85	7,20	20,00	17,00	22,00
18/08/2011	46,00	1,338	130.000,00	83,40	<2,00	<2,00	79.000,00	0,0290	0,120	10,40	6,76	16,00	19,00	13,00
31/10/2011	54,00	1,786	22.000,00	102,10	2,50	16,00	2.200,00	0,1500	0,490	-	7,30	24,00	19,00	30,00
03/05/2012	50,00	1,643	13.000,00	89,00	<2,00	7,40	1.700,00	0,0330	0,260	9,00	7,50	20,00	20,00	20,00
21/08/2012	78,00	2,750	-	75,00	2,10	7,30	-	0,0440	0,230	8,10	7,60	25,00	20,00	24,00
29/10/2012	48,00	2,231	350.000,00	86,30	<2,00	3,70	2.300,00	0,0500	0,310	6,99	7,60	33,00	25,00	25,00

Fonte: ANA (2023).

ANEXO A: Dados brutos disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) coletados pela estação 64507100 - ETA SAMAE Ibiporã - Ribeirão Jacutinga (B).

Data da Campanha	Cota	Vazão	Coliforme total	Condutividade Elétrica Específica	DBO/5 20 °C	DQO	Escherichia coli	Fósforo total	Nitrogênio Kjeldahl	Oxigênio dissolvido	pH	Temperatura do ar	Temperatura da água	Turbidez
	cm	m³/s	NMP/100 mL	µS/cm a 25 °C	mg/L O ₂	mg/L O ₂	NMP/100mL	mg/L P	mg/L N	mg/L O ₂	Unidade de pH	°C	°C	N.T.U.
28/04/2013	102,00	3,371	-	116,30	-	-	-	-	-	8,81	7,90	28,00	20,70	-
30/06/2013	126,00	4,963	-	128,50	-	-	-	-	-	8,78	7,74	26,00	20,72	98,70
22/08/2013	84,00	2,506	-	105,70	-	-	-	-	-	9,24	8,73	19,50	17,86	32,90
28/10/2013	69,00	1,759	-	130,40	-	-	-	-	-	8,38	8,00	24,80	21,60	37,40
25/05/2014	83,00	2,437	-	113,10	-	-	-	-	-	-	7,80	16,00	18,83	108,00
22/07/2014	62,00	1,093	-	90,70	-	-	-	-	-	9,37	7,69	21,20	14,00	23,80
04/12/2014	54,00	0,972	-	111,90	-	-	-	-	-	-	7,52	31,00	25,00	22,80
30/09/2015	97,00	2,769	-	97,00	-	-	-	-	-	8,61	7,72	21,00	20,00	106,00
26/11/2015	155,00	5,980	-	39,00	-	-	-	-	-	6,40	6,63	21,00	23,00	-
18/03/2016	136,00	5,919	-	66,00	-	-	-	-	-	8,08	7,48	25,00	23,00	40,10
06/07/2016	106,00	3,493	-	48,00	-	-	-	-	-	-	7,17	20,00	18,00	46,10
24/10/2016	134,00	5,575	-	82,00	-	-	-	-	-	8,59	7,81	23,00	20,00	314,00
25/10/2016	100,00	3,737	-	63,80	7,00	22,00	24.000,000	0,3500	-	7,80	6,80	26,50	23,20	580,00
07/03/2017	96,00	3,523	-	87,60	3,00	10,00	2.800,000	0,0670	-	7,68	6,60	25,50	24,40	37,00
18/10/2017	90,00	3,211	160.000,00	99,00	4,00	12,00	460,000	0,0500	0,380	7,86	6,80	31,00	26,00	12,00
17/01/2018	192,00	9,946	-	120,00	4,30	11,00	37.000,000	0,3300	0,960	8,38	6,70	25,00	22,00	360,00
01/08/2018	62,00	1,917	160.000,00	136,00	<3,00	9,00	5.400,000	0,0270	0,230	7,11	6,70	20,00	17,00	11,00
08/11/2018	106,00	4,071	160,00	158,00	2,00	6,00	540,000	0,0440	0,220	7,34	6,80	31,00	23,00	30,00
13/03/2019	88,00	3,110	160.000,00	126,00	<3,00	3,00	3.100,000	0,0460	0,270	7,65	6,90	28,00	24,00	31,00
12/06/2019	88,00	3,110	-	154,00	<2,00	3,00	590,000	0,0270	0,140	8,79	6,60	26,00	20,00	20,00
20/08/2019	60,00	1,834	14.000,00	92,00	<2,00	3,00	920,000	0,0300	0,160	9,60	7,70	27,00	19,00	10,00
30/10/2019	-	-	160.000,00	102,70	3,00	7,00	1.700,000	0,0580	0,400	5,80	6,40	35,00	29,00	47,00
10/03/2020	-	-	54.000,00	92,00	<2,00	<3,00	460,000	0,0420	-	7,60	6,80	30,00	22,00	11,00
17/06/2020	-	-	92.000,00	97,80	<2,00	<3,00	700,000	0,0300	0,170	8,60	7,20	24,00	18,00	12,00
06/04/2021	-	-	>2420	112,90	3,00	14,00	1.046,000	0,0310	0,170	6,51	7,40	26,00	21,00	13,00
29/06/2021	-	-	17.329,00	101,20	<2,00	<3,00	4.884,000	0,0350	0,210	9,70	6,60	12,00	14,00	16,00

Fonte: ANA (2023).

ANEXO B: Dados brutos de qualidade da água referentes ao Ribeirão Jacutinga disponibilizados pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN).

Código	Ribeirão	Data da Campanha	DBO/5 20 °C	<i>Escherichia coli</i>	Fósforo total	Nitrogênio total	Oxigênio dissolvido	pH
64507100	Ribeirão Jacutinga	15/03/2022	<i>mg/L O₂</i>	<i>NMP/100mL</i>	<i>mg/L P</i>	<i>mg/L N</i>	<i>mg/L O₂</i>	<i>Unidade de pH</i>
			1,6	4352	0,11	2,1	7,1	6,7
			Sólidos dissolvidos totais	Sólidos suspensos totais	Temperatura do ar	Temperatura água	Turbidez	
			<i>mg/L</i>	<i>mg/L</i>	°C	°C	<i>N.T.U.</i>	
			112	31	30	25	94	

Fonte: ANA (2023).