

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS**  
**PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

**FELIPE MISAEL DA SILVA MORSOLETO**

Piscicultura em Áreas de Mananciais: estudo de caso do Rio Toledo,  
Bacia Hidrográfica do Paraná 3

Toledo  
2024

**FELIPE MISAEL DA SILVA MORSOLETO**

Piscicultura em Áreas de Mananciais: estudo de caso do Rio Toledo,  
Bacia Hidrográfica do Paraná 3

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Aldi Feiden

Toledo

2024

## FICHA CATALOGRÁFICA

Misael da Silva Morsoleto, Felipe

Piscicultura em Áreas de Mananciais: estudo de caso do Rio Toledo, Bacia Hidrográfica do Paraná 3 / Felipe Misael da Silva Morsoleto; orientador Aldi Feiden. -- Toledo, 2024.

78 p.

Tese (Doutorado Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2024.

1. Geotecnologias. 2. Planejamento Ambiental. 3. Recursos Pesqueiros . 4. Gestão Pública. I. Feiden, Aldi, orient. II. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**FELIPE MISAEL DA SILVA MORSOLETO**

Piscicultura em Áreas de Mananciais: estudo de caso do Rio Toledo,  
Bacia Hidrográfica do Paraná 3

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

---

Prof. Dr. Aldi Feiden

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Prof. Dr. Altevir Signor

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. Sergio Makrakis

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Prof. Dr. José Rafael Soares Fonseca

Serviço de Aprendizagem Rural - SENAR - MT

---

Profa. Dra. Mariana Lins Rodrigues

Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB

Aprovada em: 24 de maio de 2024.

Local de defesa: Remoto

*If you hear me talking on the wind  
You've got to understand  
We must remain  
Perfect strangers*

*(Deep Purple - Perfect Stranger)*

## AGRADECIMENTO(S)

Agradeço imensamente a minha família pelo constante suporte e carinho. Meus pais Eloy e Maria José e minha irmã Veridiana pela paciência e por suas palavras sempre afáveis e inspiradoras.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Aldi Feiden pela confiança, ensinamentos (GEMAQ “*Trails*”), experiência dividida (muitas histórias na sala de orientação), apoio e paciência (olha que precisou de muita) durante a jornada do doutorado, e sempre lembrarei da sua alegria, e principalmente, a risada inconfundível.

Agradeço ao amigo que a vida me trouxe: Pedro “véio do rio”. Aos amigos que a universidade me presenteou: Humberto “chefinho”; Francisco “chicão”; Isabel “moça do chá”; Dr. Wagner “careca”; e Jhonathan “coelhinho”, por toda parceria, amizade e atenção que tiveram comigo ao longo dos anos, com certeza tornaram a vida acadêmica mais leve.

Agradeço aos demais colegas do Grupo de Estudos e Manejo em Aquicultura - GEMAQ pela troca de ideias e resenhas na sala de apoio, serviram várias vezes como válvula de escape.

Agradeço aos membros da banca de defesa, pela dedicação na leitura do trabalho e contribuições pertinentes apresentadas para melhoria da pesquisa.

Agradeço a Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Toledo e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros - PREP (não esqueci da Carla), por me concederem a oportunidade de crescer profissionalmente e evoluir como pesquisador. Da mesma forma, agradeço aos docentes e discentes do GEMAQ pelo apoio e companheirismo.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma participaram dessa etapa, que compartilharam ideias, conversas e ensinamentos que de alguma forma acabaram contribuindo em todo o processo. E por último, mas não menos importante ao apoio da CAPES, entidade do Governo Brasileiro voltada para a formação de recursos humanos.

Caracterização geomorfológica, localização e quantificação dos viveiros escavados para piscicultura na microbacia hidrográfica do rio Toledo, oeste do paraná: morfometria e avaliação do lançamento de efluentes piscícolas entre a estação de tratamento de água e a estação de tratamento de esgoto.

## RESUMO

Este estudo utilizou geotecnologias e ferramentas de software livre, como Google Earth e QGIS, para planejar o uso sustentável dos recursos hídricos na microbacia do rio Toledo, no oeste do Paraná. A pesquisa caracterizou a geomorfologia da área, o uso e ocupação do solo, e mapeou 97 viveiros escavados, majoritariamente pequenos, com foco na expansão ordenada da piscicultura. A microbacia, com relevo plano e solo favorável à aquicultura, é essencial para o abastecimento público, industrial e agropecuário da região. O estudo também analisou a morfometria e hidrologia do rio Toledo, estimando o aporte de Nitrogênio e Fósforo proveniente da piscicultura. Cerca de 75% do Nitrogênio e 74% do Fósforo Total concentram-se na área acima da Estação de Tratamento de gua. A inatividade de estações pluviométricas e fluviométricas limita a análise da capacidade de autodepuração do rio, destacando a importância do planejamento hídrico para a gestão eficiente das bacias hidrográficas urbanas.

**Palavras-chaves:** Geotecnologias; Caracterização geomorfológica; Morfometria; Hidrologia; Bacias hidrográficas urbanas.

## **ABSTRACT**

This study used geotechnologies and free software tools, such as Google Earth and QGIS, to plan the sustainable use of water resources in the Toledo River microbasin, in western Paraná. The research characterized the area's geomorphology, land use and occupation, and mapped 97 excavated ponds, mostly small, with a focus on the orderly expansion of fish farming. The microbasin, with flat relief and soil favorable to aquaculture, is essential for the region's public, industrial and agricultural supply. The study also analyzed the morphometry and hydrology of the Toledo River, estimating the input of Nitrogen and Phosphorus from fish farming. About 75% of the Nitrogen and 74% of the Total Phosphorus are concentrated in the area above the Water Treatment Plant. The inactivity of rainfall and fluviometric stations limits the analysis of the river's self-purification capacity, highlighting the importance of water planning for the efficient management of urban river basins.

**Keywords:** Geotechnologies; Geomorphological characterization; Morphometry; Hydrology; Urban watersheds.



## Lista de abreviaturas e siglas

<b>Aguasparaná</b>	Instituto das Águas do Paraná
<b>ANA</b>	Agência Nacional das Águas
<b>APP</b>	Áreas de Proteção Permanente
<b>BPM</b>	Boas Práticas de Manejo
<b>BP2</b>	Bacia do Paraná 2
<b>BP3</b>	Bacia do Paraná 3
<b>Cfa</b>	Clima subtropical úmido
<b>Conama</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
$C_m$	Coefficiente de manutenção
<b>Datum</b>	Modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra
<b>DBQ</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio
$D_d$	Densidade de drenagem
<b>DQO</b>	Demanda química de oxigênio
<b>Embrapa</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
$E_r$	Razão de alongamento
<b>ETA</b>	Estação de Tratamento de Água
<b>ETE</b>	Estação de Tratamento de Esgoto
$G_c$	Índice de gradiente de canais
<b>GRASS</b>	<i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
$H_i$	Índice hipsométrico
<b>IAPAR</b>	Instituto Agrônômico do Paraná
<b>IAP</b>	Instituto das Águas do Paraná
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
$I_c$	Índice de circularidade
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
$I_r$	Índice de rugosidade
$I_s$	Índice de sinuosidade
$K_c$	Coefficiente de compacidade
$K_f$	fator de forma

<b>Mapbiomas</b>	Iniciativa do Observatório do Clima, para mapear a cobertura e uso da terra e monitorar as mudanças do território brasileiro
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevação
<b>Mineropar</b>	Minerais do Paraná S/A
<b>MO</b>	Matéria Orgânica
<b>NT</b>	Nitrogênio Total
<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido
<b>PNQA</b>	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
<b>PNRH</b>	Política Nacional de Recursos Hídricos
<b>PT</b>	Fósforo Total
<b>QGIS</b>	<i>Geographic Information System</i>
<b><math>R_v</math></b>	Razão de relevo relativo
<b>Sanepar</b>	Companhia de Saneamento do Paraná
<b>Shapefile</b>	Arquivo contendo dados geoespaciais
<b>Simepar</b>	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná
<b>Sirgas 2000</b>	Sistema Geodésico de Referência oficial do País
<b>Suderhsa</b>	Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
<b>Surehma</b>	Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
<b><math>T_c</math></b>	Tempo de concentração
<b>Topodata</b>	Banco de dados Geomorfométricos do Brasil
<b>UTM</b>	<i>Universal Transverse Mercator</i>

## SUMARIO FIGURA

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.....	32
<b>Figura 2:</b> Delimitação da microbacia hidrográfica do Rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.....	35
<b>Figura 3:</b> Mapa do relevo da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.....	36
<b>Figura 4:</b> Mapa de altimetria da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.....	37
<b>Figura 5:</b> Mapa de tipos de solos da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil. ....	38
<b>Figura 6:</b> Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia do Paraná 3, Município de Toledo região oeste do estado do Paraná, Brasil. .	39
<b>Figura 7:</b> Mapa da localização e sentido das rodovias existentes dentro da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil. ....	41
<b>Figura 8:</b> Mapa de localização dos viveiros escavados da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.....	42
<b>Figura 9:</b> Localização da área de estudo dentro da microbacia do rio Toledo, entre os limites dos exutório a montante da ETA e jusante da ETE, região oeste do estado do Paraná. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor, 2024. ....	54
<b>Figura 10:</b> Localização da microbacia do rio Toledo, na Bacia do Paraná 3, município de Toledo. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor, 2024.....	58
<b>Figura 11:</b> Ordenamento hídrico dos canais da microbacia do rio Toledo. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor (2024).....	61
<b>Figura 12:</b> Localização dos viveiros escavados entre as Estações de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor (2024).....	64

<b>Figura 13:</b> Viveiros escavados mapeados a montante da Estação de Tratamento de Água, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor, 2024. ....	66
<b>Figura 14:</b> Viveiros escavados mapeados, entre a Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor, 2024. ....	67
<b>Figura 15:</b> Viveiros escavados mapeados a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor (2024). ....	68
<b>Figura 16:</b> Mapa com a localização geográfica das estações fluviométrica e pluviométricas inativas da microbacia do rio Toledo. <b>Fonte:</b> elaborado pelo autor, 2024. ....	70

## SUMARIO TABELA

<b>Tabela 1:</b> Classificação dos relevos de acordo com o valor percentual da variação dos solos, conforme metodologia da Embrapa.....	34
<b>Tabela 2:</b> Classificação dos tipos de solo e percentual da área na microbacia. .	38
<b>Tabela 3:</b> Classificação das atividades de uso e ocupação do solo, área e porcentagem na microbacia do rio Toledo. ....	40
<b>Tabela 4:</b> Classificação dos viveiros escavados observados na microbacia hidrográfica do Rio Toledo, conforme classe de tamanho. ....	43
<b>Tabela 5:</b> Parâmetros da microbacia do rio Toledo. ....	44
<b>Tabela 6:</b> Índices morfométricos, suas fórmulas, itens das fórmulas, valores de referência e referências utilizadas.....	56
<b>Tabela 7:</b> Classes de viveiros e os valores de referência utilizados para os cálculos de Nitrogênio total e Fósforo total, aportados durante o ciclo de criação e a despesca. .	57
<b>Tabela 8:</b> Potencial hidrogeológico e vazão para captação das microbacias sob gestão do município de Toledo.....	58
<b>Tabela 9:</b> Situação das estações de qualidade da água registrada no sistema de informações do Instituto das Águas do Paraná localizadas no município de Toledo.....	59
<b>Tabela 10:</b> Extensão e ordenamento hídrico dos afluentes que compõem a microbacia do rio Toledo.....	60
<b>Tabela 11:</b> Índices morfométricos da microbacia do rio Toledo e seus respectivos valores.....	61
<b>Tabela 12:</b> Quantificação, percentual e classificação dos viveiros escavados encontrados na microbacia do rio Toledo. ....	63
<b>Tabela 13:</b> Localização dos viveiros escavados, quantidade e área da lâmina d'água a montante da Estação de Tratamento de Água, entre a ETA e ETE, e a montante da Estação de Tratamento de Esgoto na microbacia do rio Toledo, região oeste do Paraná. ....	64
<b>Tabela 14:</b> Classificação dos viveiros escavados por classe de tamanho e divididos pela localização a montante, jusante e entre a Estação de Tratamento de Água - ETA e Estação de Tratamento de Esgoto - ETE. ....	65
<b>Tabela 15:</b> Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, a montante da Estação de Tratamento de Água - ETA, pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná. ....	66

<b>Tabela 16:</b> Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, entre a Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná.....	67
<b>Tabela 17:</b> Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná.....	68
<b>Tabela 18:</b> Estimativa total de Nitrogênio e Fósforos aportados na microbacia do rio Toledo, sua biomassa e localização a montante da Estação de Tratamento de Água, entre as estações e a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto. ....	69
<b>Tabela 19:</b> Vazões captadas, consumidas e devolvidas das microbacias geridas pelo município de Toledo. ....	70
<b>Tabela 20:</b> Situação das estações fluviométricas que percorrem o município de Toledo.....	71
<b>Tabela 21:</b> Estações pluviométricas inativas instaladas na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná.....	71

## Sumário

CAPÍTULO 1 – REFÊRENCIA TEÓRICA.....	18
1.1. Definição de Bacia Hidrográfica .....	18
1.2. Ordenamento de Bacias Hidrográficas .....	18
1.3. Termos e definições de Bacias Hidrográficas .....	19
1.4. Aptidão de Bacias Hidrográficas .....	19
1.5. Autodepuração dos corpos d'água.....	20
1.6. Definição de autodepuração dos corpos d'água na área urbana.....	21
Referências Bibliográficas .....	24
CAPÍTULO 2 - Caracterização geomorfológica, localização e quantificação dos viveiros escavados para piscicultura na microbacia hidrográfica do rio Toledo, oeste do Paraná .....	28
2.1. INTRODUÇÃO.....	30
2.2. METODOLOGIA.....	32
2.2.1. ÁREA DE ESTUDO .....	32
2.2.2. DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA.....	32
2.2.3. MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS VIVEIROS ESCAVADOS.....	33
2.2.4. PARÂMETROS GEOMORFOLÓGICOS .....	33
2.2.5. DECLIVIDADE DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO .....	33
2.2.6. HIPSOMETRIA, TIPOS E USO DE SOLOS.....	34
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
2.3.1. DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO .....	35
2.3.2. DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA DA MICROBACIA .....	36
2.3.3. TIPOS DE SOLO NA MICROBACIA DO RIO TOLEDO .....	37
2.3.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	39
2.3.5. MAPEAMENTO DOS VIVEIROS ESCAVADOS .....	42

2.3.6.	PARÂMETROS GEOMORFOLÓGICOS .....	43
2.4.	CONCLUSÃO.....	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	46
	CAPÍTULO 3 - Morfometria e avaliação do lançamento de efluentes piscícolas na microbacia do rio Toledo, entre a estação de tratamento de água e a estação de tratamento de esgoto.....	51
3.1.	INTRODUÇÃO.....	52
3.2.	METODOLOGIA.....	54
3.2.1.	ÁREA DE ESTUDO .....	54
3.2.2.	DELIMITAÇÃO E ORDENAMENTO HÍDRICO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO .....	54
3.2.3.	CÁLCULOS DOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO .....	55
3.2.4.	CÁLCULO DE APORTE DE FÓSFORO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL.....	56
3.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
3.3.1.	ÁREA DE ESTUDO E CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS .....	58
3.3.2.	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO RIO TOLEDO.....	59
3.3.3.	ORDENAMENTO HÍDRICO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO.....	60
3.3.4.	LOCALIZAÇÃO E ESTIMATIVA DO APORTE DE NITROGÊNIO E FÓSFORO DOS VIVEIROS ESCAVADOS A MONTANTE DA ETA, ENTRE AS ESTAÇÕES E JUSANTE A ETE.....	63
3.3.5.	POTENCIAL DE EUTROFIZAÇÃO DA ATIVIDADE PISCÍCOLA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOLEDO.....	69
4.	CONCLUSÃO.....	73
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74





## **CAPÍTULO 1 – REFÊRENCIA TEÓRICA**

### **1.1. Definição de Bacia Hidrográfica**

Na literatura científica, as mais variadas definições são encontradas para denominar bacias hidrográficas, podendo ser diferenciadas por suas peculiaridades, força hídrica, afluentes que desaguam em um mesmo ponto, hierarquização dos canais hidrológicos e escoamentos por delimitações geológicas, ou seja, classificações diversas existem para uma mesma bacia (PIROLI, 2013). De acordo com GAUTAM *et al.* (2003), a topografia é fator preponderante como divisor d'água em bacias, pois a força de escoamento das águas é o maior ator neste ambiente. Não esquecendo que uma bacia hidrográfica está sempre à mercê de ganhos e perdas naturais, como a captação pelas chuvas, evapotranspiração e precipitações (CHRISTOFOLETTI, 1980; LIMA, 2006). No geral, as bacias possuem diversas formas e tamanhos, com um canal-primário que pode ser dividido em sub-bacias, para assim, melhor entender os fatores que a regem.

Para a União, uma bacia hidrográfica é considerada uma unidade de gestão de recursos hídricos e naturais, com características físico-química distintas, segundo a Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997). Conhecer os elementos naturais que estão dissolvidos na bacia é essencial para que o arranjo de uso e ocupação do solo, não altere a bacia, como um todo (COELHO NETTO, 2005). Os gestores públicos, ao aprovarem a utilização dos recursos naturais de uma bacia de forma ordinária, devem considerar estes aspectos.

Segundo Lamichhane (2008), a qualidade e quantidade de água que flui em uma bacia regem as condições naturais e antrópicas existentes. Muitas bacias se ligam a reservatórios naturais, e os sedimentos que compõem este ciclo, podem conter elementos poluentes, advindos da ação antrópica. Estes sedimentos afetam todo o fluxo e circulação hídrica da bacia, e com isso, o escoamento do material carregado até seus afluentes, de certa forma, interfere na configuração natural do afluentes, mudando até seu arranjo físico (GONZALEZ, 2004; RODRIGUES e ADAMI, 2005; RODRIGUEZ, 2008).

### **1.2. Ordenamento de Bacias Hidrográficas**

Os ordenamentos das bacias hidrográficas seguem a seguinte hierarquia; nascentes com seus canais primários, que são denominados como primeira ordem, ou seja, a bacia é de primeira ordem; quando ocorre a união de dois canais primários, a bacia

se torna imediatamente de segunda ordem, e quando duas de segunda ordem se encontram, originam uma de terceira ordem e assim segue a lógica (STHALER, 1957).

### **1.3. Termos e definições de Bacias Hidrográficas**

Existem diversas classificações para ordenamento de uma bacia, mas geralmente o escoamento global é um fator preponderante, e com isso temos as seguintes classificações:

- Exorreicas – quando seu escoamento desemboca no mar;
- Endorreicas – seu escoamento se dá exclusivamente para águas interiores;
- Arreicas – áreas sem bacias hidrográficas (zonas desérticas);
- Criptorreicas – bacias subterrâneas.

As bacias também são classificadas, segundo o seu período de fluxo do rio principal, em:

- Perenes – fluxo anual bem regido e definido;
- Intermitentes – fluxo quase exclusivo da estação, com pluviosidade alta (período de chuvas);
- Efêmeros - só existem em períodos chuvosos ou em chuvas, com canais pouco ou nada definidos.

A classificação relacionada com o balanço hídrico, em:

- Bacia balanceada – compatibilidade entre oferta e demanda;
- Bacia deficitária – demanda hídrica maior do que a oferta;
- Bacia com excesso – oferta excede a demanda.

Tem-se também a abrangência territorial como fator classificatório e segundo Dereczynski (2009), as águas podem ser da União, do Estado e Município.

### **1.4. Aptidão de Bacias Hidrográficas**

Serve para identificar o potencial, tanto ambiental, como econômico, e apontar aspectos positivos, como redução de impactos visando manter a capacidade de produção e qualidade ambiental. Com esta identificação, o uso das políticas públicas visando o planejamento do uso e ocupação da terra, se tornam mais eficazes, e as medidas tomadas tornam, tanto a gestão das decisões, como as técnicas de manejo, eficazes. A divisão da bacia hidrográfica em sub-bacias e microbacias é uma estratégia eficaz para identificar a aptidão.

### 1.5. Autodepuração dos corpos d'água

A autodepuração é a associação de vários processos de natureza física, química e biológica onde existe um balanço entre consumo e produção de oxigênio (BEGA *et al.*, 2021). E para Bottino (2008) o processo de autodepuração atua na alteração da concentração de poluentes lançados em cursos d'água com as substâncias conservativas existentes no ambiente, variando ao longo do curso total. Estes ambientes podem ser divididos em zonas de autodepuração, que se caracterizam como:

- I. **Zona de degradação:** esta zona tem início logo após o ponto de lançamento do efluente, apresenta elevada concentração de matéria orgânica, elevada turbidez e após adaptação, inicia-se a proliferação bacteriana, começando a decrescer os teores de Matéria Orgânica (MO) e oxigênio dissolvido (OD), elevando a concentração de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e diminuindo o potencial hidrogeniônico (pH).
- II. **Zona de decomposição ativa:** a qualidade da água é mais deteriorada, há ocorrência do ponto crítico (ponto de menor concentração de OD), diminuição da concentração de MO e da turbidez. As bactérias decompositoras começam a reduzir em número e ocorre ausência de organismos superiores. Nesta zona, se eleva o número de protozoários e diminui o número de bactérias patogênicas, devido a diminuição da MO.
- III. **Zona de recuperação:** Nesta zona há o aumento da concentração de OD, baixa concentração de MO e microrganismos. A amônia é convertida em nitrito, e este a nitrato. Ocorre o desenvolvimento de algas, diversificação da cadeia alimentar e o número de bactérias e protozoários são reduzidos. Nesta zona, já temos o reaparecimento de peixes e outros organismos mais resistentes.
- IV. **Zona de águas limpas:** Temos as condições ambientais equivalentes às existentes antes do lançamento do efluente, em termos de MO, OD e bactérias. A autodepuração ocorre como um processo de sucessão ecológica, onde o ecossistema encontra-se estável e a comunidade atinge novamente o equilíbrio, restabelecendo a fauna e a cadeia alimentar normal.

Principais parâmetros considerados na avaliação de autodepuração em cursos d'água segundo Von Sperling (1996).

- I. **Temperatura:** a temperatura da água pode afetar a vida aquática, a concentração de oxigênio dissolvido e a demanda biológica de oxigênio. A temperatura influencia na proliferação de microrganismos e conseqüentemente no consumo de oxigênio dissolvido e na degradação da matéria orgânica.
- II. **Oxigênio dissolvido (OD):** o OD é a quantidade de oxigênio disponível em um corpo de água. É o principal parâmetro de caracterização da poluição do curso de água por despejos de esgotos. Este é fundamental para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais.
- III. **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):** a DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilização do ambiente em estudo. Para fins práticos, a DBO não é medida até a oxidação completa, mas apenas a quantidade, ou a taxa de oxigênio que é gasta ou consumida em certo intervalo de tempo, a uma determinada temperatura, na oxidação de uma dada quantidade de amostra.

### **1.6. Definição de autodepuração dos corpos d'água na área urbana**

A lei nº 9.433, criada em 1997 pelo governo federal, e que faz parte da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), foi criada visando a gestão dos recursos hídricos federais. A “Lei das Águas” como é mais conhecida, tem como objetivo estabelecer políticas públicas na oferta de água e gerenciar suas demandas, em um desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2021).

Para Von Sperling (1996), a autodepuração é um fenômeno de sucessão ecológica, onde uma comunidade se sucede a outra, até que haja uma estabilidade e equilíbrio de uma comunidade que se estabelece nas condições locais. Já a capacidade de autodepuração de rios, lagos, riachos e outros corpos hídricos refletem também em mudanças urbanas nos arredores, e ocorrem independentemente da densidade populacional, pois a carga de poluentes lançada sobre estes corpos hídricos possuem em sua composição um alto teor de matéria orgânica, largamente associada ao despejo de esgoto que não recebe o tratamento devido.

Oliveira e Von Sperling (2005) veiculam a autodepuração com o restabelecimento do equilíbrio da biota aquática sofrida após alterações dos despejos afluentes. Segundo Smith *et al.* (2001), a água pode ser considerada depurada mesmo que não esteja

totalmente purificada, em termos higiênicos, o que sobre o ponto de vista ainda apresenta organismos patogênicos. A autodepuração nos permite conhecer se o material presente na água está agindo para a degradação e sendo consumido pelo sistema hídrico, que ao alcançar os reservatórios de abastecimento apresente as condições adequadas aos parâmetros de qualidade de água (SARDINHA *et al.*, 2008).

No Brasil a classificação dos corpos d'água segue a Resolução CONAMA N° 357, que classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos (BRASIL, 2005). As águas doces são aquelas que possuem uma salinidade igual ou inferior a 0,5%, classificadas em cinco categorias de uso:

- I. **Classe Especial:** águas destinadas ao abastecimento doméstico e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- II. **Classe 1:** águas destinadas ao abastecimento doméstico; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação; à irrigação; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.
- III. **Classe 2:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação; à irrigação; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.
- IV. **Classe 3:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à irrigação; à dessedentação de animais.
- V. **Classe 4:** águas destinadas à navegação, paisagismo e aos usos menos exigentes.

Existe também a Resolução n° 903 de 2013, da Agência Nacional das Águas (ANA), que criou o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), que tem por finalidade:

- I. analisar a tendência de evolução da qualidade das águas superficiais;
- II. avaliar se a qualidade atual das águas atende os usos estabelecidos pelo enquadramento dos corpos d'água superficiais;
- III. identificar áreas críticas com relação à poluição hídrica;
- IV. aferir a efetividade da gestão sobre as ações de recuperação da qualidade das águas superficiais;
- V. apoiar as ações de planejamento, outorga, licenciamento e fiscalização (Brasil, 2013).

O corpo hídrico funciona semelhante a um reator natural, que tem a capacidade de assimilar e modificar a carga de matéria orgânica despejada. Entretanto, na maioria dos centros urbanos existe um excesso no despejo de matéria orgânica, nestes mesmos afluentes. Existe um limite natural que um corpo hídrico pode assimilar para que atinja o equilíbrio de concentração de microrganismos benéficos ao ecossistema. Para Andrade (2010), conhecer a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico, estimar a quantidade de efluentes se faz fundamental quando estudamos bacias hidrográficas.

### Referências Bibliográficas

ANDRADE, Larice Nogueira de. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 16-19, 2018. DOI: 10.7594/revbio.05.04. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revbiologia/article/view/108617>. Acesso em: 09 jul. 2023.

BEGA, João Miguel Mercês et al. Uso da cafeína como indicador de poluição por esgoto doméstico em corpos d'água urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 381-388, 2021.

BOTTINO, Flávia. **Estudo experimental e matemático de qualidade da água com base na ecologia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do rio Canha, baixo Ribeira de Iguape, SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2008.

BRASIL. *Lei Federal 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Presidência da República, 1997.

BRASIL, Resolução CONAMA. 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**, 2005.

BRASIL, Resolução ANA nº903 de 22 de julho de 2013. **Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais**. Publicado no Diário Oficial da União, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politicanacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 12/09/2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.93-148. 2005.



DERECZYNSKI, C.P.; OLIVEIRA, J.S.; MACHADO, C.O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24 - 38, 2009.

GAUTAM, A.P., WEBB, E.L., SHIVAKOTI, G.P. and ZOEBISCH, M.A. Land use dynamics and landscape change pattern in a mountain watershed in Nepal. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, vol. 99, no. 1-3, pp. 83-96. 2003.

GONZÁLEZ, A. O. D. *Manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales, en el área de la mancomunidad de los municipios del centro de Atlántida*, Honduras. Turrialba: Catie, Costa Rica. 2004.

LAMICHHANE, B.R. Dynamics forces of land use/forest cover changes and indicators of climate change in a mountain sub-watershed of Gorka Pokhara: Tribuvan University, Institute of Forestry, 64 p. Thesis for Master of Sciences in Natural Resource Management and Rural Development. 2008.

LIMA, W. P. Introdução ao manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba: DCFL/Esalq, 2006.

OLIVEIRA, Sílvia; CORRÊA, M. A.; VON SPERLING, Marcos. Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2: influência de fatores de projeto e operação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 358-368, 2005.

PIROLI, E. L. *Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Pardo*. Ourinhos, 2013. Tese (Livre-Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) – Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. 2013.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) *Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório*. São Paulo: Oficina de Textos, p.147-66. 2005.

RODRIGUEZ, J. M. M. *Planificación Ambiental*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2008.

SARDINHA, Diego de Souza et al. Evaluation of the water quality and auto-purification from the Meio Stream, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, p. 329-338, 2008.

SMITH, Eric P. et al. Avaliação estatística de violações dos padrões de qualidade da água nos termos da Seção 303 (d) da Lei da Água Limpa. **Ciência e Tecnologia ambiental**, v. 3, pág. 606-612, 2001.

STHALER, A. N. *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. **Transactions, American Geophysical Union**, v.38, n.6, p.913-20, Dec. 1957.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

Capítulo II da Tese elaborado, formatada e publicado  
conforme as normas da publicação científica  
Caderno Pedagógico.

Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3539>

Artigo publicado na Revista Caderno Pedagógico

**CAPÍTULO 2 - Caracterização geomorfológica, localização e quantificação dos viveiros escavados para piscicultura na microbacia hidrográfica do rio Toledo, oeste do Paraná**

Geomorphological characterization, location and quantification of excavated ponds for fish farming in the Toledo River micro-basin, western Paraná.

Caracterización geomorfológica, ubicación y cuantificación de estanques escavados para piscicultura en la microcuenca del río Toledo, oeste de Paraná

**Felipe Misael da Silva Morsoleto**

Mestre em Recursos Pesqueiro e Engenharia de Pesca  
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)  
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil  
E-mail: felipe\_morsoletto@yahoo.com.br

**Pedro Rondon Werneck**

Mestre em Recursos Pesqueiro e Engenharia de Pesca  
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)  
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil  
E-mail: prondonwerneck@gmail.com

**Humberto Rodrigues Macedo**

Mestre em Agroenergia  
Instituição: Instituto Federal do Tocantins (IFTO)  
Endereço: Palmas, Tocantins, Brasil  
E-mail: humberto.macedo@ifto.edu.br

**Antonio Francisco Campanha da Silva**

Mestre em Recursos Pesqueiro e Engenharia de Pesca  
Filiação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil  
E-mail: franciscroyff@hotmail.com

**Aldi Feiden**

Doutor em Ciências  
Filiação: Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil  
E-mail: aldifeiden@gmail.com

## RESUMO

O planejamento sustentável do uso dos recursos hídricos utilizando geotecnologias com imagens geradas por softwares livres, como o Google Earth, e transformadas em mapas, com o uso do Sistema de Informações Geográficas – QGIS, favorece o planejamento e o uso sustentável dos recursos hídricos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a geomorfologia da microbacia hidrográfica do rio Toledo, no oeste do Paraná, caracterizar o uso e ocupação do solo e das águas, e localizar e quantificar os viveiros escavados, como ferramenta para planejar a expansão da piscicultura de forma ordenada. Os resultados mostraram que a microbacia possui relevo relativamente plano, pouca declividade, sem muitas variações altimétricas, com mínimo de 430 e máximo de 690 metros). A microbacia possui uma área de 92,98km<sup>2</sup> com perímetro de 71,58 km. O curso principal possui extensão de 31,20 km e a declividade média de 6,41 metros e apresenta baixo riscos de enchentes e enxurradas. As características físicas da microbacia são propícias a prática aquícola devido à presença massiva de Latossolo vermelho. Foram localizados, mapeados e classificados 97 viveiros escavados, sendo a maioria de pequeno porte (87,6%). Este arranjo dos viveiros é caracterizado pela exploração por pequenas propriedades rurais. Verifica-se que o uso das geotecnologias é uma ferramenta importante para planejar o uso racional dos recursos hídricos, pois proporciona o conhecimento do real potencial, e da situação ambiental das microbacias hidrográficas. Palavras-chave: Geotecnologias. Planejamento Ambiental. Produção de Peixes.

## ABSTRACT

Sustainable planning of the use of water resources using geotechnology, with images generated by free software, such as Google Earth, and transformed into maps, using the Geographic Information System - QGIS, favors the planning and sustainable use of water resources. The objective of this work was to characterize the geomorphology of the Toledo River microbasin, in western Paraná, characterize the use and occupation of soil and water, and locate and quantify excavated ponds, as a tool to plan the expansion of fish farming in an orderly manner. The results showed that the micro-basin has a relatively flat slope, without many elevation variations, with a minimum of 430 and a maximum of 690 meters). The microbasin has an area of 92.98km<sup>2</sup> with a perimeter of 71.58 km. The main course is 31.20 km long and has an average slope of 6.41 meters and presents a low risk of flooding and flash floods. The physical characteristics of the microbasin are conducive to aquaculture due to the massive presence of red Oxisol. Were located 97 excavated ponds, mapped and classified, the majority of which were small (87.6%). This arrangement of ponds is characterized by exploitation by small rural properties. It is concluded that the use of geotechnology is an important tool for planning the rational use of water resources, as it provides knowledge of the real potential and the situation of micro river basins.

*Keywords:* Geotechnologies. Environmental Planning. Fish Production.

## RESUMEN

La planificación sostenible del uso de los recursos hídricos mediante la geotecnología, con imágenes generadas por software libre, como Google Earth, y transformadas en mapas, utilizando el Sistema de Información Geográfica - SIG, favorece la planificación y el uso sostenible de los recursos hídricos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la

geomorfología de la microcuenca del río Toledo, en el oeste de Paraná, caracterizar el uso y ocupación de suelo y agua, y localizar y cuantificar estanques excavados, como herramienta para planificar la expansión de la piscicultura de manera ordenada. Los resultados mostraron que la microcuenca tiene una pendiente relativamente plana, sin muchas variaciones de elevación, con un mínimo de 430 y un máximo de 690 metros). La microcuenca tiene una superficie de 92,98 km<sup>2</sup> con un perímetro de 71,58 km. El curso principal tiene 31,20 km de largo y una pendiente media de 6,41 metros y presenta un bajo riesgo de inundaciones e inundaciones repentinas. Las características físicas de la microcuenca son propicias para la acuicultura debido a la presencia masiva de Oxisol rojo. Se localizaron 97 estanques excavados, cartografiados y clasificados, la mayoría de los cuales eran pequeños (87,6%). Esta disposición de estanques se caracteriza por la explotación de pequeñas propiedades rurales. Se concluye que el uso de la geotecnología es una herramienta importante para planificar el uso racional de los recursos hídricos, ya que proporciona conocimiento del potencial real y la situación de las micro cuencas fluviales.

Palabras clave: Geotecnologías. Planificación Ambiental. Producción de Pescado.

## 2.1. INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas e suas intrínsecas redes de drenagem, exercem papel fundamental na topografia terrestre. Trabalhos com foco na geomorfologia têm mostrado diversos fatores, dentre eles: aspectos geológicos, clima, cobertura vegetal, solos e relevos. O comportamento hidrológico é o grande protagonista para a definição da morfometria do local estudado.

As águas de uma bacia hidrográfica têm o objetivo principal de abastecer a população, e só após isso serem usadas para agricultura, sendo o ideal que mananciais de abastecimento fossem preservados seu entorno com o máximo de cobertura vegetal. Toda ação antrópica, sendo ela direta ou indireta, atua no comportamento de uma bacia hidrográfica, carregando virtudes e defeitos, ao longo do seu escoamento (Saraiva, 1999).

A erosão hídrica em uma bacia hidrográfica é diretamente ocasionada pela ocupação desordenada da cobertura do solo (Dechen *et al.*, 2015; FAO, 2015). Com isso, a própria hidrologia da bacia muda, levando ao aumento da produção de sedimentos, que levam ao assoreamento dos corpos d'água e interferindo na quantidade e qualidade de suas águas (Accorsi *et al.*, 2017; Anjinho *et al.*, 2021).

As geotecnologias são indispensáveis quando utilizadas por setores econômicos e ambientais. Uma vez que fornecem informações preciosas sobre a pedologia, hidrologia, relevo, hipsometria e uso e ocupação do solo (Nayak *et al.*, 2018; Klein *et al.*, 2023; Morsoleto *et al.*, 2023), quando usado na piscicultura fornecem informações sobre a área de lâmina d'água e a sua localização, assim auxiliando a prever ou minimizar o

impacto ambiental em áreas onde a atividade se faz presente, pois fornecem informações importantes sobre a dinâmica dos nutrientes, e informações sobre as características físicas das áreas de drenagem (Macedo *et al.*, 2023; Werneck *et al.*, 2023). Portanto, uma ferramenta auxiliar em outorgas e licenciamento ambiental (Cardoso, 2018; Jayanthi *et al.*, 2018).

A microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na região oeste do Paraná, integrante da bacia hidrográfica do Paraná 3, é responsável pelo abastecimento público parcial do município de Toledo, assim a identificação dos agentes erosivos e poluentes se faz necessário para o planejamento de medidas preventivas para garantir a qualidade da água fornecida à população (Toledo, 2020).

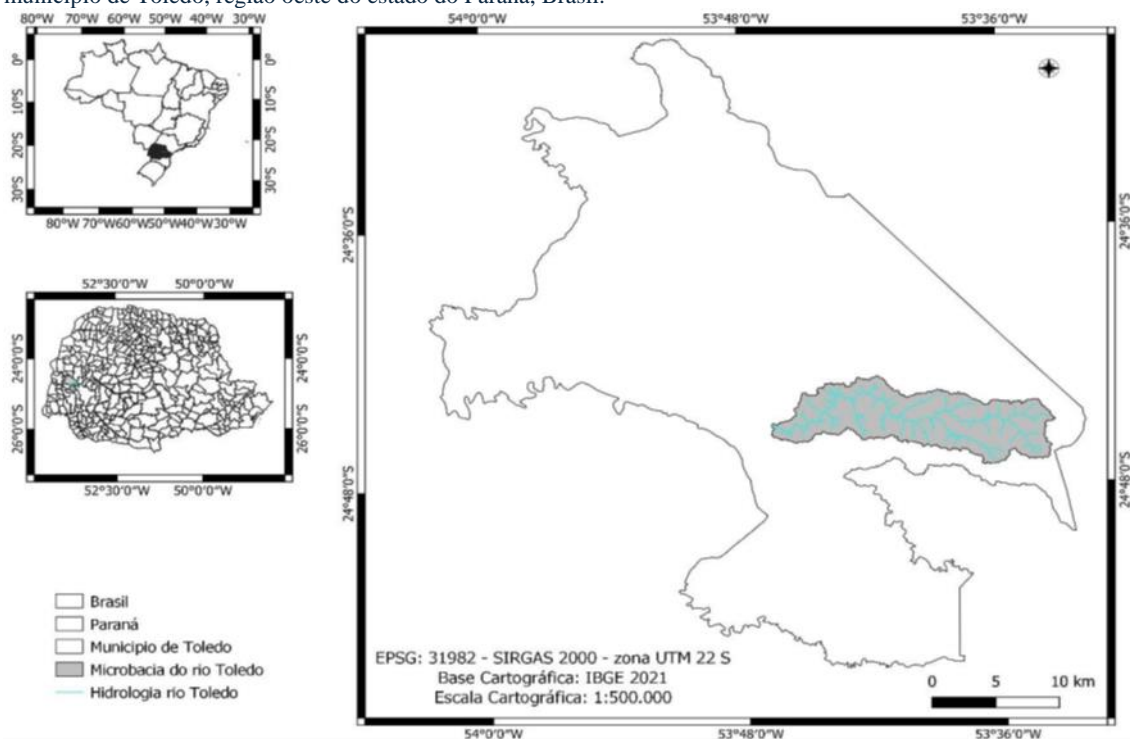
O objetivo deste estudo foi utilizar as geotecnologias para caracterizar a geomorfologia; o uso e ocupação do solo; localizar e quantificar os viveiros escavados da microbacia do rio Toledo, com a finalidade de fomentar ações para o uso racional dos recursos hídricos e subsidiar ações de planejamento sustentável do uso da água e da atividade piscícola na região.

## 2.2. METODOLOGIA

### 2.2.1. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do rio Toledo pode ser observada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O rio tem a sua foz no rio São Francisco Verdadeiro. Seus afluentes são a Sanga Capellari, Sanga Golondrina, Sanga Guarani, Sanga Lajes, Sanga Perdida, Sanga Pinheirinho e Sanga Manaus. Todas as suas nascentes ocorrem no território do município de Toledo, o que facilita a sua gestão (ANTAQ, 2013).

**Figura 1:** Mapa de localização da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

### 2.2.2. DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA

A delimitação da microbacia hidrográfica foi obtida utilizando o Modelo Digital de Elevação – MDE, oriundo do *site* Topodata (INPE, 2011) e processadas no *software* QGIS, versão 3.22.1 Biatowieza (QGIS, 2021). A delimitação da microbacia e as informações sobre a hidrografia foram realizadas através da captura de coordenadas do exutório do rio principal, com auxílio do *software Geographic Resources Analysis Support System - GRASS*, usando os comandos *r.watershed* e *r.water.outlet*.



Para a delimitação dos limites dos municípios, no entorno da microbacia do rio Toledo, foram utilizadas bases cartográficas, na escala de 1:250.000, obtidas no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em formato *shapefile* - SHP. Quanto a delimitação do tamanho das áreas das lâminas d'água, foi utilizado o *software* livre QGIS. Os vetores do município e sua malha viária, foram extraídos do *site* do IBGE (2019), e posteriormente foram projetados para o DATUM, SIRGAS 2000, UTM 22 S.

### **2.2.3. MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS VIVEIROS ESCAVADOS**

A identificação e a quantificação das estruturas dos viveiros escavados na região da microbacia do rio Toledo, foram realizadas através da utilização do *software* Google Earth. Os viveiros escavados foram definidos de acordo com as seguintes classes de tamanho: Classe I - pequeno: áreas entre 300 e 3.000 m<sup>2</sup>; Classe II - médio: áreas maiores de 3.001 até 5.000 m<sup>2</sup>; e Classe III - grande: áreas maiores de 5.001 m<sup>2</sup>, conforme a metodologia de Coldebella *et al.* (2020) e adaptada por Morsoleto *et al.* (2022).

### **2.2.4. PARÂMETROS GEOMORFOLÓGICOS**

Foram calculados os dados como a área da bacia (A), perímetro da bacia hidrográfica (P), comprimento axial da bacia (E), comprimento do curso principal (L), comprimento total dos cursos da bacia (Lt), comprimento vetorial entre os extremos do curso principal (Lr), amplitude da bacia (H), cota mínima, média e máxima do terreno (Cotamin, Cotamed e Cotamax). Estes parâmetros geomorfológicos foram obtidos através da calculadora de campo, na janela de atributos dos arquivos *shapefile*, do limite e da hidrografia da microbacia.

### **2.2.5. DECLIVIDADE DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO**

Para os mapas de declividade foram adquiridos MDE's do *site* do INPE (2011), e projetados para o DATUM, SIRGAS 2000 UTM para o fuso 22 S, todos processados no *software* QGIS, e classificadas segundo as classes de relevo, proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2013).

**Tabela 1:** Classificação dos relevos de acordo com o valor percentual da variação dos solos, conforme metodologia da Embrapa.

Valor	Classe de relevos
0 – 3%	Relevo Plano
3 – 8%	Relevo suavemente ondulado
8 – 20%	Relevo ondulado
20 – 45%	Relevo fortemente ondulado
45 – 75%	Relevo montanhoso
Superior a 75%	Relevo fortemente montanhoso

**Fonte:** Embrapa (2013).

### 2.2.6. HIPSOMETRIA, TIPOS E USO DE SOLOS

O mapa hipsométrico foi adquirido através dos MDE's do *site* do INPE (2011), foram projetados para o DATUM, SIRGAS 2000 UTM para o fuso 22 Sul e processados no *software QGIS*. O mapa de tipos de solos foi realizado com os dados do site da Embrapa, com o tipo de solos do Brasil, categorizado pela palheta de cores, usando o manual de classificação de solos (Embrapa, 2018), todos processados no *software QGIS*.

Em relação ao uso e ocupação do solo, estes foram obtidos do projeto Mapbiomas, em formato *raster* (GeoTiff), escala 1:100.000 e com resolução espacial de 30 m (MAPBIOMAS, 2019).

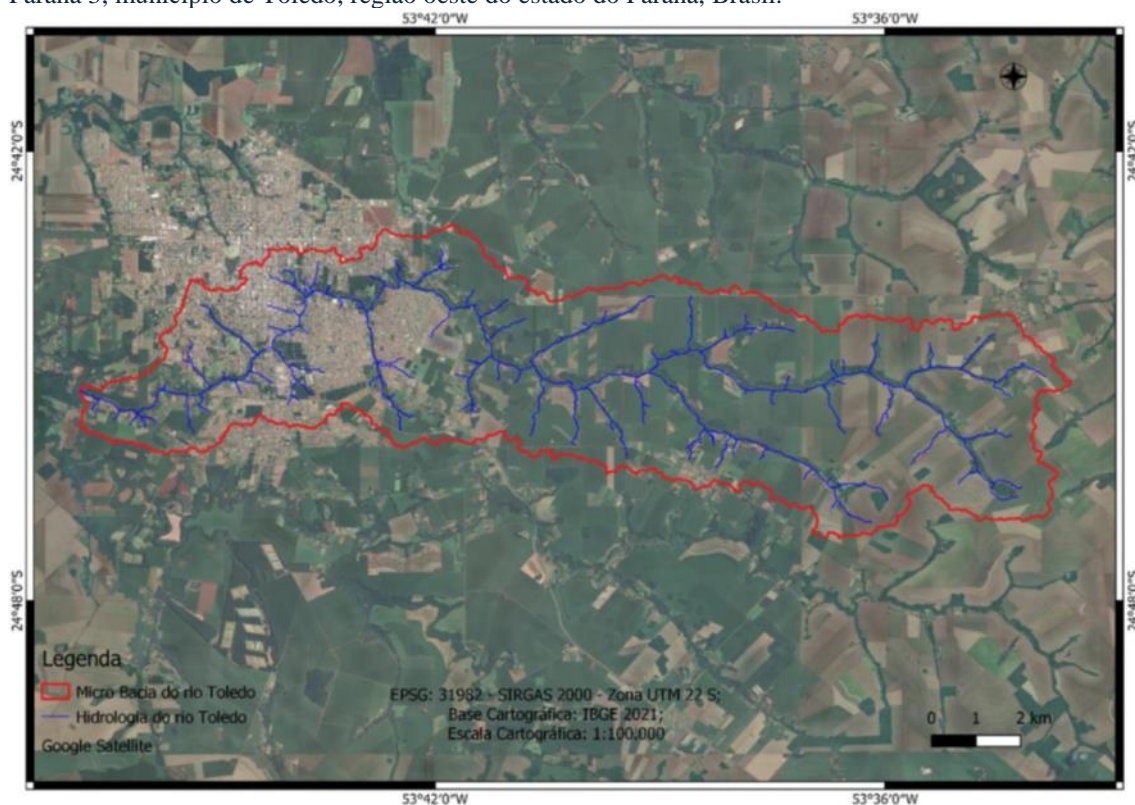
## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação climática da área compreendida pela microbacia do rio Toledo é considerada Cfa - clima subtropical úmido, com a precipitação anual entre 1900 e 2100 mm na faixa leste e sul, e ao norte, os valores entre 1400 e 1500 mm. As médias de temperatura seguem o padrão topográfico da região, mais amenas em altitudes maiores, ao leste em Cascavel (22°C), e um pouco mais quente, em direção ao oeste, em Foz do Iguaçu (23°C) (Caviglione *et al.*, 2000).

### 2.3.1. DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO

A microbacia do rio Toledo é classificada como endorreica e possui uma extensão total de 92 km<sup>2</sup>, um perímetro de 71 km. Caracteriza-se como uma microbacia de médio para grande porte, que sofre pela urbanização, e está propensa a sofrer por fatores abióticos, pois sua extensão corre por todo o município, conforme ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Figura 2:** Delimitação da microbacia hidrográfica do Rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

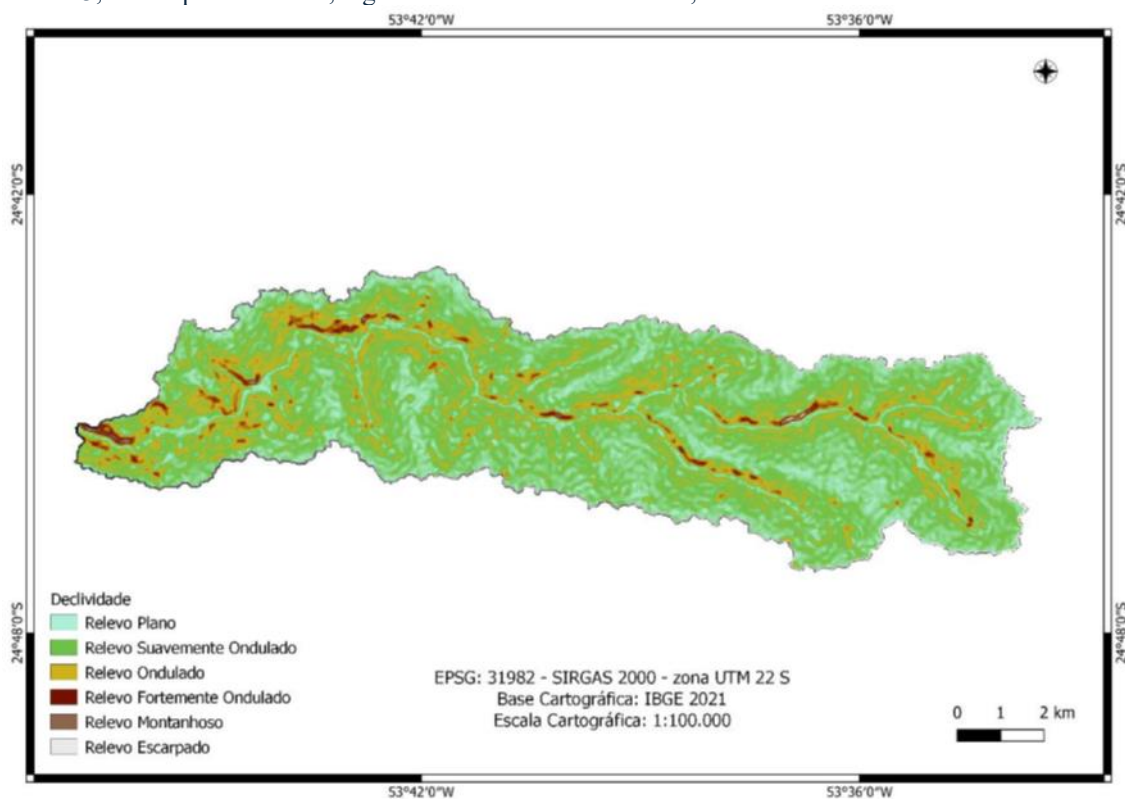


**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

### 2.3.2. DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA DA MICROBACIA

A microbacia do rio Toledo, em sua extensão é classificada como suavemente ondulado, como ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, e segue a classificação proposta no manual de solos outorgado pela Embrapa (2013), segue suavemente ondulado nas áreas próximas a calha principal, com a maior parte da sua área sendo considerada quase plana nas regiões Central, Leste e Norte e com leve ondulação nos extremos da microbacia (região Nordeste com a Serra de São Francisco) também sendo possível ver quatro espigões, quase que paralelos, que podem atuar como divisores de água (IAPAR, 2008). Observa-se que as declividades mais acentuadas (áreas de vales) ficam no canal principal, pois é justamente onde se localizam a maioria dos viveiros escavados, nas regiões próximas ao curso principal do rio, um padrão quando se analisa mapas de declividade.

**Figura 3:** Mapa do relevo da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

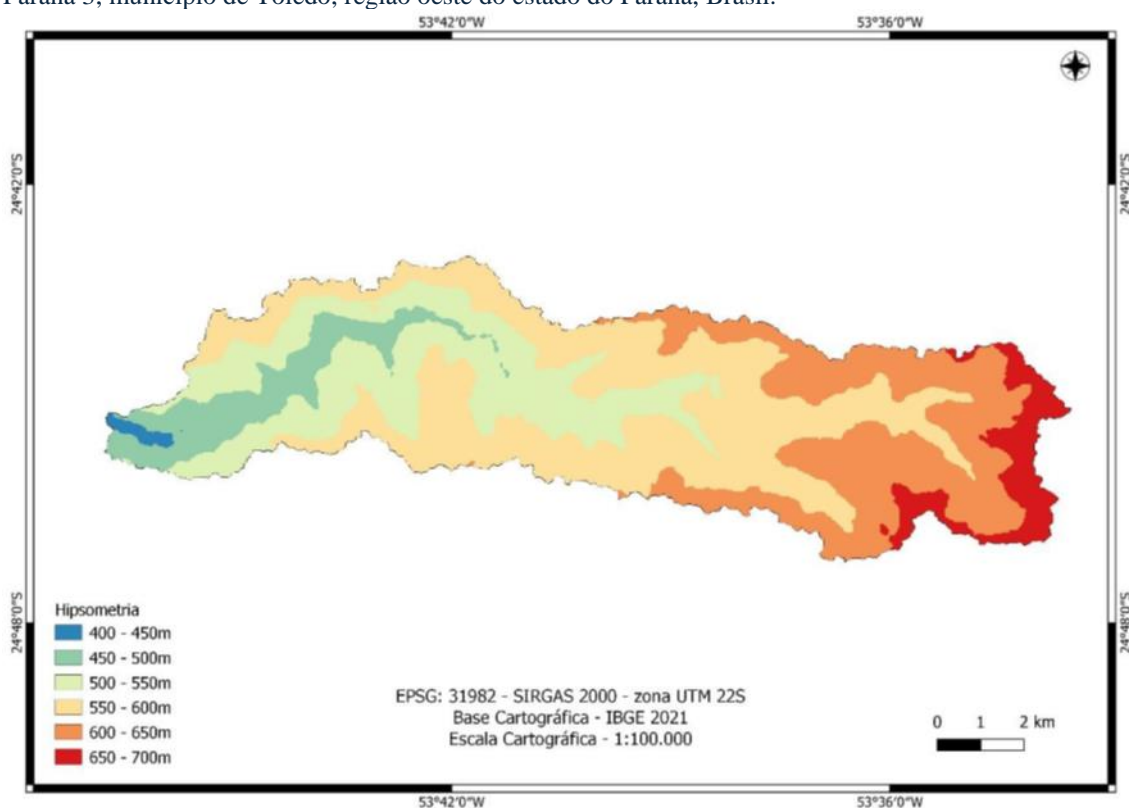


**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

A microbacia do rio Toledo se encontra próxima aos divisores de água das Bacias do Piquiri e Paraná 3 (BP3), o que fez com que esta microbacia apresente altitudes com elevações suaves que variam de 430 a 690 metros, conforme ilustra a **Erro! Fonte de**

**referência não encontrada.** Com as áreas com menor altitude próximas as zonas de maior urbanização (município de Toledo) e as maiores altitudes no extremo leste da microbacia, a montante do canal principal. A faixa entre 534 e 585 metros possui maior representatividade, e com a maioria dos viveiros escavados pertencente a este extrato, tal afirmação corrobora com Francisco *et al.* (2019), ao concluírem que altitudes abaixo de 700 metros são propícias a atividade aquícola.

**Figura 4:** Mapa de altimetria da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



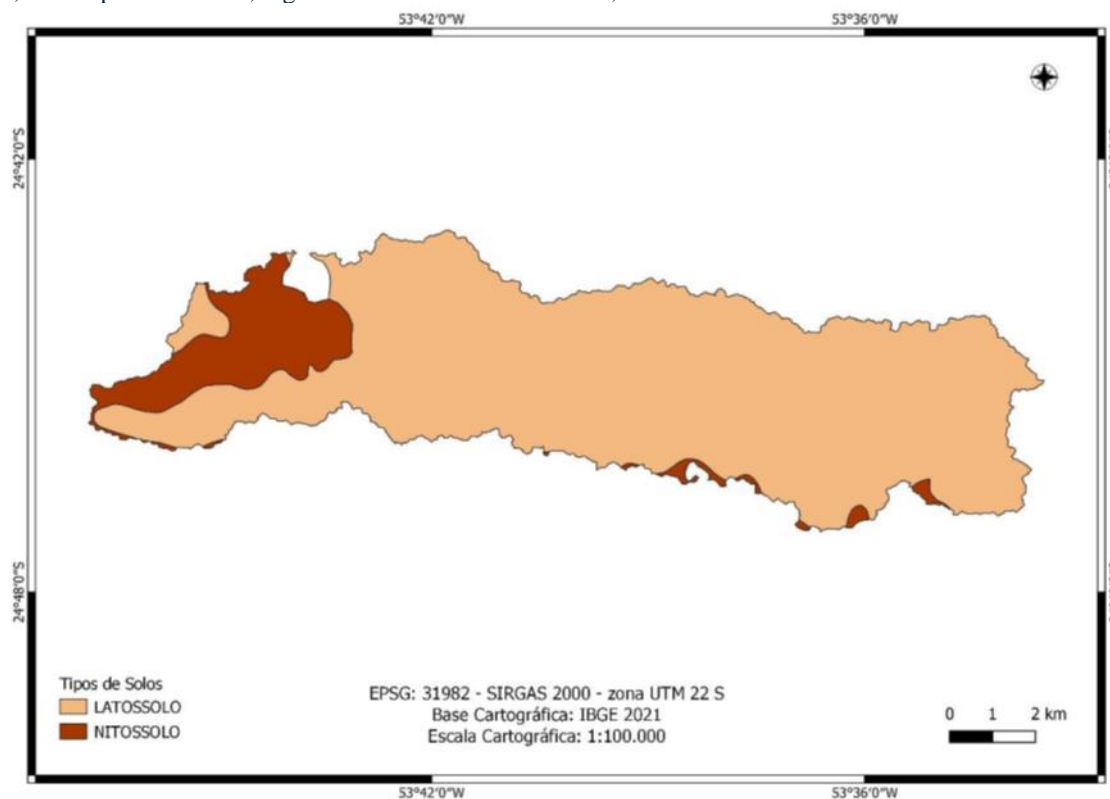
Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

### 2.3.3. TIPOS DE SOLO NA MICROBACIA DO RIO TOLEDO

A microbacia do rio Toledo apresentou praticamente dois tipos de solo, que seguem os modelos já estabelecidos pelo IAPAR (2008) e classificação estabelecida pela Embrapa (2013). Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, observa-se que o Latossolo Vermelho Distroférrico cobre a maior parte na microbacia, com 86% da área. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra a classificação dos solos da microbacia e a porcentagem de abrangência da área. A classe do Nitossolo Vermelho Eutroférrico ocupa 11% da área da microbacia. Apenas 1% do solo, com cobertura urbanizada, referente a cidade de Toledo. Sendo assim a microbacia do rio Toledo está

localizada sobre a Bacia Sedimentar do Paraná que é formada por extensos derrames basálticos do período Mesozoico, segundo Mineropar (2001) e Lastoria *et al.* (2006).

**Figura 5:** Mapa de tipos de solos da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

**Tabela 2:** Classificação dos tipos de solo e percentual da área na microbacia.

Tipos de Solo	Área (ha)	%
Latossolo Vermelho Distrófico	7.998	86,84
Nitossolo Vermelho Eutrófico	1.098	11,92
Toledo (urbanização)	114	1,24
<b>Total</b>	<b>9.210</b>	<b>100</b>

**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

Foi observado a cobertura pedológica da microbacia e identificado a presença de Latossolo e Nitossolo Vermelho, em toda a sua extensão. A microbacia é quase toda coberta por Latossolo Vermelho Distrófico, um solo constituído de material mineral que possui uma camada superficial rica em matéria orgânica e argilosa. Apresenta rochas fragmentadas no seu horizonte superficial, sendo encontrado a montante da calha do rio Toledo, indicando que sua drenagem não é perfeita. Outra cobertura encontrada foi a de

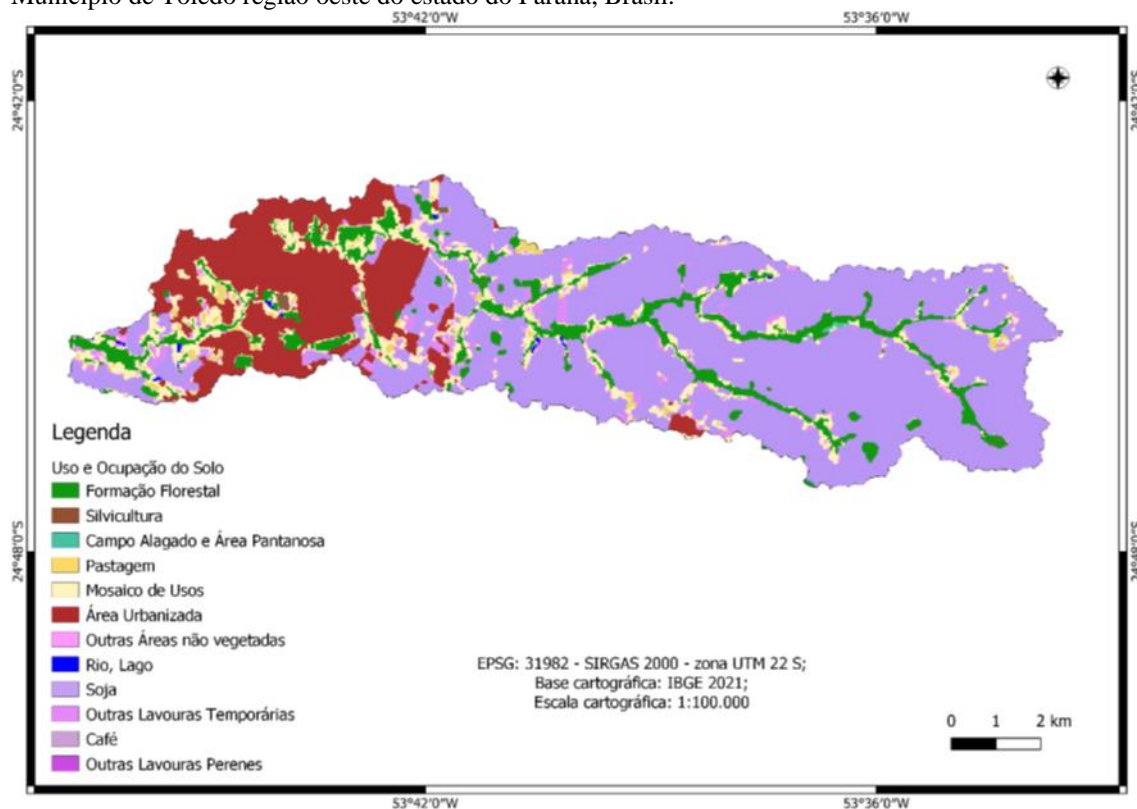


Nitossolo Vermelho Eutrófico, um solo de um horizonte argiloso com alta porosidade, indicativo de uma superfície de boa permeabilidade, que apresenta baixa suscetibilidade a processos erosivos (Embrapa, 2013). Por sua porção estar em uma área de baixa declividade, concentra quase a totalidade da área urbana da microbacia (Toledo, 2008).

### 2.3.4. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mosaico de uso e ocupação do solo ilustrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta 11 tipos de usos e ocupação de solo na microbacia do rio Toledo, sendo a área de plantio de soja com maior percentual de ocupação, o que corrobora com o predomínio das atividades agrícolas na microbacia. A agricultura ocupa quase 72% da área total da microbacia, como demonstrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Com a faixa entre 534 a 585 metros com maior representatividade e com a maioria dos viveiros escavados pertencente a este extrato, tal afirmação corrobora com Francisco *et al.* (2019) ao concluírem que altitudes abaixo de 700 metros são propícias a atividade aquícola.

**Figura 6:** Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia do Paraná 3, Município de Toledo região oeste do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

A maior parte da cobertura vegetal da microbacia do rio Toledo está tomada por atividade agropastoril, o que indica alto impacto de efluentes agrícolas, que podem atingir os lençóis freáticos (Deus e Bakonyi, 2012). Por ser uma microbacia de forte presença agrícola, vemos que a perda da vegetação mais densa (áreas florestais) é representativa, pois está presente em menos de 10% da área total da microbacia, estando limitada a trechos de matas ciliares, ao longo do canal principal do rio Toledo. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1993), a falta de cobertura vegetal densa no solo prejudica a infiltração, acarretando a produção de sedimentos nos corpos hídricos.

Ainda existem fragmentos de vegetação nativa classificada como Floresta Estacional Semidecidual, em transição com a Floresta de Araucária, segundo o IBGE (2004), que circundam apenas as margens dos rios, córregos e corpos d'água (matas ciliares), sendo apenas trechos isolados na microbacia, com um pouco mais de 9% de ocupação.

**Tabela 3:** Classificação das atividades de uso e ocupação do solo, área e porcentagem na microbacia do rio Toledo.

Classe de Atividades	Área (ha)	%
Soja	5.255,289	57,06
Área Urbanizada	1.593,293	17,30
Mosaico de Usos	917,694	9,96
Formação Florestal	884,888	9,61
Outras Lavouras Temporárias	364,968	3,96
Pastagem	100,012	1,10
Outras Áreas não vegetadas	33,933	0,37
Café	20,668	0,22
Rio, Lago	15,705	0,17
Silvicultura	15,055	0,16
Campo Alagado e Área Pantanosa	8,707	0,08
Outras Lavouras Perenes	0,569	0,01
<b>Total</b>	<b>9.210,786</b>	<b>100</b>

**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

Este estudo auxilia gestores públicos que forem elaborar projetos de mitigação da atividade piscícola, a evitarem áreas com potencial de produção de sedimentos, visto que os empreendimentos aquícolas, que por si só já aportam ao corpo hídrico fósforo, e nitrogênio (Guo e Li, 2003). Portanto, ideal para sugestão de áreas mais adequadas, onde o corpo hídrico não esteja sob a influência de um regime de sedimentos intenso, visto que a perda da matéria orgânica favorece o escoamento superficial (Sone *et al.*, 2019; Falcão *et al.*, 2020). A parte urbanizada da microbacia não atinge 18% de sua composição, e está

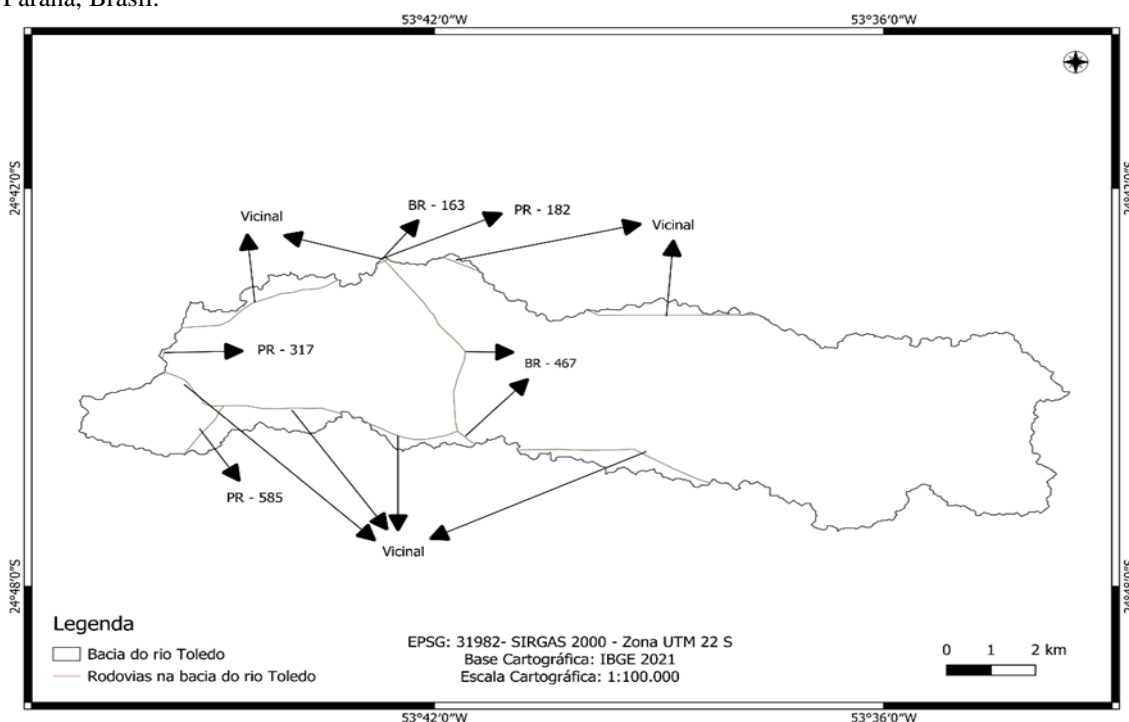


totalmente concentrada na porção noroeste, que corresponde a sede do município de Toledo, na parte mais plana, com as menores altitudes. Assim provavelmente contribuindo para que este trecho tenha sido massivamente urbanizado (Toledo, 2008;). Esta porção da microbacia se encontra, entre uma Estação de Tratamento de Água – ETA, ao nordeste, e uma Estação de Tratamento de Esgoto, ao sudoeste.

No perímetro da microbacia existem áreas de criação de aves e suínos que aportam efluentes biológicos e químicos, os quais com o descarte inadequado, podem impactar na qualidade dos corpos hídricos e afetar diretamente os empreendimentos aquícolas (Oliveira e Biazotto, 2013). O conhecimento de uso e ocupação do solo de uma microbacia permite tomadas de decisões que possam assegurar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, importantes para que a atividade aquícola se desenvolva, e orientar estudos sobre formas sustentáveis e funcionais do uso do recurso hídrico (Ferreira e Fernandes, 2022).

Dentro da microbacia do rio Toledo passam oito trechos de rodovias, como observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, dentre elas, duas são de concessão federal (BR – 467 e BR – 163) e três rodovias de concessão estadual e distrital (PR – 317, PR – 585, PR – 182) mais duas rodovias rurais. Estas facilitam o escoamento da produção para os entrepostos piscícolas (Toledo, 2015).

**Figura 7:** Mapa da localização e sentido das rodovias existentes dentro da microbacia hidrográfica do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



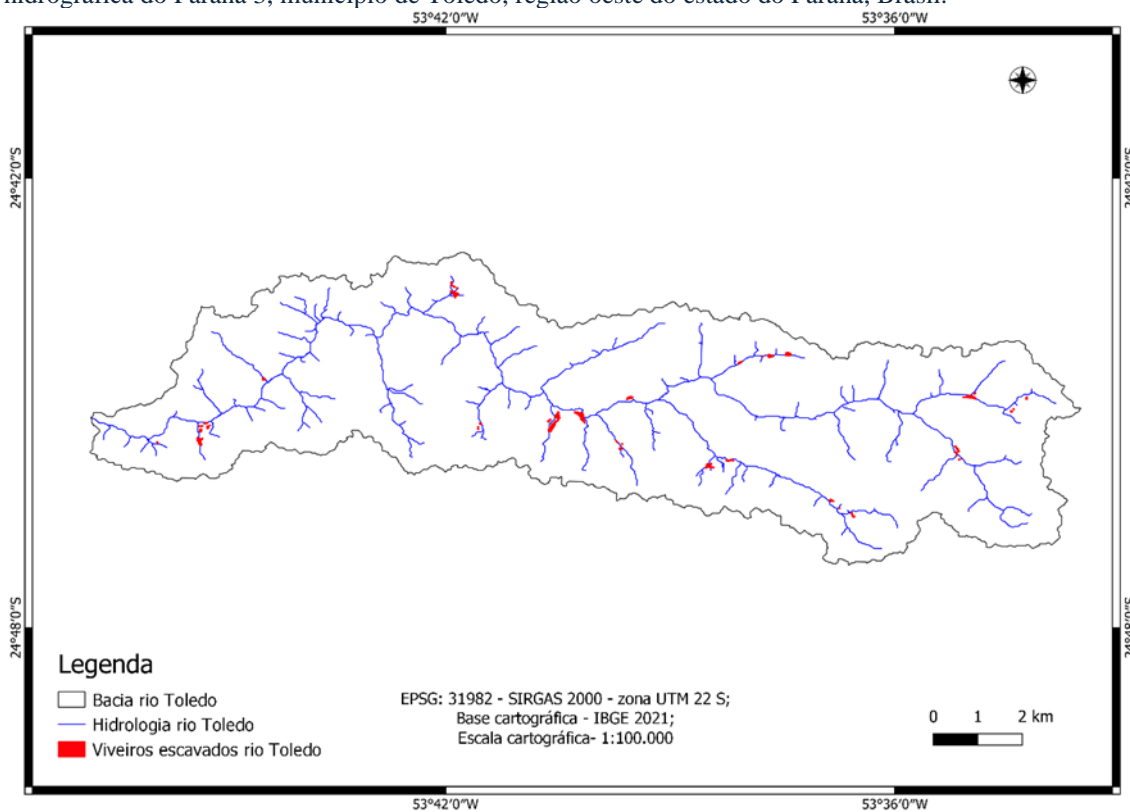
Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

### 2.3.5. MAPEAMENTO DOS VIVEIROS ESCAVADOS

Os viveiros escavados encontrados na microbacia do rio Toledo foram construídos próximos aos corpos hídricos, em sua totalidade, conforme ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Também foram quantificados, o total de 97 viveiros escavados na microbacia, com a maior parte (85 viveiros) pertencendo a Classe I - pequenos.

A quantificação e identificação dos viveiros escavados foi realizada segundo a metodologia de Francisco *et al.* (2019), adaptada por Morsoleto *et al.* (2022) e Macedo *et al.* (2023). Foram mensuradas as áreas de lâmina d'água e sua porcentagem no arranjo da microbacia do rio Toledo, conforme observa-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

**Figura 8:** Mapa de localização dos viveiros escavados da microbacia do rio Toledo, localizada na bacia hidrográfica do Paraná 3, município de Toledo, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

**Tabela 4:** Classificação dos viveiros escavados observados na microbacia hidrográfica do Rio Toledo, conforme classe de tamanho.

<b>Classes</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Nº viveiros</b>	<b>% viveiros</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Ha (%)</b>
Classe I	300 – 3000 m <sup>2</sup>	85	87,63	11,46	64,16
Classe II	3.000 – 5.000 m <sup>2</sup>	7	7,22	2,99	16,74
Classe III	>=5.000 m <sup>2</sup>	5	5,15	3,41	19,10
<b>Total</b>		<b>97</b>	<b>100</b>	<b>17,86</b>	<b>100</b>

**Fonte:** elaborado pelos autores, 2024.

O arranjo estrutural da piscicultura na microbacia hidrográfica do rio Toledo é marcado pela forte presença de pequenas propriedades rurais (Classe I) que compõem ± 12 hectares de uma área total de 17,86 hectares de lâmina d'água. Esta configuração se deve ao fato de a microbacia estar em uma área com plantas industriais de pequeno e médio porte, que ao longo do tempo vem modificando a agricultura familiar e a indústria pesqueira local (Talau *et al.*, 2021; Feiden *et al.*, 2022). Observa-se que a configuração dos viveiros escavados de Classe I tem diminuído, o que fez com que os viveiros de Classe II ganhassem mais espaço nesta nova dinâmica, pois o arranjo local está aumentando seu volume, e pressiona os empreendimentos em aumentar ainda mais a utilização de lâmina d'água, para dar vazão a produção de pescado.

A implantação viveiros escavados ao longo da microbacia segue em sua grande maioria as regiões baixas (vales) que margeiam o canal principal, com uma grande concentração de viveiros na região central da microbacia, onde se encontra ainda o maior fragmento de formação florestal, evidenciando que a proximidade do corpo hídrico é fator fundamental para o sucesso da atividade juntamente com cobertura vegetal, que assegura uma melhor qualidade d'água, conforme Francisco *et al.* (2019).

A microbacia possui um ciclo perene, ou seja, com seu fluxo anual bem definido, o que contribuiu ainda mais para a implantação dos viveiros. O fator logístico tem sua parcela no êxito de empreendimentos aquícolas, visto que a facilidade de se obter insumos para a piscicultura é um fator preponderante ao sucesso da piscicultura (Dapieve *et al.*, 2023). Atualmente a implementação de empreendimentos aquícolas nos leitos de rio ou muito próximas não é mais permitido, contudo a maioria das pisciculturas instaladas na microbacia do rio Toledo apresentam mais de 20 anos de instalação, arranjos semelhantes foram observados por Werneck *et al.* (2023) na microbacia do rio Branco.

### 2.3.6. PARÂMETROS GEOMORFOLÓGICOS

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os parâmetros geomorfológicos da microbacia do rio Toledo. O rio Toledo é responsável pelo consumo de água de 40% da população do município, tendo a extensão total dentro dos limites do município de Toledo (IBGE, 2019), o que torna a sua gestão de projetos de fácil manejo aos gestores públicos, quando pensam em mitigar ações para o uso dos seus recursos hídricos e fomentar medidas para a atividade piscícola. O comprimento axial da microbacia é de 21,73 km e da calha principal 31,20 km. Segundo Tucci (2002), estes dados indicam o comportamento e a distância do escoamento das águas superficiais, até o exutório, em todo o sistema. A sinuosidade acentuada no canal na área urbana da microbacia representa riscos de efeito antrópico, em seus trechos (Rocha *et al.*, 2014).

**Tabela 5:** Parâmetros da microbacia do rio Toledo.

Parâmetros Geomorfológicos	Valores
Área - (A)	92,98 Km <sup>2</sup>
Perímetro - (P)	71,58 Km
Comprimento Axial da Bacia - (E)	21,73 Km
Comprimento do Curso Principal - (L)	31,20 Km
Comprimento total dos cursos da bacia - (Lt)	112,57 Km
Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal - (Lr)	21,31 Km
Amplitude da bacia – (H)	259,18 m
Cota mínima	430,47 m
Cota media	571,27 m
Cota máxima	689,65 m
Declividade média da bacia	6,41m

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2024.

Os empreendimentos aquícolas estão inseridos em áreas planas pois a declividade média da microbacia é de 6,41m, e como estão implantadas em áreas com cobertura vegetal e solos permeáveis, em casos de chuvas intensas, a velocidade de escoamento não irá exceder os limites da quantidade de águas armazenadas, e com isto a chance de cheias e enchentes degradarem a microbacia são minimizadas.

## **2.4. CONCLUSÃO**

O arranjo da piscicultura na microbacia do rio Toledo apresenta fortes características de agricultura familiar. Os empreendimentos piscícolas estão situados próximos ao canal principal do rio, e são, na sua maioria, de pequeno porte. Desta forma permite a expansão da piscicultura em novos arranjos. Assim, o estudo mostra que o uso das geotecnologias é uma ferramenta importante para planejar o uso racional dos recursos hídricos, pois proporciona o conhecimento do real potencial e da situação das microbacias hidrográficas. Considera-se importante testes de amostras dos solos para comparações e análises futuras.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do Governo Brasileiro voltada para a formação de recursos humanos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACCORSI, O. J.; LIMA, E. F. P.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C. Estudo do comportamento da cota mínima do rio Acre nos últimos 43 anos e as consequências para o assoreamento futuro do rio. **Geociências**, v. 36, n 2, p. 315 - 324, 2017. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v36i2.10882>

ANJINHO, P. da S.; BARBOSA, M. A. G. A.; COSTA, C. W.; MAUAD, F. F. Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: a brazilian basin case study. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 100, p. 104946-11, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104946>.

ANTAQ. Plano Nacional de Integração Hidroviária - Desenvolvimento de Estudos e Análises das Hidrovias Brasileiras e suas Instalações Portuárias com Implantação de Base de Dados Georreferenciada e Sistema de Informações Geográficas. 2013.

BERTONI, J., & LOMBARDI-NETO, F. Fatores que influem na erosão. *Conservação do solo*, 3, 45-67. (1993).

CARDOSO, L. M. (2018). Desempenho produtivo e sustentabilidade ambiental na criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes sistemas de produção. *Dissertação de mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

CAVIGLIONE, J. H.; et al. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, Paraná, Instituto Agrônomo do Paraná. 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COLDEBELLA, A., GODOY, A. C., GENTELINI, A. L., PIANA, P. A., COLDEBELLA, P. F., BOSCOLO, W. R., & FEIDEN, A. *Nitrogen and phosphorus*

*dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. Research, Society and Development*, 9(11), 2020. e1319119699-e1319119699.

DAPIEVE, D., MAGGI, M., MERCANTE, E., FRANCISCO, H., OLIVEIRA, D., & LUIZ JUNIOR, O. Use of geotechnologies for aquaculture site selection: suitability factors and constraints for production in ground-excavated ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, **51(2)**, 160-194. (2023). doi:<http://dx.doi.org/10.3856/vol51-issue2-fulltext-2981>

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARAES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0363>.

DEUS, R. M.; BAKONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 1306-1315, 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013.

EMBRAPA – Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 5ª ed. Rev. E Ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf> Acesso 11 Set. 2023.

FALCÃO, K. S.; PANACHUKI, E.; MONTEIRO, F. N.; MENEZES, R. S.; RODRIGUES, D. B.; SONE, J. S.; OLIVEIRA, P. T. S. Surface runoff and soil erosion in a natural regeneration area of the Brazilian Cerrado. *International Soil and Water Conservation Research*, 2020. ISSN 2095 6339, <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.004>.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Status of the World's Soil Resources. **Chapter 7: The impact of soil change on ecosystem services**, p. 169-222, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>. Accessed: dez de 2019.

FEIDEN, A., RAMOS, M. J., CHIDICHIMA, A. C., SCHMIDT, C. M., FIORESE, M. L., & COLDEBELLA, A. A cadeia produtiva da tilápia no oeste do Paraná: uma análise sobre a formação de um arranjo produtivo local. *Redes*, 23(2), 238-263. 2018.

FERREIRA, D. M., & FERNANDES, C. V. S. Integrated water quality modeling in a river-reservoir system to support watershed management. *Journal of Environmental Management*, 324, 116447. (2022). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2022>.

FRANCISCO, H. R.; CORRÊIA, F. A.; FEIDEN, A. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multi-criteria analysis, ISPRS. *International Journal of Geo-Information*, 8(9): 394, 2019.

GUO, L.; LI, Z. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, v.226, p.201-212, 2003.

IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná). *Cartas de solos do estado do Paraná*. (1:250.000). Paraná, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil* (1:5.000.000). 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. *Produção da Pecuária Municipal. Tabela 3940 – Produção da aquicultura, por tipo de produto*. Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas> Acesso em 9 nov. 2023.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011). *Topodata*.

JAYANTHI, M., THIRUMURTHY, S., MURALIDHAR, M., & RAVICHANDRAN, P. (2018). Impact of shrimp aquaculture development on important ecosystems in India. *Global Environmental Change*, 52, 10-21.

KLEIN, W. L.; MACEDO, H. R.; DA SILVA, E. A. P.; MIRANDA, E. B.; ZAVASKI, A. G.; DE SOUZA, P. L.; WERNECK, P. R.; FRANCISCO, H. R.; LIRA, K. C. da S.; FEIDEN, A. Características ambientais da microbacia hidrográfica do rio São Luiz para subsidiar o planejamento sustentável da piscicultura. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 10, p. 10139–10158, 2023. DOI: 10.55905/cuadv15n10-009. Disponível em:



<https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/1397>. Accessed: 11 oct. 2023.

LASTORIA, G.; SINELLI, O.; KIANG, C. H.; HUTCHEON, I.; PARANHOS FILHO, A. C.; GASTMANS, D. Hidrologia da Formação Serra Geral no Estado de Mato Grosso do Sul. *Águas Subterrâneas*, v.20, n.1, p.139-150, 2006.

MACEDO, H. R.; MORSOLETO, F. M. da S.; WERNECK, P. R.; BATISTA, D. C.; DE CARVALHO, A. G. D.; YUNES, R. V. F.; DA SILVA, A. F. C.; LIRA, K. C. da S.; FRANCISCO, H. R.; CORRÊIA, A. F.; FEIDEN, A. Caracterização morfológica, uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do Córrego Chororó, no estado do Paraná, Brasil. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 15, n. 10, p. 10268–10286, 2023. DOI: 10.55905/cuadv15n10-016. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/1702>. Accessed: 11 oct. 2023.

MAPBIOMAS, P. (2019). Projeto MapBiomass: Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Retrieved from *Projeto MapBiomass: Coleção, 3*.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. Folha Geológicas de Cascavel (1:250.000). Paraná, 2001.

MORSOLETO, F. M., JAPENISKI, N. P., WERNECK, P. R., DA SILVA LIRA, K. C., FRANCISCO, H. R., BITTENCOURT, F., & FEIDEN, A. (2022). Análise da microbacia hidrográfica do rio Arroio Fundo como possível aplicação em viveiros escavados para a piscicultura. *Research, Society and Development*, 11(6), e60029191-e60029191.

MORSOLETO, F. M. da S.; MACEDO, H. R.; MONTEIRO, I. B.; NEVES, M. M.; DA SILVA, K. N.; DE OLIVEIRA, R. G.; WERNECK, P. R.; DA SILVA, A. F. C.; LIRA, K. C. da S.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Caracterização da morfometria da microbacia hidrográfica do rio Cavernoso: subsídios para o planejamento sustentável da piscicultura. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 1280–1295, 2023.

NAYAK, A. K., KUMAR, P., PANT, D., & MOHANTY, R. K. Modelagem de adequação da terra para melhorar o desenvolvimento de recursos pesqueiros no Himalaia Central (Índia) usando GIS e abordagem de avaliação multicritério. *Engenharia Aquacultural*, 83, 120-129. 2018.

OLIVEIRA, E.; BIAZOTO, C. D. Avaliação dos impactos ambientais causados pelos aviários no município de Assis Chateaubriand, no oeste do estado do Paraná, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 2, p. 45, 2013.

QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*, 2021.

ROCHA, R. M., LUCAS, A. A. T., ALMEIDA, C. A. P. DE ., MENEZES NETO, E. L., & NETTO, A. DE O. A. Caracterização morfológica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 9(2), 276–287. 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1289>

SARAIVA, M. G. *O Rio como Paisagem*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian/Fundação para a Ciência e Tecnologia. 1999.

SONE, J. S.; SANCHES DE OLIVEIRA, P. T.; PEREIRA ZAMBONI, P. A.; MOTTA VIEIRA, N. O.; ALTRÃO CARVALHO, G.; MOTTA MACEDO, M. C.; ALVES SOBRINHO, T. *Effects of long-term crop-livestock-forestry systems on soil erosion and water infiltration in a Brazilian Cerrado site. Sustainability*, v. 11, n. 19, p. 5339, 2019.

TALAU, D. M. M., FEITOSA, E. C., PERSCH, H. C. A., & RAMOS, L. S. Piscicultura no desenvolvimento regional: uma análise sociojurídica da utilização da agroindústria pesqueira como fonte de renda familiar. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 12(edispdir), 1-18. 2021.

TOLEDO. Plano Diretor do Município de Toledo. Lei Complementar. Toledo: Prefeitura Municipal, 2008.

TOLEDO. Plano Diretor do Município de Toledo. Lei Complementar. Toledo: Prefeitura Municipal, 2015.

TOLEDO. Plano Diretor do Município de Toledo. Lei Complementar. Toledo: Prefeitura Municipal, 2020.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. **Livro água doce**, p. 1-40, 1997.

WERNECK, P. R., MORSOLETO, F. M. DA S., MACEDO, H. R., DA SILVA, A. F. C., LIRA, K. C. DA S., & FEIDEN, A. Caracterização da microbacia do Rio Branco e

análise das unidades de produção piscícolas, através do uso de Geotecnologias. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 21(5), 2749–2773. 2023 <https://doi.org/10.55905/oelv21n5-021>

### **CAPÍTULO 3 - Morfometria e avaliação do lançamento de efluentes piscícolas na microbacia do rio Toledo, entre a estação de tratamento de água e a estação de tratamento de esgoto.**

#### **Resumo**

As águas do rio Toledo são responsáveis por todo o abastecimento público do município de Toledo e sustenta atividade industrial e agropecuária. O planejamento do uso dos recursos hídricos se faz necessário para alcançar melhores práticas na gestão de bacias hidrográficas urbanas. O objetivo deste trabalho foi a caracterização morfométrica do rio Toledo e sua hidrologia para mensurar os efluentes das atividades piscícolas. As estações de tratamento de água e esgoto, situadas na microbacia, foram delimitadas para estimar o aporte de Nitrogênio e Fósforo Total, devido a piscicultura. A microbacia tem perfil alongado, com baixas chances de enchente nas áreas rurais e um tempo longo de retenção hidráulica. Foram mapeados 97 viveiros, destes, 69 na região a montante da Estação de Tratamento de Água. Estima-se que cerca de 36.310 kg de Nitrogênio e 4.481 kg de Fósforo sejam aportados na microbacia durante o período de criação de peixes. Durante a despesca sejam aportados 1.264 kg de Nitrogênio e 308 kg de Fósforo. Cerca de 75% de todo o Nitrogênio e 74% de todo Fósforo Total, oriundo da atividade piscícola, na microbacia do rio Toledo esteja concentrado na região a montante Estação de Tratamento de Água. A quantidade de estações pluviométricas e fluviométricas inativas ao longo do rio Toledo impossibilitam analisar a capacidade de autodepuração do rio Toledo.

**Palavras chaves:** Autodepuração; piscicultura; recursos pesqueiros e gestão pública.

### 3.1. INTRODUÇÃO

O Paraná é um estado com uma riqueza hídrica considerável, pertence em parte a Bacia do Paraná 3, e o rio Toledo objeto deste estudo, sofre com a ocupação urbana crescente que causa prejuízos à qualidade da água.

O uso de ferramentas de geotecnologia auxilia no entendimento do comportamento das bacias hidrográficas na identificação dos pontos de inundação para evitar a implantação de empreendimentos nestes locais, evitando assim o comprometimento da capacidade de autodepuração da bacia hidrográfica (Francisco *et al.*, 2019).

No planejamento do uso dos recursos hídricos se faz necessário tanto a quantidade disponível, quanto a qualidade da água para satisfazer a necessidade dos seres vivos. O uso da água, pelo ser humano, causa sua deterioração, ou seja, limita o seu potencial de uso (Bartram e Ballance, 1996). A qualidade da água não consiste em grau de pureza absoluta, mas sim, num padrão próximo ao natural, salientando que, a maioria das vezes, os efluentes despejados ultrapassam a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos (Bartram e Ballance, 1996).

As bacias hidrográficas são ecossistemas complexos que ocupadas de forma desordenada, apresentam problemas específicos, que demandam planejamento para os gestores públicos e pesquisa científica para os pesquisadores (Espíndola *et al.*, 2000). Um problema ao lidarmos com bacias hidrográficas está na necessidade de uma gestão integrada, onde as tomadas de decisão precisam ser eficientes no âmbito ambiental, político e científico (Park e Lee, 2002).

O modelo hidrológico seria a melhor ferramenta desenvolvida pela ciência, no que tange sobre o conhecimento de uma bacia hidrográfica e como compreender e representar seu comportamento em diversas condições (Tucci, 2005). Modelos matemáticos sobre a qualidade de água são ferramentas eficazes e com potencial para auxiliarem os gestores públicos nas tomadas de decisões sobre o uso dos recursos

hídricos, pois consideram informações qualitativas e quantitativas, que quando juntas melhoram a compreensão sobre os cursos d'água (Mendes e Cirilo, 2001).

Conhecer a morfologia e identificar áreas críticas, em um corpo hídrico, auxiliam na mensuração dos pontos críticos que ultrapassam a autodepuração, e o avanço cada vez maior da urbanização interfere na capacidade de autodepuração do corpo hídrico (Cunha *et al.*, 2012). Portanto, conhecer o potencial da autodepuração do sistema hídrico auxilia gestores a mitigar e estabelecer padrões de qualidade exigidos aos empreendimentos, e permitem aos pesquisadores criarem parâmetros que garantam o uso da água para abastecimento humano (Calçavara, 2012).

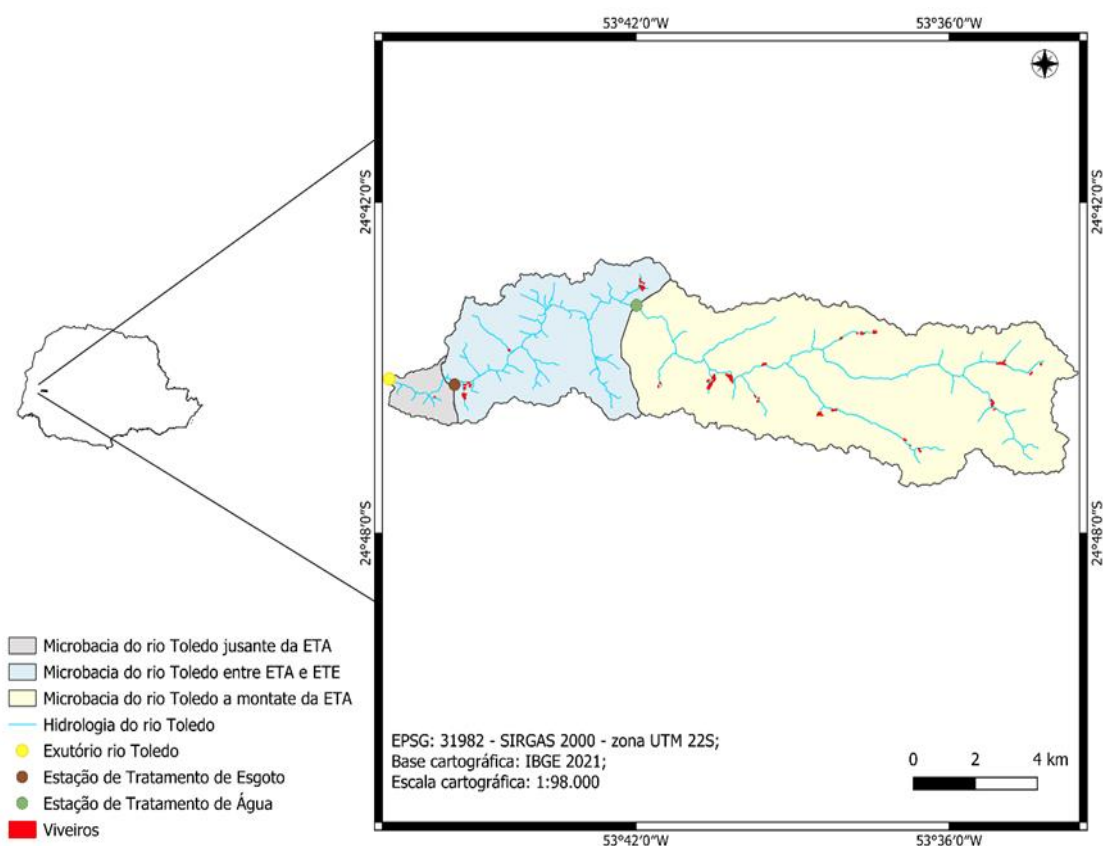
O objetivo deste trabalho foi caracterizar a morfometria da microbacia do rio Toledo, e o ordenamento dos afluentes que compõem seu corpo hídrico. Foi adotada as Estações de Tratamento de Água e Esgoto como limite topográfico para mensurar os efluentes lançados pelas atividades aquícolas entre a jusante da Estação de Tratamento de Água - ETA e a montante da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, com a finalidade de verificar a quantidade de matéria orgânica que circula nesta zona da microbacia. Também foi localizado e atualizado as informações sobre a situação das estações fluviométricas e pluviométricas encontradas ao longo da microbacia do rio Toledo.

## 3.2. METODOLOGIA

### 3.2.1. ÁREA DE ESTUDO

De todos os rios que pertencem ao município de Toledo, o mais importante é o Rio Toledo. Este cruza todo o perímetro urbano da sede administrativa do município, sendo também responsável por parte do abastecimento público (Toledo, 2010).

Para este estudo, a microbacia do rio Toledo foi dividida usando como limite topográfico a Estação de Tratamento de Água - ETA e Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, conforme observa-se na Figura 9.



**Figura 9:** Localização da área de estudo dentro da microbacia do rio Toledo, entre os limites dos exutório a montante da ETA e jusante da ETE, região oeste do estado do Paraná. **Fonte:** elaborado pelo autor, 2024.

### 3.2.2. DELIMITAÇÃO E ORDENAMENTO HÍDRICO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO

A delimitação da microbacia foi obtida utilizando o Modelo Digital de Elevação – MDE, do site *Topodata* (INPE, 2011) e processadas no *software* QGIS, versão 3.22.1 Biatowieza (QGIS, 2021). A delimitação da microbacia e as informações sobre a hidrografia foram realizadas através da captura de coordenadas do exutório do rio Toledo com auxílio do *software Geographic Resources Analysis Support System - GRASS*, usando os comandos *r.watershed* e *r.water.outlet*.

Para a delimitação dos limites dos municípios, ao entorno da microbacia do rio Toledo, foram utilizadas bases cartográficas, na escala de 1:250.000 obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em formato *shapefile* - SHP. A delimitação do tamanho das áreas das lâminas d'água foi realizado por meio do *software* livre QGIS. O *plugin* QuickMapServices instalado no *software* QGIS possibilitou a visualização das imagens de alta resolução do *Google Satellite*. Para representar as áreas dos viveiros escavados foi necessário realizar a vetorização de cada viveiro escavado, a fim de sistematizar, organizar e facilitar o mapeamento por meio de checagem visual. Os vetores do município e das localizações, tanto da Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto foram extraídos do site do IBGE (2020), e posteriormente foram projetados para o DATUM, SIRGAS 2000, UTM 22 S.

Para a delimitação da malha hídrica e cálculo do ordenamento hidrológico, realizou-se a captura das coordenadas do exutório da microbacia, em seguida utilizado os algoritmos *r.watershed* e *r.water.outlet*, no *software* QGIS.

### 3.2.3. CÁLCULOS DOS ÍNDICES MORFOMÉTRICOS DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO

Os índices morfométricos foram obtidos através da calculadora de campo, na janela de atributos dos arquivos *shapefile* do limite e da hidrografia da bacia, e foram calculados os seguintes atributos da bacia: fator de forma ( $K_f$ ); índice de circularidade ( $I_c$ ); coeficiente de compacidade ( $K_c$ ); densidade de drenagem ( $D_d$ ); índice de sinuosidade ( $I_s$ ); razão de alongamento ( $E_r$ ); tempo de concentração ( $T_c$ ); razão de relevo relativo ( $R_v$ ); índice de rugosidade ( $I_r$ ); coeficiente de manutenção ( $C_m$ ), índice de hipsometria ( $H_i$ ) e

gradiente de canais ( $G_c$ ), conforme demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 6:** Índices morfométricos, suas fórmulas, itens das fórmulas, valores de referência e referências utilizadas.

Índices	Fórmula	Itens	Valor de referência	Referência
Fator de Forma ( $K_f$ )	$K_f = \frac{L}{L_c} = \frac{A}{L_c^2}$	A → Área da bacia → (m <sup>2</sup> ); L → Largura média da bacia → (m); Lc → Comprimento axial do curso d'água → (m).	>0,75 – Alto 0,75 – 0,50 – Médio < 0,50 - Baixo	(Moreli <i>et al.</i> , 2014)
Índice de Circularidade ( $I_c$ )	$I_c = \frac{12,57 * A}{P^2}$	A → Área total da bacia → (m <sup>2</sup> ); P → Perímetro da bacia → (m).	>0,51 – Alto 0,51 – Médio >0,51 - Baixo	(Tonello <i>et al.</i> , 2006)
Coefficiente de Compacidade ( $K_c$ )	$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A → Área total da bacia → (m <sup>2</sup> ); P → Perímetro da bacia → (m).	1 – 1,25 – Alto 1,26 – 1,50 – Médio >1,50 - Baixo	(Da Conceição Dornellas <i>et al.</i> , 2020)
Densidade de Drenagem ( $D_d$ )	$D_d = \frac{L_t}{\frac{A}{100}}$	Lt → Comprimento total de canais → (km); A → Área total da bacia → (Km <sup>2</sup> ).	5,0 km/km <sup>2</sup> = baixa 5,0 - 13,5 km/km <sup>2</sup> = média 13,5 - 155,5 km/km <sup>2</sup> = alta > 155,5 km/km <sup>2</sup> = muito alta	(De Almeida <i>et al.</i> , 2017)
Índice de Sinuosidade ( $I_s$ )	$I_s = \frac{100 * (L - L_r)}{L}$	L → Comprimento do canal principal do rio → (m); Lr → Distância do exutório e a nascente mais distante → (m).	<20 – Muito Reto 20 – 29 – Reto 30 – 39,9 Divagante 40 – 49,5 – Sinuoso >50 – Muito Sinuoso	(Schumm, 1963)
Razão de Alongamento ( $E_r$ )	$E_r = 1,128 * \frac{\sqrt{A}}{E}$	A → Área total da bacia → (m <sup>2</sup> ); E → Comprimento do eixo da bacia → (m).	< 0,59 – Alongada 0,60 – 0,79 – Semi alongada 0,80 – 0,89 – Oval >0,90 - Circular	(Miller, 1953)
Tempo de Concentração ( $t_c$ )	$T_c = 57 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$	L → Comprimento da bacia do exutório ao ponto mais elevado da bacia → (km); H → Desnível entre o exutório e o ponto mais elevado da bacia → (m).		(Kirpich, 1940)
Razão de Relevo Relativo ( $R_v$ )	$R_v = \frac{H}{P}$	P → Perímetro da bacia → (m); H → Desnível entre o exutório e o ponto mais elevado da bacia → (m).		(Schumm, 1956)
Índice de rugosidade ( $I_r$ )	$I_r = H * D_d$	Dd → Densidade de Drenagem H → Desnível entre o exutório e o ponto mais elevado da bacia → (m).		(Hott <i>et al.</i> , 2023)
Coefficiente de manutenção ( $C_m$ )	$C_m = \frac{1}{4 * D_d}$	Dd → Densidade de Drenagem		(Villela Mattos, 1975)
Índice de hipsometria ( $H_i$ )	$H_i = \frac{C_{Me} - C_{Min}}{C_{Max} - C_{Min}}$	CMe - Cota Média CMax - Cota Máxima CMin - Cota Mínima		(Christofoletti, 1980)
Gradiente de canais ( $G_c$ )	$G_c = \frac{Cotamax}{L}$	Gc = Gradiente de canais em m/km; Amax = altitude máxima da bacia em m; Lc = comprimento do canal principal em km.		(Santos <i>et al.</i> , 2012)

Fonte: adaptado por Morsoleto *et al.* (2022).



### 3.2.4. CÁLCULO DE APORTE DE FÓSFORO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL

Os cálculos de Nitrogênio Total (NT) e Fósforo Total (PT) incorporados como efluentes do cultivo, foi calculado com base no estudo realizado por Coldebella *et al.* (2020). Para esta estimativa fora considerado a área de cultivo e uma densidade de estocagem de 5 peixes por m<sup>2</sup>, com os peixes variado a massa entre 900 e 1.000 gramas, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 7:** Classes de viveiros e os valores de referência utilizados para os cálculos de Nitrogênio total e Fósforo total, aportados durante o ciclo de criação e a despesca.

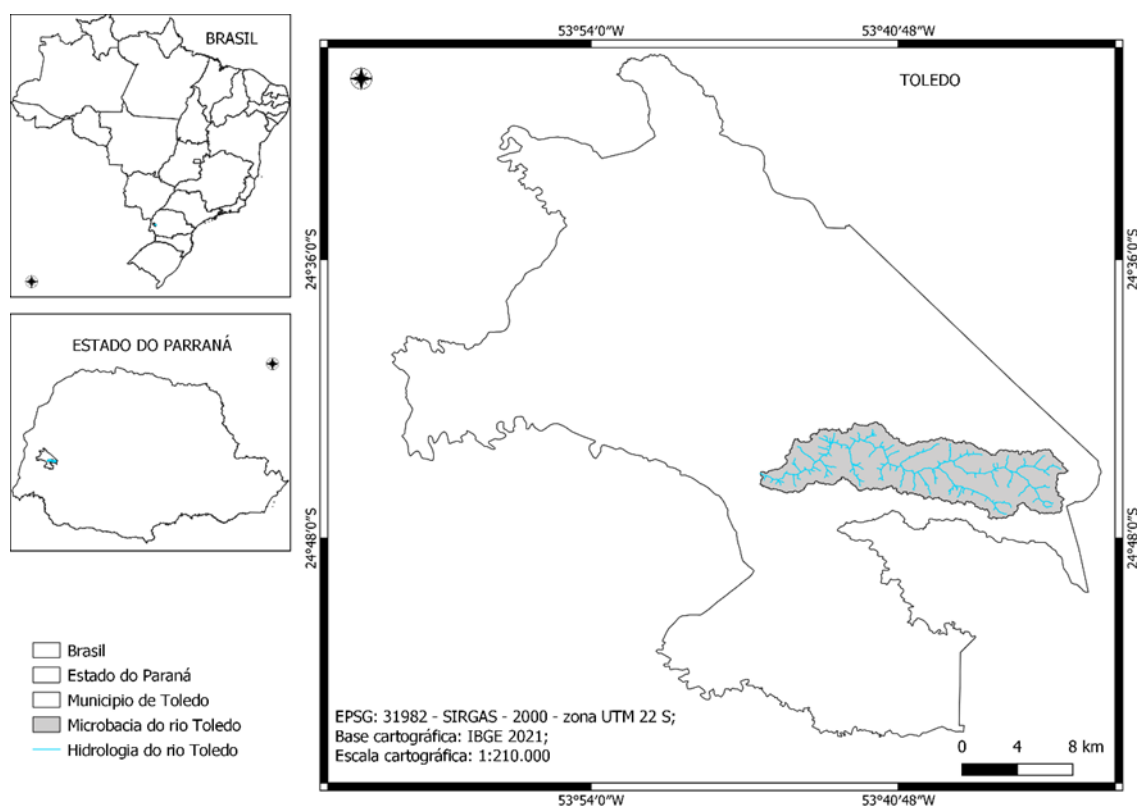
Classes	Valores de referência			
	Criação		Despesca	
	Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)
Classe I	2.047,70	261,91	54,59	16,47
Classe II	1.951,05	197,30	120,49	26,11
Classe III	2.055,85	260,99	81,56	12,18

**Fonte:** adaptado de Coldebella *et al.* (2020).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1. ÁREA DE ESTUDO E CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS

A microbacia do rio Toledo se situa na região oeste do Paraná, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, e pertence ao sistema aquífero Serra Geral Norte (Paraná, 2010). A vazão deste sistema foi de  $746, 3\text{m}^3.\text{s}^{-1}$  (ANA, 2005), e por pertencer a este sistema, a microbacia do rio Toledo dispõe de água adequada para o abastecimento humano e industrial.



**Figura 10:** Localização da microbacia do rio Toledo, na Bacia do Paraná 3, município de Toledo. **Fonte:** elaborado pelo autor, 2024.

Dentre todas as microbacias que pertencem a gestão do município de Toledo, a que apresenta o menor potencial hidrológico e capacidade de captação é justamente a microbacia do rio Toledo, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 8:** Potencial hidrogeológico e vazão para captação das microbacias sob gestão do município de Toledo

Microbacia	Área (km <sup>2</sup> )	Potencial hidrogeológico (m <sup>3</sup> /s)	Vazão disponível para captação (m <sup>3</sup> /s)	Vazão disponível para captação (m <sup>3</sup> /h)
Guaçu	499,00	2,10	0,42	1508,98
Marreco	200,31	0,84	0,17	605,74
Santa Quitéria	137,02	0,58	0,12	414,35
São Francisco	255,67	1,07	0,21	773,15
Toledo	92,98	0,45	0,09	321,90

**Fonte:** adaptado de Envex Engenharia e Consultoria, 2016.

### 3.3.2. ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO RIO TOLEDO.

Na microbacia do rio Toledo existem quatro pontos de medição de qualidade de água, que podem ser vistos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Entretanto, nenhuma em funcionamento, durante o período da pesquisa, a última estação a encerrar as atividades pertence a Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar Toledo, localizada justamente no rio Toledo.

**Tabela 9:** Situação das estações de qualidade da água registrada no sistema de informações do Instituto das Águas do Paraná localizadas no município de Toledo.

Estação	Rio	Órgão	Instalação	Extinção
Captação SANEPAR Toledo	Toledo	Instituto das Águas do Paraná	11/05/03	28/05/2009
Nova Concórdia	São Francisco Verdadeiro e Barro Preto	Instituto das Águas do Paraná	25/07/1962	31/07/1965
Pedreira	Toledo	Instituto das Águas do Paraná	03/02/2004	30/11/2008

Sol Nascente

Toledo

Instituto das Águas  
do Paraná

06/08/2004 14/06/2010

**Fonte:** AGUASPARANÁ, 2016.

Seguindo a classificação do Ministério de Meio Ambiente, CONAMA 357/2005, o enquadramento dos mananciais da Bacia do Paraná 3 foi definido pela Portaria SUREHMA 010/91, que define como classe 1 os corpos hídricos designados para abastecimento público e seus afluentes com as nascentes até a seção de captação para abastecimento público, desde que a área de captação da bacia seja menor ou igual a 50 km<sup>2</sup> (Brasil, 2005). Portanto, o rio Toledo se enquadra na classe 2, uma vez que seu manancial principal de captação está dentro de uma área de 92 km<sup>2</sup> (ANA, 2022).

### 3.3.3. ORDENAMENTO HÍDRICO DA MICROBACIA DO RIO TOLEDO.

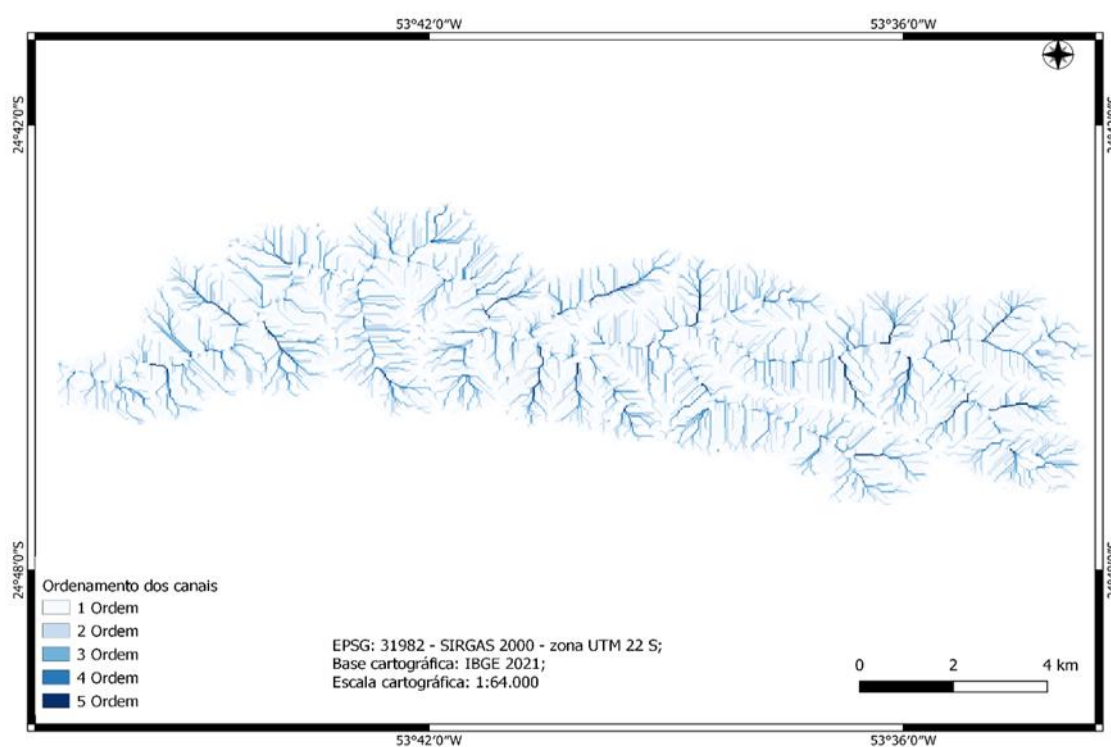
O mapa do ordenamento hídrico da microbacia do rio Toledo foi elaborado, conforme observa-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** A microbacia do rio Toledo segue o padrão dendrítico de drenagem, pois é possível notar ramificações arborescentes. Na microbacia foram encontrados rios de até quinta ordem, conforme demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, sendo possível ver um predomínio, quase massivo, de rios de primeira ordem sobre os demais, evidenciando que a característica da microbacia é a de drenagem, ao longo do seu curso principal.

**Tabela 10:** Extensão e ordenamento hídrico dos afluentes que compõem a microbacia do rio Toledo.

Hierarquia Fluvial - Rio	Extensão (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
1ª Ordem	50,59	73,36
2ª Ordem	12,31	17,86
3ª Ordem	4,46	6,46
4ª Ordem	1,17	1,69
5ª Ordem	0,43	0,63
<b>TOTAL</b>	<b>68,96</b>	<b>100</b>

**Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

A microbacia do rio Toledo possui a maioria da sua extensão composta por afluentes de primeira ordem (50,59 km<sup>2</sup>), que representam quase  $\frac{3}{4}$  (três quartos) da sua malha hídrica. Esta característica indica que é uma microbacia com necessidade de manutenção de suas nascentes, o que recai diretamente em implementações de políticas públicas visando sua proteção e uso sustentável, visto que é uma região suscetível a ter suas características hidrológicas alteradas, pois sua hierarquia fluvial é baixa.



**Figura 11:** Ordenamento hídrico dos canais da microbacia do rio Toledo. **Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

Entender a hidrologia de uma região ajuda a compreender a disponibilidade hídrica, e assim proteger melhor as áreas de cobertura vegetal, mantendo áreas úmidas e mananciais. Portanto, os índices morfométricos da microbacia foram calculados, conforme Tabela 11.

**Tabela 11:** Índices morfométricos da microbacia do rio Toledo e seus respectivos valores

Índices morfométricos	Valores
Fator de Forma ( $K_f$ )	0,19
Índice de Circularidade ( $I_c$ )	0,22

Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ) m.m <sup>2</sup>	2,09
Densidade de Drenagem ( $D_d$ ) km/km <sup>2</sup>	1,22
Índice de Sinuosidade ( $I_s$ ) %	30,19
Razão de Alongamento ( $E_r$ )	0,49
Tempo de Concentração ( $T_c$ ) H	6h06min.
Razão de Relevo Relativo ( $R_v$ )	0,003
Índice de Rugosidade ( $I_r$ )	316,17
Coeficiente de Manutenção ( $C_m$ ) km <sup>2</sup>	0,305
Índice hipsométrico ( $H_i$ ) m	140,19
Gradiente de Canais ( $G_c$ )	0,022

---

**Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

Para melhor análise do formato geométrico de uma bacia e o seu escoamento hídrico é importante primeiro calcular e analisar os seguintes índices de forma conjunta: Fator de forma ( $K_f$ ); Índice de circularidade ( $I_c$ ) e o Coeficiente de compacidade ( $K_c$ ). O formato da microbacia do rio Toledo é alongado, com  $K_f = 0,19$  (valor bem próximo a zero). Entretanto os valores de  $I_c$  de 0,22 e do  $K_c$  de 2,09 indicam uma microbacia mais próxima da forma alongada, e com um bom escoamento, em condições meteorológicas normais. O índice para a razão de alongamento ( $E_r = 0,49$ ) corrobora para esta classificação como forma alongada. O índice de Densidade de drenagem ( $D_d = 1,22$ ) representa que a microbacia possui uma capacidade de drenagem regular.

O valor do Coeficiente de manutenção ( $C_m$ ) da microbacia foi considerado alto para a manutenção de um canal de escoamento. Desta forma, a microbacia do rio Toledo possui dificuldades de renovação.

A microbacia do rio Toledo é caracterizada por canais divagantes, conforme indica o valor do Índice de sinuosidade ( $I_s = 30,19$ ). Este valor indica que a microbacia está em um processo contínuo de erosão e deposição em suas margens, necessitando uma atenção para preservação das áreas de mananciais e zonas úmidas, além de exigir dos gestores públicos ações preventivas e corretivas no uso dos recursos hídricos da microbacia.

O Índice de rugosidade ( $I_r = 316,17$ ) indica uma rugosidade média e um relevo levemente ondulado. Portanto, estabelece que a microbacia tem pouca chance de sofrer por degradação. O valor encontrado de 0,022 indica a baixa declividade dos corpos hídricos da microbacia do rio Toledo, o que pode influenciar o fluxo hidrológico e sedimentar.

O Índice de Razão de relevo relativo ( $R_v = 0,003$ ) indica que a microbacia do rio Toledo possui baixa relação com suas componentes horizontais (formato alongado) e baixa hipsometria. Índices baixos de  $R_v$  é padrão para bacias com pouca declividade e de relevo plano e suavemente ondulado (Soares *et al.*, 2016).

A calha principal da microbacia do rio Toledo possui 31,2 km e seu Tempo de concentração,  $T_c$  de 6 horas e 06 minutos. Observa-se então, outro indicador para o caráter divagante da calha principal, que leva muito tempo para que a microbacia dispense o aporte de água no exutório.

### 3.3.4. LOCALIZAÇÃO E ESTIMATIVA DO APORTE DE NITROGÊNIO E FÓSFORO DOS VIVEIROS ESCAVADOS A MONTANTE DA ETA, ENTRE AS ESTAÇÕES E JUSANTE A ETE

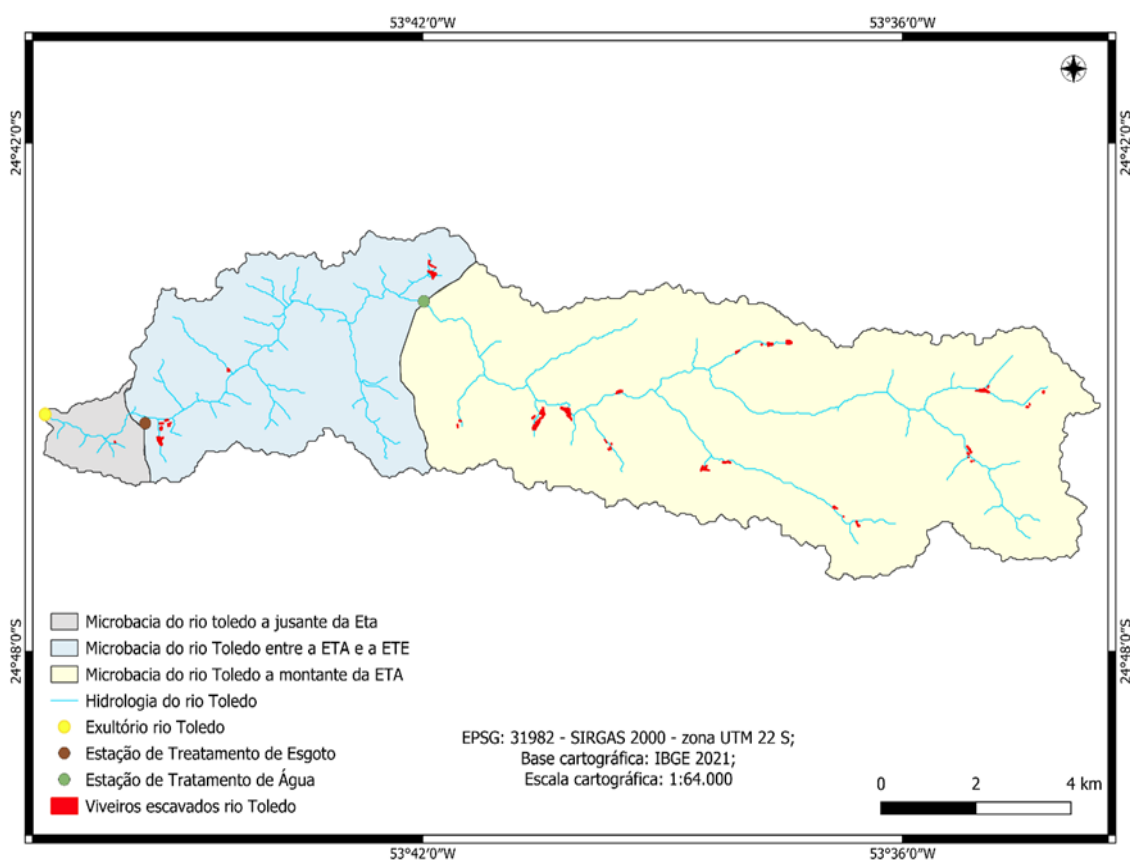
Na microbacia do rio Toledo foram localizados, mapeados e delimitados um total de 97 viveiros escavados, em uso, para a atividade piscícola, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 12:** Quantificação, percentual e classificação dos viveiros escavados encontrados na microbacia do rio Toledo.

Classes	Tamanho	Nº viveiros	viveiros (%)	Área (ha)	Área (%)
Viveiros Pequeno - I	300 – 3.000 m <sup>2</sup>	85	87,63	11,46	64,16
Viveiros Médio - II	3.001 – 5.000 m <sup>2</sup>	7	7,22	2,99	16,74
Viveiros Grande - III	>=5.001 m <sup>2</sup>	5	5,15	3,41	19,10
<b>Total</b>		<b>97</b>	<b>100</b>	<b>17,86</b>	<b>100</b>

**Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

Para melhor análise do impacto da eutrofização dos efluentes da piscicultura, foram elaborados mapas de georreferenciamento utilizando como limite topográfico a Estação de Tratamento de Água - ETA e a Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, e analisando a localização dos viveiros escavados, tanto a montante como a jusante de ambas as estações, conforme ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



**Figura 12:** Localização dos viveiros escavados entre as Estações de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto. **Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

A maioria dos viveiros escavados localizados foram encontrados a montante da Estação de Tratamento de Esgoto – ETA, apresentando 69 viveiros escavados que ocupam uma área de 13,44 ha e representam 75,25% de todos os viveiros encontrados na microbacia. A jusante da ETE foi encontrada apenas 1 viveiro, conforme Tabela 13.



**Tabela 13:** Localização dos viveiros escavados, quantidade e área da lâmina d'água a montante da Estação de Tratamento de Água, entre a ETA e ETE, e a montante da Estação de Tratamento de Esgoto na microbacia do rio Toledo, região oeste do Paraná.

Localização dos viveiros	Nº viveiros	Área (ha)	Viveiros (%)
Montante a ETA	69	13,44	75,25
Entre ETA e ETE	27	4,31	24,13
Jusante a ETE	1	0,11	0,61
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>17,86</b>	<b>100</b>

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Os viveiros escavados também foram agrupados por classe de tamanho e divididos conforme a sua localização: a montante e a jusante das ETA/ETE. A maior concentração da atividade piscícola se faz longe da área urbanizada da microbacia, com 69 viveiros escavados a montante da ETA, de acordo com a Tabela 14. A maioria destes viveiros foram classificados como viveiros de Classe I (58 viveiros). Portanto, 84,06% dos viveiros da região, detém metade da lâmina d'água (7,55 hectares), sendo estas pertencentes as pequenas propriedades familiares, que usam estes viveiros como sua fonte de renda e/ou complementam com outra atividade agropecuária.

Entre as ETA e ETE, a quantidade de viveiros diminui para 27 e não ocorre a presença de viveiros Classe II. Esta região encontra-se urbanizada, e a atividade piscícola ficou restringida a propriedades que existiam antes da expansão da urbanização. À jusante da ETE observou-se apenas uma propriedade de Classe I. Esta característica pode ser explicada pela intensa urbanização nesta área.

**Tabela 14:** Classificação dos viveiros escavados por classe de tamanho e divididos pela localização a montante, jusante e entre a Estação de Tratamento de Água - ETA e Estação de Tratamento de Esgoto - ETE.

Viveiros a Montante da Estação de Tratamento de Água					
Classes	Tamanho (m <sup>2</sup> )	Nº viveiros	Viveiros (%)	Área (ha)	Área (%)
Classe I	0 – 3.000 m <sup>2</sup>	58	84,06	7,55	56,17
Classe II	3.001 m <sup>2</sup> - 5.000 m <sup>2</sup>	7	10,14	2,99	22,25
Classe III	>5.001 m <sup>2</sup>	4	5,80	2,90	21,58
Subtotal		69	100	13,44	100
Viveiros entre a ETA e a ETE					
Classes	Tamanho (m <sup>2</sup> )	Nº viveiros	Viveiros (%)	Área (ha)	Área (%)
Classe I	0 – 3.000 m <sup>2</sup>	26	96,30	3,8	88,17

Classe III	>5.001 m <sup>2</sup>	1	3,70	0,51	11,83
Subtotal		27	100	4,31	100
Viveiros a Jusante da Estação de Tratamento de Esgoto					
Classes	Tamanho (m <sup>2</sup> )	Nº viveiros	Viveiros (%)	Área (ha)	Área (%)
Classe I	0 – 3.000 m <sup>2</sup>	1	100	0,11	100
Subtotal		1	100	0,11	100
<b>Total</b>		<b>97</b>	<b>100</b>	<b>17,86</b>	<b>100</b>

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

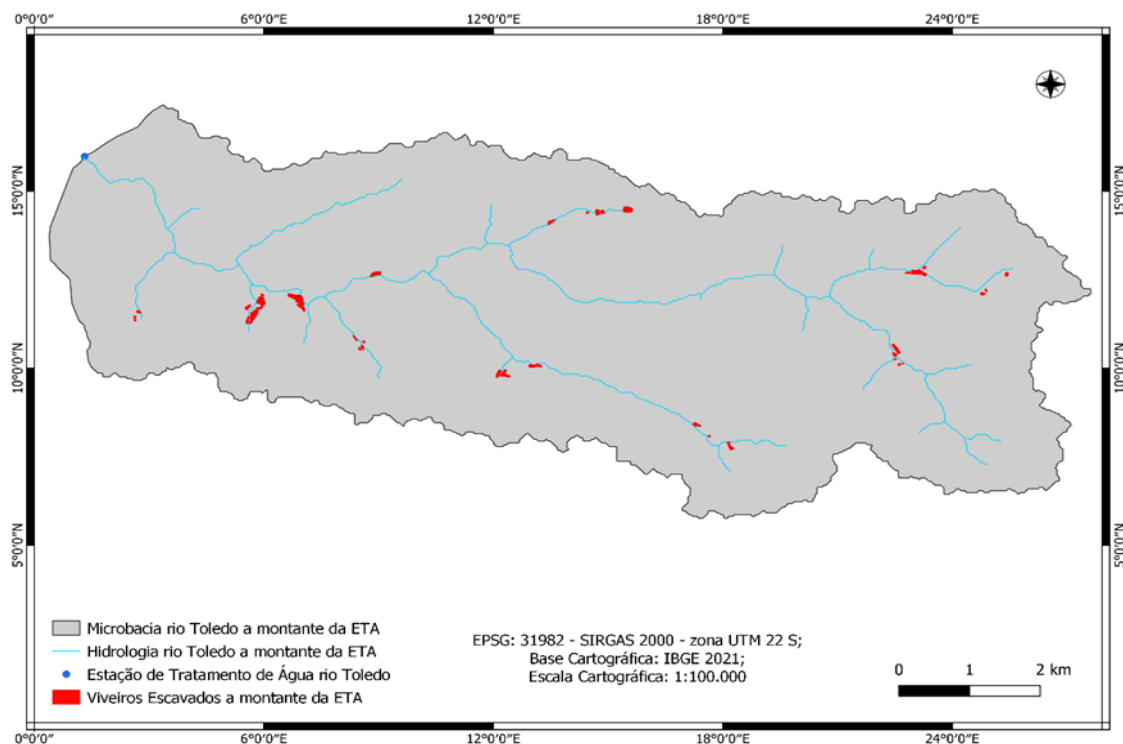
A região, a montante da ETA possui a maior lâmina d'água da microbacia dedicada a piscicultura (13,44 ha), e as maiores emissões de efluentes da piscicultura, com aporte estimado de 27.255,739 kg de Nitrogênio e de 3.324,218 kg de Fósforo, na fase de cultivo e de 1.008,943 kg de Nitrogênio com mais 237,738 kg de Fósforo na despesca, conforme a Tabela 15.

**Tabela 15:** Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, a montante da Estação de Tratamento de Água - ETA, pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná.

Classes	Área (ha)	Biomassa	Valores de referência			
			Criação		Despesca	
			Nitrogênio	Fósforo	Nitrogênio	Fósforo
<b>Viveiros</b>		<b>(kg/ha)</b>	<b>(kg/ha)</b>	<b>(kg/ha)</b>	<b>(kg/ha)</b>	<b>(kg/ha)</b>
Classe I	7,55	377,5	15.460,135	1.977,420	412,154	124,348
Classe II	2,99	149,5	5.833,639	589,927	360,265	78,068
Classe III	2,90	145,0	5.961,965	756,871	236,524	35,322
<b>Total</b>	<b>13,44</b>	<b>672,0</b>	<b>27.255,739</b>	<b>3.324,218</b>	<b>1.008,943</b>	<b>237,738</b>

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Na área a montante da ETA é possível ver que a quantidade de biomassa dos viveiros de Classe I (377,5 kg/ha) é superior as demais classes (294,5 kg/ha) e compreende 56% de toda área de lâminas d'água desta região. Outra característica verificada foi a concentração dos viveiros próximo a calha principal e ao leste da microbacia (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



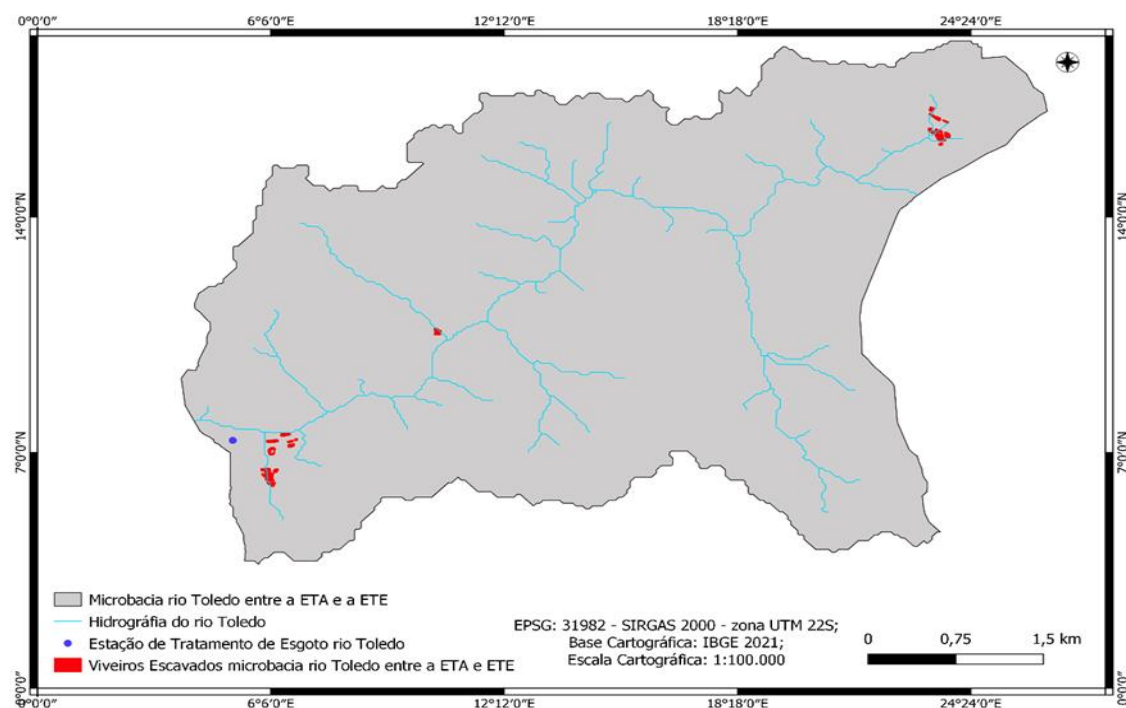
**Figura 13:** Viveiros escavados mapeados a montante da Estação de Tratamento de Água, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. **Fonte:** elaborado pelo autor, 2024.

Na região entre a ETA e a ETE, os viveiros escavados estão concentrados a montante da ETE, e instalados na calha principal da microbacia do rio Toledo. Os poucos que não estão concentrados nesta calha principal, se espalham nos afluentes de 1ª ordem, como se observa na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O aporte dos efluentes nesta área é mínimo quando comparado com o aporte a montante da ETA, com uma área de lâmina d'água menor (4,31 ha) e a predominância dos viveiros de Classe I. Este aporte foi compatível com o tamanho da lâmina d'água. Os níveis estimados de Nitrogênio e Fósforo durante a fase do cultivo foram 8.829,743 kg e 1.128,362 kg, respectivamente, enquanto o aporte de Nitrogênio e Fósforo, no momento da despesca foi estimado em 249,037 e 68,797 kg, respectivamente, conforme a Tabela 16.

**Tabela 16:** Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, entre a Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná.

Classes	Área (ha)	Biomassa (kg/ha)	Valores de referência			
			Criação		Despesca	
			Nitrogênio (Kg/ha)	Fósforo (Kg/ha)	Nitrogênio (Kg/ha)	Fósforo (Kg/ha)
Viveiros						
Classe I	3,8	190	7.781,260	995,258	207,442	62,586
Classe III	0,51	25,5	1.048,483	133,104	41,595	6,211
<b>Total</b>	<b>4,31</b>	<b>215,5</b>	<b>8.829,743</b>	<b>1.128,362</b>	<b>249,037</b>	<b>68,797</b>

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.



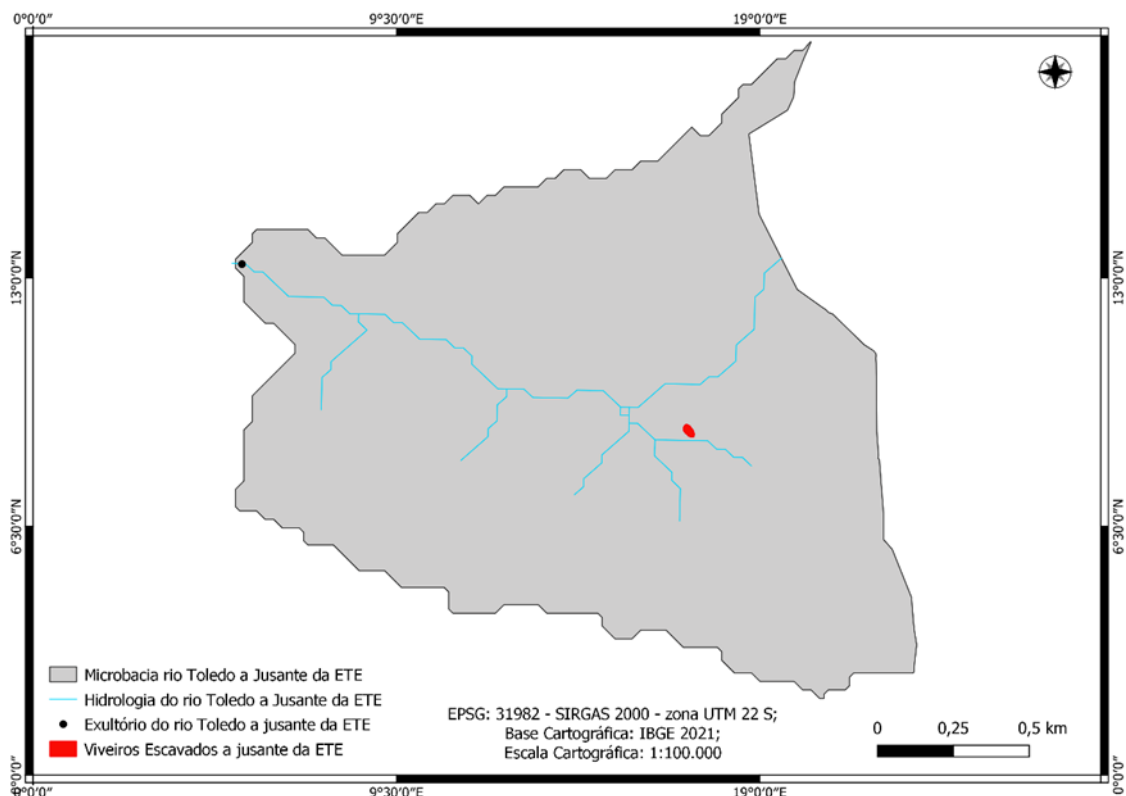
**Figura 14:** Viveiros escavados mapeados, entre a Estação de Tratamento de Água e Estação de Tratamento de Esgoto, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

A região a jusante da ETE possui apenas um viveiro escavado, classificado como de pequeno porte (Classe I), conforme ilustra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, e um aporte de Nitrogênio e Fósforo de 225 e 28 kg, respectivamente, conforme Tabela 17.

**Tabela 17:** Estimativa do aporte de Nitrogênio e Fósforo, devido a piscicultura em viveiros escavados, a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto pertencente a microbacia do rio Toledo, na região oeste do Paraná.

Classes	Área (ha)	Biomassa (kg/ha)	Valores de referência			
			Criação		Despesca	
			Nitrogênio (Kg/ha)	Fósforo (Kg/ha)	Nitrogênio (Kg/ha)	Fósforo (Kg/ha)
Viveiros						
Classe I	0,11	5,5	225,247	28,810	6,004	1,811
<b>Total</b>	0,11	5,5	225,247	28,810	6,004	1,811

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.



**Figura 15:** Viveiros escavados mapeados a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto, na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná. **Fonte:** elaborado pelo autor (2024).

O aporte dos efluentes da piscicultura na microbacia do rio Toledo é mais intenso no início da microbacia. Os viveiros escavados estão situados próximos aos corpos hídricos. Na zona entre ETA e ETE, a presença de empreendimentos piscícolas diminui e no final da microbacia não se observa a ocorrência de viveiros escavados. Isto ocorre devido a urbanização. Os aportes de Nitrogênio Total e Fósforo Total do cultivo e da despesca, a montante da ETA podem acrescentar alguma ação eutrofizante na zona rural, o aporte de 75% de todo o Nitrogênio e 74% de todo Fósforo Total, oriundo da atividade piscícola na microbacia está concentrado nesta região. Contudo, os aportes totais da piscicultura na microbacia não são tão significativos, conforme demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 18:** Estimativa total de Nitrogênio e Fósforos aportados na microbacia do rio Toledo, sua biomassa e localização a montante da Estação de Tratamento de Água, entre as estações e a jusante da Estação de Tratamento de Esgoto.

Localização	Área (ha)	Biomassa (kg/ha)	Criação		Despesca	
			N total na bacia (kg)	P total na bacia (kg)	N total na bacia (kg)	P total na bacia (kg)

Montante a ETA	13,44	672,0	27.255,739	3.324,218	1.008,943	237,738
Jusante da ETA	4,31	215,5	8.829,743	1.128,362	249,037	68,797
Jusante da ETE	0,11	5,5	225,247	28,810	6,004	1,811
<b>Total</b>	<b>17,86</b>	<b>893</b>	<b>36.310,729</b>	<b>4.481,390</b>	<b>1.263,984</b>	<b>308,346</b>

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Em uma bacia hidrográfica, o excesso de N e P traz a eutrofização, que altera o fluxo geoquímico que por sua vez afeta a capacidade de autodepuração. A concentração destes elementos indica falta de planejamento do uso dos recursos hídricos, evidenciando a importância do planejamento hídrico (Patel e Yakupitiyage, 2003; Jayanthi *et al.*, 2018).

### 3.3.5. POTENCIAL DE EUTROFIZAÇÃO DA ATIVIDADE PISCÍCOLA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TOLEDO.

Neste contexto a avaliação da qualidade da água da microbacia do rio Toledo tem que ser analisada de forma pontual, com a parte rural separada da parte urbana. A microbacia do rio Toledo, de todas as microbacias que compõem a microrregião de Toledo é a com maior vazão de captação, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.** O trecho da microbacia entre as ETA e ETE está mais propensa a emissão acima do permitido de efluentes domésticos, industriais e piscícolas devido o processo de urbanização crescente nesta região.

**Tabela 19:** Vazões captadas, consumidas e devolvidas das microbacias geridas pelo município de Toledo.

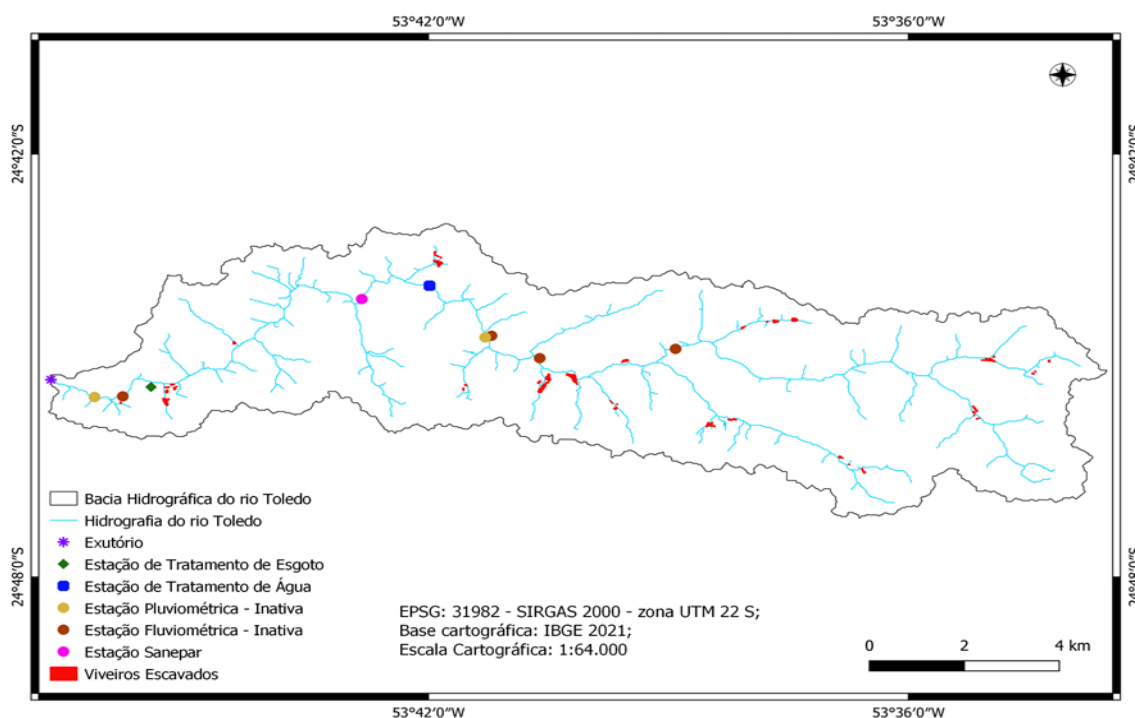
Microbacias de gestão	Vazão total captada (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão consumida (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão de retorno (m <sup>3</sup> /dia)
São Francisco	1935,26	387,05	1548,20
Marreco	4861,01	972,20	3888,81
Santa Quitéria	0,00	0,00	0,00
Toledo	10838,55	2187,33	8651,46
Guaçu	1832,02	366,40	1465,61

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA, 2005b.

O município de Toledo não possui estações de medições ativas (todas nas áreas urbanas) e as últimas medições disponíveis para consulta são datadas do ano de 2013, o

que torna difícil mensurar os pontos exatos onde a ação entrópica é mais atuante. Pode-se presumir que na área urbanizada, entre as ETA e ETE este efeito seja mais marcante.

A quantidade de estações fluviométricas inativas na região do rio Toledo, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, e a falta de dados recentes das estações ativas, dificulta a investigação de como a fluviosidade afeta a diluição dos efluentes piscícolas. De acordo com os Sistemas de Informações Hidrológicas da Agência Nacional das Águas (ANA, 2022) e o Instituto Água e Terra – IAT, existem registros de 9 estações fluviométricas, sendo que 4 constam como inativas e 4 ativas, e 1 de responsabilidade do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR, que não tem suas informações disponíveis, conforme demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



**Figura 16:** Mapa com a localização geográfica das estações fluviométrica e pluviométricas inativas da microbacia do rio Toledo. **Fonte:** elaborado pelo autor, 2024.

**Tabela 20:** Situação das estações fluviométricas que percorrem o município de Toledo.

Nome Estação	Órgão Responsável	Situação
Nova Concórdia	IAT	Ativa - dados desde 1964
Bom Princípio	IAT	Ativa - dados desde 1975
Dois Irmãos	IAT	Ativa - dados desde 1975
Vila Nova	IAT	Inativa - dados entre 1975 até 1997
Toledo	IAT	Inativa
Toledo	IAT	Ativa - dados desde 1979
Pedreira	IAT	Inativa - dados entre 2004 até 2006
Captação Sanepar	IAT	Inativa - apenas alguns meses entre 2004 e 2008

Toledo

SIMEPAR

Informações indisponíveis

---

**Fonte:** Agência Nacional de Águas - ANA, 2023.

Segundo informações consultadas na Agência Nacional de Águas - ANA, existem registros de 5 estações pluviométricas para o monitoramento do rio Toledo, e nenhuma ativa, desde 2009 (ANA, 2022), conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

**Tabela 21:** Estações pluviométricas inativas instaladas na microbacia do rio Toledo, oeste do Paraná.

Nome	Órgão responsável	Situação
Sol Nascente	IAT	Dados entre 1988 e 1989 e entre 1991 e 1992 e 2010
BR-467 Estação 6	IAT	Dados 1988 a 1989 e entre 1992 e 1995
Captação Sanepar	IAT	Dados entre 2004 e 2009
Toledo	IAT	Dados de entre 1979 e 1980
Pedreira	IAT	Dados entre 2004 e 2008

---

**Fonte:** Agência Nacional de Águas - ANA, 2022.

As últimas análises dos parâmetros de qualidade da água do rio Toledo foram realizadas no ano de 2006 e publicadas por uma agência de consultoria em 2016 (Envex, 2016). Com a falta de dados atualizados da qualidade de água da microbacia, se faz necessário um melhor monitoramento das qualidades das águas efluentes que a atividade lança no corpo hídrico, para assim ser capaz de estimar o impacto eutrofizante da piscicultura na microbacia do rio Toledo. A atividade aquícola na microbacia é moderada, pois como visto, a atividade é desempenhada, em sua maioria, por pequenos produtores que não adensam grandes quantidades de biomassa nos viveiros. O uso de tanques de decantação para reter o efluente em suspensão e as Boas Práticas de Manejo – BPM, podem diminuir as descargas dos efluentes da piscicultura. Associar estes efluentes a atividade agrícola, como complemento de adubação contribui para um sistema mais sustentável e econômico (Grigorakis e Rigos, 2011).

Na microbacia do rio Toledo se faz necessário um monitoramento dos seus recursos hídricos, tais como: vazão da calha principal e da qualidade da água em sua malha hídrica, visto que não existe estação fluviométrica e de monitoramento da qualidade de água em funcionamento. As águas destinadas para a atividade piscícola foram enquadradas como classe 2, mas para o rio Toledo ainda não existe um consenso sobre qual a classificação da calha principal, pois para os parâmetros legais ela se encontra na classe 3, entretanto para a atividade piscícola continuar necessita ser enquadrada na



classe 2. Um estudo futuro sobre a classificação da qualidade da água no rio Toledo se faz necessário.

Na microbacia do rio Toledo não existe qualquer planejamento relacionado aos múltiplos usos dos recursos hídricos e tão pouco as prioridades (tanto urbanas como rurais) em função da sua disponibilidade natural. Um novo direcionamento se faz necessário para o plano das Bacia Hidrográficas do Paraná, pois o uso racional e sustentável dos recursos hídricos na região precisa ser discutido com mais veemência.

#### **4. CONCLUSÃO**

A atividade piscícola presente na microbacia do rio Toledo não aporta efluentes em quantidades suficientes para acarretar algum impacto na eutrofização hidrológica da região. A falta de dados fluviométricos e pluviométricos são pontos críticos que impedem a estimativa da capacidade de autodepuração na microbacia do rio Toledo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a escassez de informações das estações fluviométricas e pluviométricas devido à ausência e inatividades das estações, a análise da capacidade de autodepuração da microbacia do rio Toledo não pode ser estimada. Recomenda-se a ativação das estações fluviométricas para que haja a disponibilização de dados atuais que permitam trabalhos futuros em estimar a capacidade de autodepuração da microbacia do rio Toledo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANA, Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília. Agência Nacional de Águas, 2005b.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas**. Agência Nacional de Águas, 2022. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 11 abril de 2024.

BARTRAM, Jamie; BALANCE, Ricardo. **Monitoramento da qualidade da água: um guia prático para a concepção e implementação de estudos de qualidade da água doce e programas de monitoramento**. Imprensa CRC, 1996.

BERNARDO NETO, Jaime. **Pequenas propriedades rurais e estrutura fundiária no Espírito Santo: uma tentativa de entendimento das particularidades capixabas**. 2009. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. Departamento de Geografia. Disponível em: [https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/m\\_jaimeneto.pdf](https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/m_jaimeneto.pdf). Acesso em 11 abril de 2024.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA. 357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**, 2005.

CALÇAVARA, Reginaldo Alex. Uso de Sistemas de Informação Geográfica e Modelo Digital de Elevação para Obtenção de Variáveis Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego São Vicente, Cachoeiro de Itapemirim (ES). **Revista Geonorte**, 2012, 3.5: 1788–1800-1788–1800. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2233>. Acesso em: 12 abr. 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COLDEBELLA, Anderson et al. Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e1319119699-e1319119699, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9699>.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo; MENDIONDO, Eduardo Mario. Integração entre curvas de permanência de quantidade e qualidade da água como uma ferramenta para a gestão eficiente dos recursos hídricos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, p. 369-376, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000400003>.

DA CONCEIÇÃO DORNELLAS, Patricia et al. Análise Morfométrica Da Bacia Do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida Do Estado Da Paraíba Morphometric Analyses Of High Paraíba River Basin, Semiárid Region Of Paraíba State. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 3, 2020. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1757>.

DE ALMEIDA, Laura Thebit et al. Aspectos morfométricos relacionados ao estudo de enchentes na bacia do rio Sapucaí, Minas Gerais. **Nativa**, v. 5, n. 3, p. 169-174, 2017.

DE ALMEIDA, Natália. R., Reis, Fábio. A. G. V., Cabral, Victor. C., dos Santos Corrêa, Cláudia. V., Isler, Rebeca. M., & Veloso, Vinícius. Q. (2023). Aplicação de índices morfométricos para a estimativa de corridas de detritos em sub-bacias do Rio Perequê, Cubatão (SP). *Geologia USP. Série Científica*, 23(1), 29-41.

ENVEX, Engenharia e Consultoria. **Diagnostico das disponibilidades e demandas hídricas atuais, uso e ocupação do solo, potencial de produção de sedimentos e levantamento de eventos críticos. Relatório para o Plano Municipal de Recursos Hídricos do Município de Toledo.** 2024. Disponível em: [https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/paginabasica-2022-08/plano\\_municipal\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_aprovado\\_1.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/paginabasica-2022-08/plano_municipal_de_recursos_hidricos_aprovado_1.pdf). Acesso em 12 de abril de 2024.

ESPÍNDOLA, Evaldo L. Gaeta et al. A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho. **São Carlos: Rima**, 2000. <https://repositorio.usp.br/item/001128197>.

FRANCISCO, Humberto Rodrigues; FABRÍCIO CORRÊIA, Arlindo; FEIDEN, Aldi. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multi-criteria analysis. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 8, n. 9, p. 394, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijgi8090394>.

GEORGIN, Jordana; OLIVEIRA, Gislayne Alves; DA ROSA, Ana Lúcia Denardin. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionados com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim–RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 1357-1364, 2015. <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/16834>.

GRIGORAKIS, K. & RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare—the case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, v. 85, n. 6, p. 899-919, 2011.

HOTT, Marcos Cicarini, et al. Mapas e parâmetros morfométricos usando dados da bacia hidrográfica do Paraibuna. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 12, p. 28203-28218, 2023. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1159693>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil. 2020.** Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99700.pdf>>. Acesso em: 05 de março de 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Pecuária Municipal 2022.** Tabela 4 - Produção da aquicultura do Brasil, das Grandes Regiões e das Unidades da Federação, segundo o tipo de produto da aquicultura. 2023. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em: 06 mar. 2024.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata. Banco de dados Geomorfométricos.** Altitude, Declividade, Orientação Octante quadrícula 05S36. Escala: 1:250.000, 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em 16 de abril de 2024.

JAYANTHI, M., et al. Impacto do desenvolvimento da aquicultura de camarão em ecossistemas importantes na Índia. **Mudança Ambiental Global**, 2018, 52: 10-21. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.05.005>.

KIRPICH, Z. P. Time of concentration of small agricultural watersheds. **Civil Engineering**. 10(6), 362. 1940.

MCCUEN, Richard H.; WONG, Stanley L.; RAWLS, Walter J. Estimating urban time of concentration. **Journal of hydraulic Engineering**, 1984, 110.7: 887-904. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1984\)110:7\(887\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1984)110:7(887)).

MENDES, Carlos André Bulhões; CIRILO, José Almir. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação.** ABRH, 2001.

MILLER, Victor C. **Um estudo geomórfico quantitativo das características da bacia de drenagem na área de Clinch Mountain, Virgínia e Tennessee.** Nova York: Universidade de Columbia, 1953.

MORELI, Aldemar Polonini; PEREIRA, Daniel Pena; SILVA, Samuel Ferreira da. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Cancã em Venda Nova do Imigrante-ES, Brasil. **Nucleus, Ituverava, SP**, v. 11, n. 2, out. 2014, 2014. <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/15>.

MORSOLETO, Felipe Silva, et al. Sistema de informação geográfica como ferramenta de avaliação de viveiros e do potencial de impacto ambiental causado pela piscicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, 2022, 48. <https://doi.org/10.20950/10.20950/1678-2305/bip.2022.48.e695>.

PARK, Seok Soon; LEE, Yong Soon. A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea. **Ecological Modelling**, vol.152, p.65-75. 2002.

PATEL, Arun B.; YAKUPITIYAGE, Amararatne. Mixed feeding schedules in semi-intensive pond culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L.: is it necessary to have two diets of differing protein contents?. **Aquaculture research**, v. 34, n. 14, p. 1343-1352, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00957.x>.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source. Geospatial Foundation Project, 2021.

SANTOS, Agenor Micaeli dos et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 195-211, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>.

SCHUMM, Stanley A. Evolução dos sistemas de drenagem e encostas em terras áridas em Perth Amboy, Nova Jersey. **Boletim da Sociedade Geológica da América**, v. 5, pág. 597-646, 1956. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2).

SCHUMM, Stanley A. Sinuosidade dos rios aluviais nas Grandes Planícies. **Boletim da Sociedade Geológica da América**, v. 9, pág. 1089-1100, 1963. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2).

SOARES, Leonardo Silva et al. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016. <https://doi.org/10.11606/rdg.v31i0.107715>.

TOLEDO. Prefeitura Municipal. **Malha Hidrográfica**. 2010. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/portal/malha-hidrografica/malha-hidrografica>. Acesso em: 05 de março de 2024.

TONELLO, Kelly Cristina et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 849-857, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>.

TUCCI, Carlos. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. 1975. *Hidrologia aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil.