

Características morfométricas da microbacia hidrográfica do Rio Melissa e estimativa do aporte de nitrogênio e fósforo oriundos de viveiros escavados e piscicultura

Nicole Panzera

Pós-graduanda

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

E-mail: nicolepanzera@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7851-8626>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5580098138827251>

Analice Timoteo Araujo

Pós-graduanda

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

E-mail: analice.t.araujo@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3575-1694>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3154303920979373>

Pedro Rondon Werneck

Mestre

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

E-mail: prondonwerneck@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8729-5259>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5293699847807939>

Aldi Feiden

Doutor

Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná

E-mail: aldifeiden@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6823-9291>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8384358462664823>

RESUMO

O avanço das geotecnologias tem aumentado a precisão no monitoramento ambiental, sendo o sensoriamento remoto fundamental para a gestão de bacias hidrográficas. Este estudo analisou a microbacia do rio Melissa, afluente do rio Piquiri (oeste do Paraná), visando caracterizar aspectos morfométricos, mapear viveiros escavados e estimar o aporte de nutrientes da piscicultura. A delimitação da bacia foi realizada a partir de imagens do Modelo Digital de Elevação (30 m) processadas no QGIS 3.22.14 e GRASS GIS, gerando mapas de declividade, hipsometria, solos e uso do solo. A análise morfométrica contemplou oito índices, e o mapeamento dos viveiros utilizou imagens do Google Earth®. A microbacia apresenta relevo plano a suavemente ondulado, com altitudes entre 220 e 820 m, predominando 520–720 m (72,26%). Os solos são majoritariamente LATOSSOLO VERMELHO (75%), seguidos de NITOSSOLO VERMELHO (19,46%), adequados à piscicultura pela impermeabilidade. O uso do solo é dominado por soja (63,65%), seguido por florestas (15,65%). Os índices ($K_c=2,73$; $D_d=0,89$) indicam forma alongada, baixo escoamento superficial e baixo risco de enchentes. Foram identificados 278 viveiros, 70,86% de classe I, mas viveiros de classe III concentraram 52,60% da lâmina d'água. A produção estimada foi de 4.373 t, com aporte de 199,66 t de nutrientes na criação e 8,51 t na despesca. Conclui-se que a microbacia apresenta condições favoráveis à aquicultura, mas viveiros maiores demandam manejo para reduzir eutrofização,

destacando a importância das geotecnologias na gestão hídrica.

Palavras-chave: Aquicultura. Geotecnologias. Geoprocessamento. Hidrologia.

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a proteção do meio ambiente tem ganhado relevância, especialmente em relação à deterioração da qualidade da água de rios e lagos. Isso ocorre devido à pressão exercida pelas atividades humanas sobre as fontes hídricas, embora também haja influência de fatores naturais. A escassez e a poluição dos recursos hídricos impactam negativamente a saúde pública, a segurança alimentar, a biodiversidade e o progresso socioeconômico, tornando essencial a implementação de estratégias que promovam sua conservação e uso sustentável.

Com o avanço das tecnologias, as ferramentas de sensoriamento remoto estão se tornando cada vez mais precisas e efetivas, facilitando a detecção de padrões na paisagem. Um exemplo é a Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas – Versão 6, elaborada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (AMORIM et al., 2015), que desenvolveu uma ferramenta geoespacial capaz de identificar com precisão a movimentação da água nas bacias hidrográficas.

A aplicação de geotecnologias permite a produção de dados e informações por meio de análises espaciais minuciosas, ampliando o acesso a dados relevantes para uma variedade de usuários e finalidades (CRISCUOLO, 2016; CORRÊIA, 2023). Essa capacidade de monitoramento é essencial para uma gestão mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos. Além disso, a caracterização morfométrica das bacias de drenagem, que envolve a análise detalhada de parâmetros físicos, é crucial para descrever suas características estruturais e funcionais. Esses dados são indispensáveis para prever fenômenos hidrológicos, como enchentes e inundações, permitindo melhor preparação e resposta a tais eventos (MIOTO, 2014).

Diante desse panorama, a implementação da Lei nº 9.433, em janeiro de 1997, deu origem ao Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), visando enfrentar os desafios associados à conservação e à gestão dessas águas, especialmente em meio às mudanças climáticas. A lei estabelece que, em períodos de escassez hídrica ou quando há risco de comprometimento ambiental, o poder público pode suspender ou restringir outorgas já concedidas, a fim de garantir o uso prioritário da água. Embora os conflitos relacionados ao uso dos recursos hídricos sejam um fenômeno relativamente recente, eles têm se agravado nas últimas décadas em decorrência da ampliação das áreas de irrigação, do crescimento da piscicultura e da rápida urbanização em várias regiões do Brasil (SOUZA et al., 2020).

A aquicultura provoca mudanças ambientais, mas seus impactos podem ser minimizados com o uso racional dos recursos. A adoção de práticas sustentáveis, fundamentadas em legislações e diretrizes adequadas, contribui para prevenir danos irreversíveis (SIPAÚBA-TAVARES, 2013). Para isso, é essencial

compreender os fatores que influenciam a eutrofização nas bacias hidrográficas, garantindo um manejo responsável.

A integração entre o uso de geotecnologias e o manejo sustentável da aquicultura torna-se ainda mais relevante diante da crescente demanda por alimentos de origem aquícola. Nesse contexto, estudos que combinam análises geoambientais e hidrológicas fornecem subsídios fundamentais para políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial, permitindo compatibilizar produção e conservação. A análise espacial das bacias hidrográficas também possibilita compreender como a disposição dos viveiros escavados influencia o ciclo de nutrientes e a dinâmica da paisagem. Além disso, os resultados obtidos podem contribuir para estratégias de mitigação de impactos, como a adoção de zonas de amortecimento e técnicas de manejo adequadas. Dessa forma, a pesquisa assume um papel estratégico, pois alinha ferramentas de planejamento ambiental com práticas produtivas responsáveis, fortalecendo a aquicultura como atividade essencial para o desenvolvimento econômico, mas em conformidade com a conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas associados.

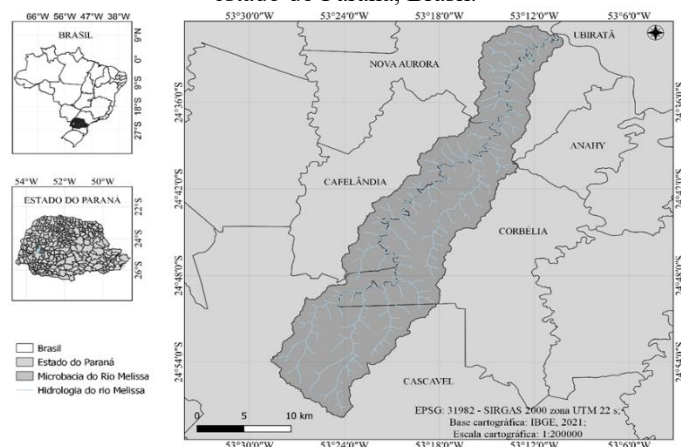
O objetivo deste estudo é realizar uma análise morfométrica da microbacia do rio Melissa, mapear os viveiros escavados das unidades de produção aquícola e estimar o aporte dos nutrientes nitrogênio e fósforo, a fim de compreender seus impactos na qualidade da água e nos processos hidrológicos da região, por meio de análise geoespacial.

2 METODOLOGIA

2.1 LOCAL DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do rio Melissa é afluente direto pela margem esquerda do rio Piquiri, cujas nascentes ocorrem na área urbanizada da sede do município de Cascavel, estendendo-se pelos municípios de Corbélia, Cafelândia, Nova Aurora, Ubitatã e Anahy (IBGE, 2024), conforme ilustrado na Figura 1. A microbacia apresenta clima do tipo tropical equatorial, com média pluviométrica anual de aproximadamente 1.600 mm, sendo classificada como clima subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1936).

Figura 1 - Localização da microbacia hidrográfica do rio Melissa, inserida na bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

2.2 DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MELISSA

A delimitação da microbacia foi realizada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 metros, cujas imagens foram obtidas no portal da *United States Geological Survey* (USGS, 2021). O processo teve início com a aplicação do algoritmo *r.fill.dir*, que corrige possíveis erros de continuidade dos pixels. A partir da captura das coordenadas do exutório do rio principal, tanto a microbacia quanto a rede de drenagem foram delimitadas no software *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS GIS), por meio dos algoritmos *r.waterhed*, responsável pela delimitação da bacia, e *r.water.outlet*, utilizado para a delimitação da hidrografia da microbacia. Em seguida, ambos os rasters foram convertidos para o formato vetorial com o algoritmo *r.to.vect* (MORSOLETO et al., 2023). Todos os algoritmos empregados durante a delimitação da microbacia e de sua hidrografia são nativos do software *QGIS Development Team* (2021).

2.3 ANÁLISE FÍSICA DA MICROBACIA DO RIO MELISSA

A caracterização da microbacia do rio Melissa foi realizada com base em quatro aspectos principais: declividade e hipsometria, tipos de solo e uso e ocupação do solo. Os mapas de declividade e hipsometria foram gerados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando o software *QGIS 3.22.14*, com apoio do algoritmo *r.report* do *GRASS GIS*, seguindo as metodologias de Macedo et al. (2023) e Werneck et al. (2023).

A análise dos tipos de solo baseou-se em dados vetoriais da EMBRAPA, em escala 1:250.000, conforme as metodologias de Francisco et al. (2019) e Morsoleto et al. (2023), com os cálculos realizados por meio da calculadora de atributos do *QGIS*.

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos no portal do projeto *MapBiomass*, em formato raster, com escala 1:100.000 e resolução espacial de 30 metros, sendo os cálculos também realizados com

o algoritmo r.report, nativo do *GRASS GIS* dentro do *QGIS*.

2.4 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DA MICROBACIA DO RIO MELISSA

A análise das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Melissa constitui uma etapa fundamental para compreender sua dinâmica hidrológica e ambiental. Esses parâmetros permitem identificar indicadores físicos específicos que auxiliam na avaliação de possíveis alterações no meio. Do ponto de vista quantitativo, destaca-se a aplicação da análise morfométrica, que envolve a determinação de índices como densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e forma da bacia, entre outros. Conforme apontam Georgin et al. (2015), esse procedimento consiste no levantamento de valores numéricos de diferentes atributos da bacia, possibilitando interpretar o funcionamento de seu sistema de drenagem e subsidiando estudos voltados à gestão e ao planejamento ambiental.

Com a obtenção dos parâmetros geométricos fornecidos pelas geotecnologias de sensoriamento remoto, os dados foram geoprocessados na calculadora de campo, a fim de analisar os oito índices morfométricos, de acordo com as fórmulas contidas na Tabela 1. Os cálculos foram realizados usando o software *QGIS*, versão 3.22.14 (QGIS Development Team, 2021).

Essa abordagem permite relacionar as características físicas da bacia com processos hidrológicos e potenciais impactos ambientais, fornecendo subsídios importantes para a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos.

Tabela 1- Cálculos dos índices morfométricos realizados para a microbacia hidrográfica do rio Melissa, bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

Índice	Fórmula	Descrição dos itens
Kc – Coeficiente de compacidade	$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$	P: Perímetro da bacia (m); A: Área da bacia (m²)
F – Fator de forma	$F = \frac{A}{E^2}$	A: Área da bacia (m²); E: Comprimento do eixo da Bacia (m)
Ic - Índice de Circularidade	$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2}$	A: Área da bacia (m²); P: Perímetro da bacia (m)
Dd - Densidade de drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A/1000}$	Lt: Comprimento da rede de drenagem (km); A: Área da bacia (km²)
Tc - Tempo de concentração	$Tc = 57 * \left(\frac{L/1000^3}{H} \right)^{0,385}$	L: Comprimento do talvegue principal (km); H: Desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m)
Is - Índice de sinuosidade	$Is = \frac{100 * (L - Lr)}{L}$	L: Comprimento do rio principal (m); Lr: Comprimento do talvegue do rio principal (m)
Er - Razão do alongamento	$Er = 1,128 * \frac{\sqrt{A}}{E}$	A: Área da bacia (m²); E: Comprimento do eixo da bacia (m)
Rr - Relevo relativo	$Rv = \frac{H}{P}$	P: Perímetro da bacia (m); H: Amplitude altimétrica (m)

Fonte: Adaptado de Georgin et al. (2015).

2.5 MAPEAMENTO DOS VIVEIROS ESCAVADOS E RODOVIAS DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MELISSA, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI, NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

A localização, o mapeamento e a quantificação dos viveiros escavados na região da microbacia hidrográfica do rio Melissa foram realizados com o uso do *Google Earth*® e do software *QGIS*, versão 3.22.14 (QGIS Development Team, 2021), conforme Werneck et al. (2023). Os viveiros foram classificados em três categorias:

- Classe I - viveiros de pequeno porte: com área entre 300m² e 3.000m²;
- Classe II - viveiros de médio porte: com áreas entre 3.001m² e 6.000m²;
- Classe III - viveiros de grande porte: com área superior a 6.001 m².

Para serem considerados viveiros escavados destinados à piscicultura, as imagens de satélite dos viveiros devem apresentar características típicas de empreendimentos aquícolas, como a presença de viveiros com área superior a 300 m², estradas de acesso para escoamento da produção e galpões ou outras construções associadas à atividade aquícola.

O mapa rodoviário foi elaborado de acordo com a metodologia de Luiz Junior et al. (2024). Os vetores de estradas, em escala 1:250.000, foram obtidos no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (*IBGE*, 2021), e a delimitação da microbacia hidrográfica foi utilizada para recortar as estradas localizadas dentro de sua área.

2.6 APORTE DE NUTRIENTES NA MICROBACIA HIDROGRÁFICAS DO RIO MELISSA, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI, REGIÃO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

Os cálculos de estimativa de descarga de nutrientes residuais na microbacia hidrográfica do rio Melissa, provenientes da piscicultura em viveiros escavados, foram realizados com base no estudo de Coldebella et al. (2020). Para essa estimativa, foram consideradas a área de cultivo e a biomassa média produzida de 5 kg/m² de superfície de água, correspondentes aos viveiros escavados mapeados e classificados neste trabalho. Os valores de referência estão indicados na Tabela 2, adaptados de Macedo et al. (2024).

Tabela 2 - Valores estimados de aporte de nitrogênio total e fósforo total por classe de viveiros escavados, durante o cultivo de nove meses e a despesca, considerando densidade média de estocagem de 5 kg/m².

Classes	Tamanho (m ²)	Valores de referência			
		Criação		Despesca	
		Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Nitrogênio (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)
I	300 - 3000	2.047,70	261,91	54,59	16,47
II	3.001 – 6.000	1.951,05	197,30	120,49	26,11
III	> 6.000	2.055,85	260,99	81,56	12,18

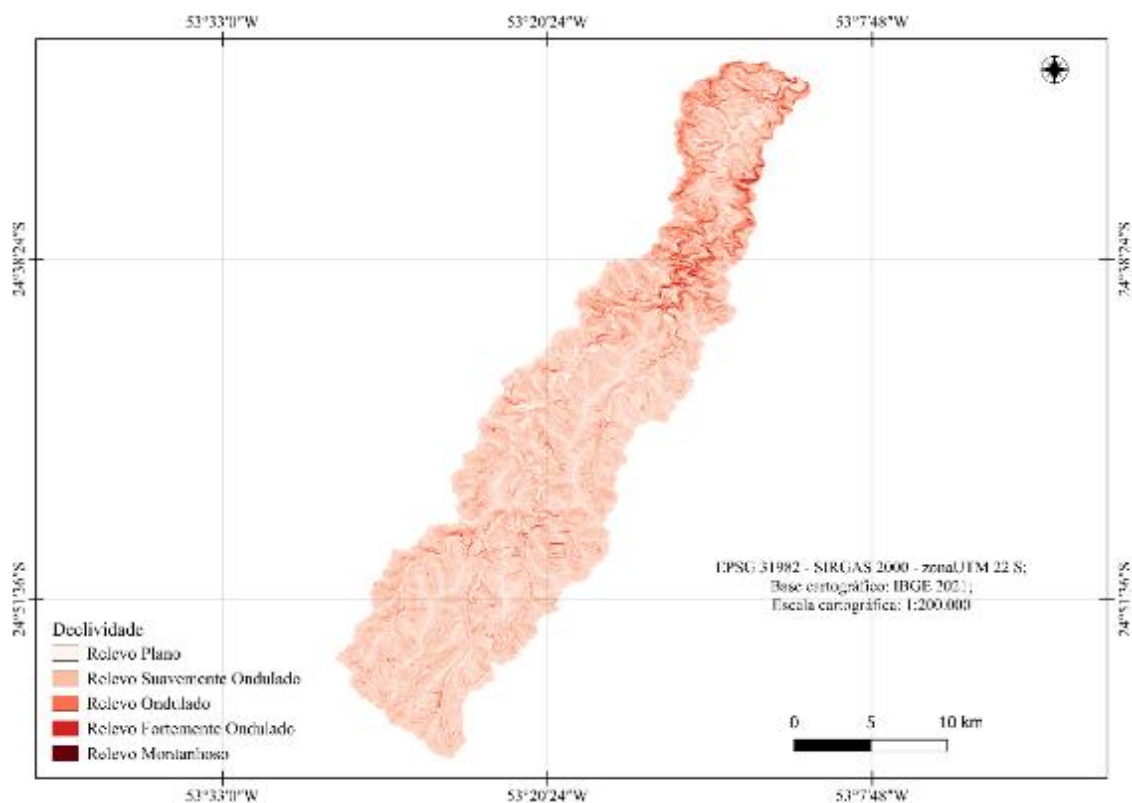
Fonte: Adaptado de Coldebella et al. (2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na microbacia do rio Melissa, a maior parte apresenta relevo plano, enquanto uma porção menor apresenta relevo suavemente ondulado (Figura 2), semelhante ao observado na microbacia do rio Chororó, estudada por Macedo et al. (2023). Esses tipos de relevo são considerados favoráveis para a implantação de novas pisciculturas em viveiros escavados, pois quanto menor a ondulação do terreno, mais viável se torna a instalação da atividade, devido à menor movimentação de solo, o que reduz os custos com maquinário e equipamentos (Francisco et al., 2019).

Além disso, a homogeneidade do relevo facilita a construção de sistemas de drenagem eficientes, contribuindo para a manutenção da qualidade da água nos viveiros. Essas condições físicas permitem planejar estrategicamente a distribuição dos viveiros, minimizando impactos ambientais e promovendo maior produtividade da atividade aquícola.

Figura 2 - Declividade da microbacia hidrográfica do rio Melissa, bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

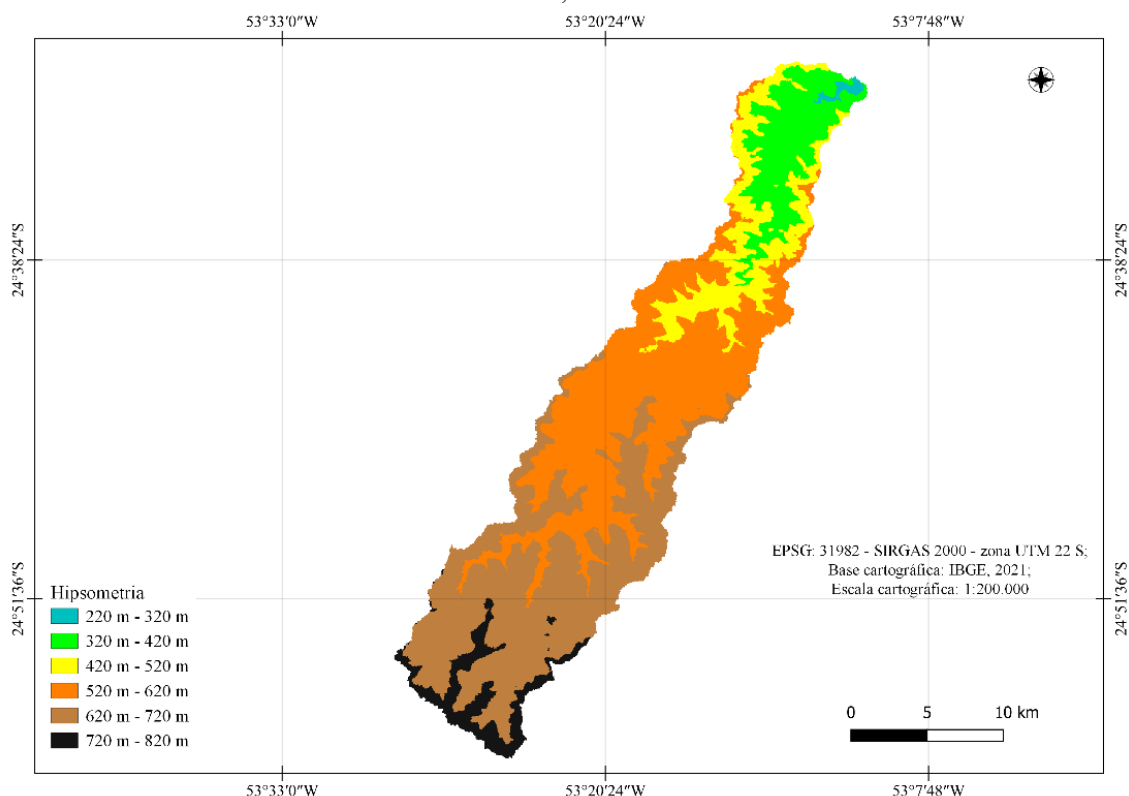


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A hipsometria da microbacia hidrográfica do rio Melissa foi determinada a partir da distribuição de seis faixas altimétricas, variando de 220 a 820 m de altitude, conforme demonstrado na Figura 3. A faixa altimétrica predominante situa-se entre 620 e 720 m, com 16.412,553 ha (36,22% da área total), seguida pela faixa de 520 a 620 m, que ocupa 16.327,026 ha (36,04%). As demais faixas somam 12.564,862 ha, representando 27,74% da área.

Segundo Francisco *et al.* (2019), as faixas altimétricas predominantes enquadram-se na categoria de “baixas montanhas”, caracterizadas por relevos suavemente ondulados a ondulados. Essa configuração geomorfológica favorece a formação de encostas menos íngremes, reduzindo a susceptibilidade à erosão e permitindo maior estabilidade das margens.

Figura 3 - Hipsometria da microbacia hidrográfica do rio Melissa, bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



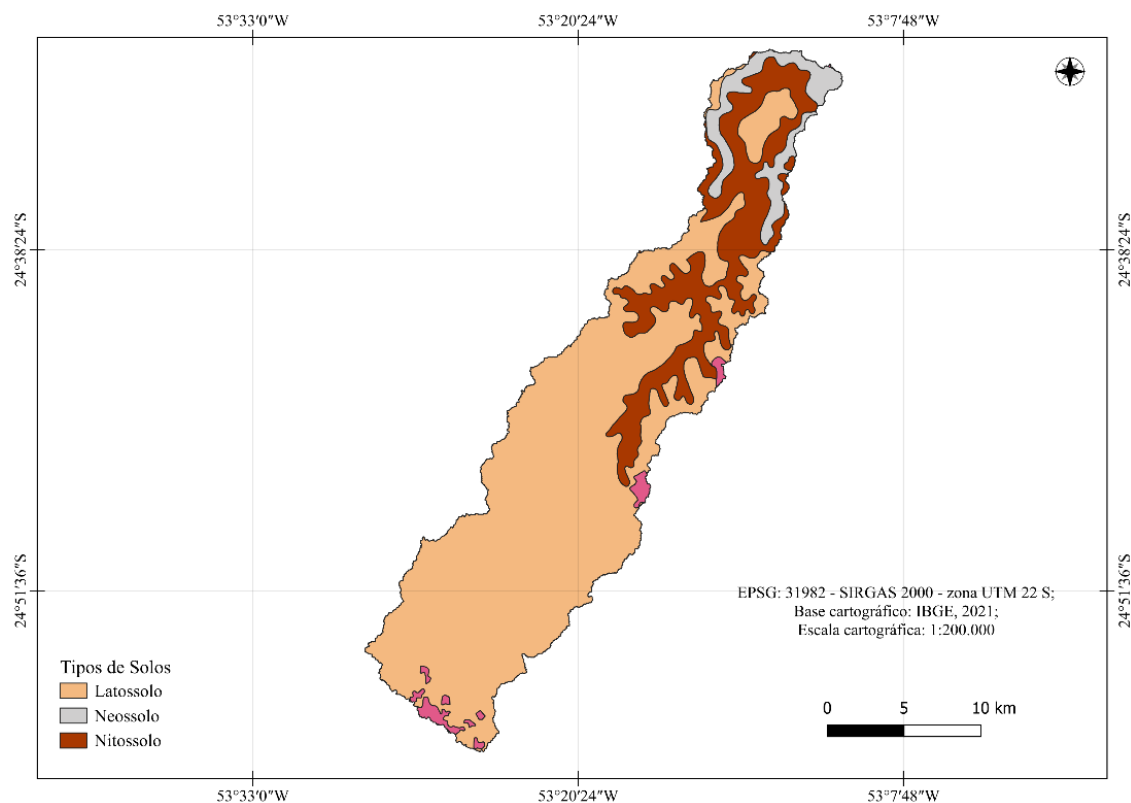
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Na microbacia do rio Melissa, identificaram-se três classes de solo, conforme ilustrado na Figura 4. O LATOSSOLO VERMELHO predomina, ocupando 33.413,17 ha (75% da área total), seguido pelo NITOSSOLO VERMELHO, com 8.671,94 ha (19,46%). Ambos apresentam elevado teor de argila, característica que favorece a impermeabilidade e aumenta a coesão estrutural do solo. A menor ocorrência é do NEOSSOLO REGOLÍTICO, com 2.467,41 ha (5,54%), geralmente associado a áreas de relevo mais declivoso e menor profundidade de perfil.

LATOSSOLOS e NITOSSOLOS predominam em relevo suave a ondulado, garantindo estabilidade para terraplanagem e boa retenção hídrica, condições adequadas à piscicultura. Para que a construção dos viveiros seja viável, o solo deve ser impermeável e de fácil remoção, características próprias dos solos argilosos, que apresentam alta plasticidade e resistência à erosão (SOUZA, 1999; LIMA et al., 2015), esses tipos de solo são predominantes na microbacia.

Além disso, a predominância de solos argilosos contribui para a minimização de perdas de água por infiltração, facilitando o manejo hídrico dos viveiros. Essas condições favorecem a manutenção de níveis adequados de água e a eficiência produtiva na piscicultura.

Figura 4 - Tipos de solos encontrados na microbacia hidrográfica do rio Melissa, bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

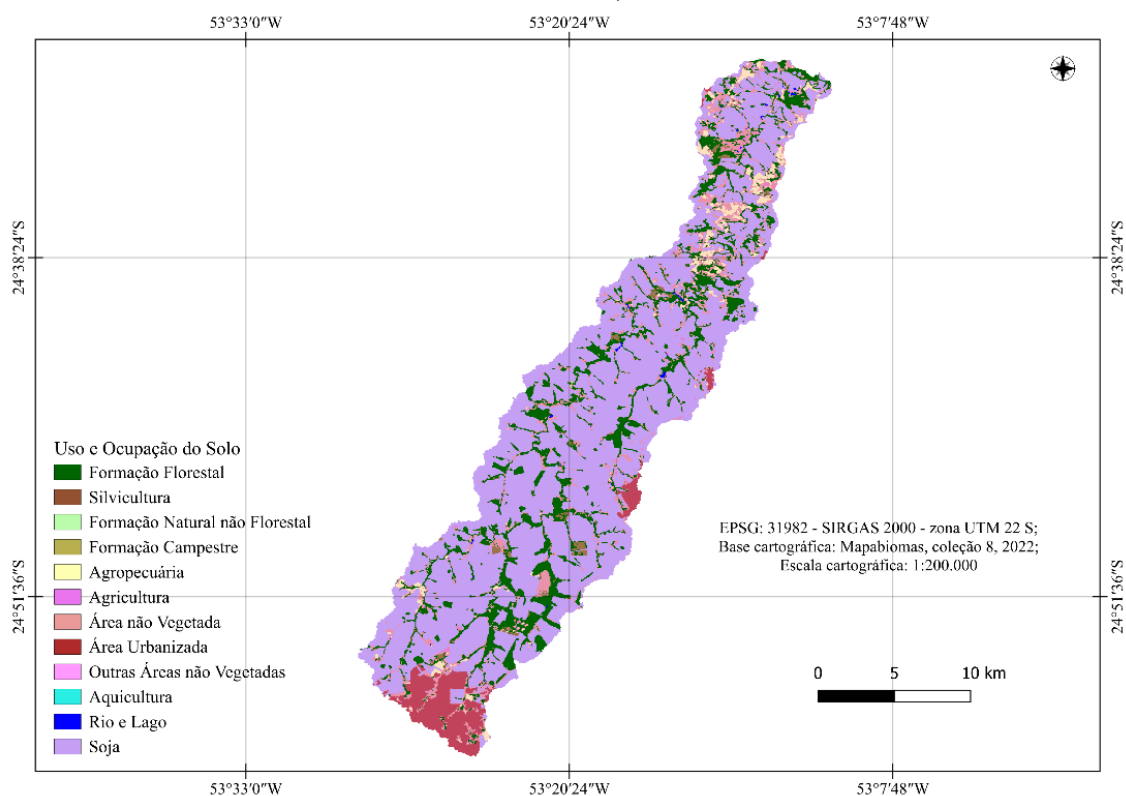


Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O uso e ocupação do solo demonstra as várias utilizações que o solo da microbacia hidrográfica do rio Melissa possui como está demonstrado na figura 5. Apresentando predominância do cultivo de soja (63,65%), seguido pela formação florestal (15,65%), mosaico de uso (9,09%), áreas urbanas (4,88%) e demais usos (6,73%). Comparando-se com os dados de Junior e Silva (2015), observa-se redução de 2,35 pontos percentuais na vegetação florestal (18%) e aumento de 7,65 pontos percentuais na área cultivada (56%), refletindo a intensificação da agricultura na região estudada.

Essa expansão das áreas agrícolas, especialmente da soja, pode aumentar a mobilização de sedimentos e nutrientes para os cursos d'água, favorecendo processos de assoreamento e eutrofização. Tais impactos exigem atenção na gestão hídrica da microbacia, pois influenciam diretamente a qualidade da água e a sustentabilidade da piscicultura em viveiros escavados.

Figura 5 - Tipos de uso e ocupação da microbacia hidrográfica do rio Melissa, bacia hidrográfica do rio Piquiri, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

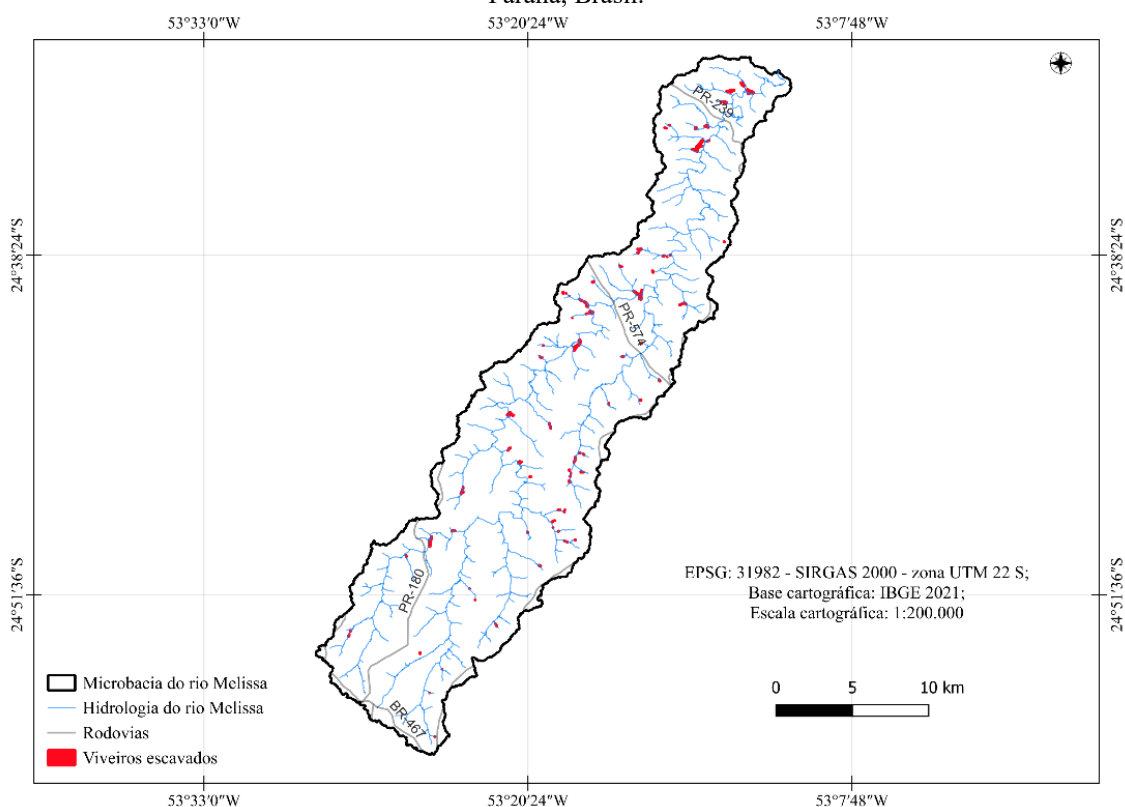
Em relação à morfometria da microbacia hidrográfica do rio Melissa, esta apresenta área de 453 km², com um conjunto de canais de 404.829 m, sendo o rio principal com comprimento de 96.078,68 m. A amplitude da microbacia é de 501 m, a cota mínima de 288 m, a cota média de 585 m e a cota máxima de 789 m de altitude.

Os resultados dos índices morfométricos ($Kc = 2,73$; $F = 0,16$; $Ic = 0,13$; $Er = 0,44$) indicam que a microbacia possui forma alongada, com tendência à conservação e baixo risco de enchentes (DA CONCEIÇÃO DORNELLAS, 2020), observando-se padrão semelhante ao do rio Guaçu (WERNECK, 2024a). O valor de densidade de drenagem ($Dd = 0,89$) evidencia baixo escoamento superficial e maior infiltração de água no solo, semelhantemente ao rio São Camilo (MACEDO et al., 2024). A microbacia apresenta classe sinuosa ($Is = 44,05$), comparável à observada no rio Santa Quitéria (PANZERA et al., 2024). O tempo de concentração das águas na bacia é de 17 h e 30 min. A razão de relevo obtida foi de 0,002, sendo que mais próximo de 0, indica relevo predominantemente plano, conforme também observado no rio Jesuítas (WERNECK et al., 2024b).

Foram mapeados 278 viveiros escavados, divididos em 3 classes: viveiros pequenos, médios e grandes, também foram mapeadas as rodovias presentes na microbacia, sendo elas as PR 239, PR 574, PR 180, PR 467, além de outras estradas vicinais, totalizando 78,95 km de extensão. Os viveiros escavados e as rodovias estão demonstrados geograficamente na Figura 6.

A produção de peixes na microbacia do rio Melissa pode estar diretamente relacionada ao incentivo de produção destinado ao frigorífico da Cooperativa Agroindustrial Consolata (Copacol), uma vez que a empresa realiza atividades integradas que incluem a criação de peixes em sistemas verticalizados de piscicultura (BRUN e AUGUSTO, 2015).

Figura 6 - Viveiros escavados e as rodovias localizadas na microbacia hidrográfica do rio Melissa, região oeste do estado do Paraná, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Entre os viveiros da microbacia, a classe I é a mais abundante, com 197 viveiros escavados, correspondendo a 70,86% do total, como também foi observado na microbacia do rio Baiano (ARAÚJO et al., 2025). Foram totalizadas 87,46 ha de lâminas de água na microbacia, sendo a classe III a mais representativa, com 46,01 ha, correspondendo a 52,60% do total de lâmina de água, como também observado no rio Jesuítas (WERNECK et al., 2024b), conforme demonstrado na Tabela 3.

A predominância de viveiros de classe I na região está associada à presença de pequenos produtores familiares, que optam por estruturas menores devido à limitação de terras e ao menor custo inicial de investimento.

Tabela 3 - Viveiros escavados e lâmina de água localizadas na microbacia hidrográfica do rio Melissa, região oeste do estado do Paraná, Brasil.

Classe	Tamanho (m ²)	Nº viveiros	% Viveiros	Área viveiros	% viveiros
I	300 até 3000	197	70,86	24,84	28,40
II	3001 até 6000	40	14,39	16,61	19,00
III	>6001	41	14,75	46,01	52,60
Total		278	100	87,46	100

Fonte: Adaptado de Werneck et al. (2023).

A produção total de biomassa foi estimada em 4.373 t de peixes por hectare, e o aporte de nutrientes durante o período de criação foi de 199,66 toneladas (N = 177,86 e P = 21,80, respectivamente). Durante a despesca, o aporte de nutrientes foi de 8,51 toneladas (N = 7,11 e P = 1,40, respectivamente). Em ambos os períodos — criação e despesca —, o aporte de nutrientes foi maior na classe III, conforme apresentado na Tabela 4. A razão do aporte de N/P foi de 8/1 durante a criação e de 5/1 na despesca; ambas as razões são consideradas baixas, como também observado no rio Guaçu (WERNECK et al., 2024a).

Tabela 4 - Aporte de Nitrogênio Total (N) e Fósforo Total (P) estimado durante a criação e a despesca em viveiros escavados da microbacia do rio Melissa, oeste do Paraná, considerando uma densidade de 5 kg de peixe por m² ao longo de nove meses.

Classe	Biomassa (Ton/ha)	Área (ha)	Criação		Despesca	
			N (Ton)	P (Ton)	N (Ton)	P (Ton)
I	1.242	24,84	50,86	6,51	1,36	0,41
II	830,5	16,61	32,41	3,28	2,00	0,43
III	2.300,5	46,01	94,59	12,01	3,75	0,56
Total	4.373	87,46	177,86	21,80	7,11	1,40

Fonte: Adaptado de Coldebella (2020).

Esses dois nutrientes eutrofizantes são os mais impactantes na piscicultura, mas é importante destacar outros elementos que influenciam a capacidade de suporte dos ecossistemas aquáticos, como a matéria orgânica depositada nos viveiros e os sólidos em suspensão lançados nos corpos receptores, principalmente na despesca, pois estes também afetam o metabolismo desses ambientes aquáticos (COLDEBELLA et al., 2020; SÁ, 2023). Em pisciculturas, o excesso de nutrientes ocorre devido à alta densidade de estocagem, ao fornecimento excessivo de ração e à adubação intensiva, que elevam os níveis de compostos nitrogenados e fosfatados na água (ALCÂNTARA et al., 2017).

4 CONCLUSÃO

O estudo da microbacia do rio Melissa evidenciou relevo predominantemente plano, com altitudes entre 220 e 820 m, condições favoráveis à implantação de viveiros escavados e à produção aquícola. Identificaram-se três principais classes de solo: NITOSSOLO VERMELHO, LATOSSOLO VERMELHO E NEOSSOLO REGOLÍTICO, com propriedades físicas que garantem impermeabilidade, coesão estrutural e retenção hídrica adequada para a piscicultura. O uso do solo é majoritariamente voltado ao cultivo de soja,

seguido pela significativa atividade aquícola, com 278 viveiros escavados mapeados e classificados em diferentes portes.

O aporte de nutrientes foi maior durante a fase de criação (199,66 t) em comparação à despesca (8,51 t), sendo os viveiros com área superior a 6.000 m² os principais responsáveis pelas cargas de nitrogênio e fósforo. Esses dados evidenciam a necessidade de manejo adequado e planejamento espacial da piscicultura, de forma a reduzir impactos ambientais, evitar eutrofização e promover a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos da microbacia.

Por fim, os resultados do estudo fornecem subsídios técnicos para orientar futuras expansões da piscicultura na região e contribuir para a conservação e uso sustentável dos recursos hídricos da microbacia hidrográfica do rio Melissa.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do Governo Brasileiro voltada para a formação de recursos humanos. Também reforçamos a atuação do CNPq na disponibilização de bolsa de estudos à primeira autora e ao Cernupi pela bolsa de estudos à segunda autora. Este trabalho é também dedicado à memória de Mauricio Spagnolo Adames, que foi um engenheiro de pesca exemplar, cuja dedicação inspira e à sua filha Melissa, cujo nome se entrelaça ao do rio que motivou esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, P. H. R.; DE SOUSA, D. N.; MATAVELI, M.; EVANGELISTA, D. K. R.; DE PINHO, M. S. Piscicultura de água doce: análise da capacitação de multiplicadores. 2017.
- AMORIM, T. A.; BORELLI, A. J.; FERREIRA, F. V.; FERREIRA, D. A. C.; FUCKNER, M. A.; TRIGO, A. J.; FIGUEIREDO TEIXEIRA, A. L. Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas. Brasília-DF, 2015.
- ARAUJO, A. T. DE; WERNECK, P. R.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Análises morfométricas e aportes orgânicos da microbacia do rio Baiano, município de Assis Chateaubriand, Brasil. *Aracê*, v. 7, n. 1, p. 1430-1445, 2025.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.
- BRASIL. MapBiomias. Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1>. Acesso em: 29 nov. 2024.
- BRUM, S. A.; AUGUSTO, P. O. Mussi. Ambiente de tarefa: as estratégias da COPACOL (PR) na produção de tilápia em escala industrial pelo sistema vertical integrado. *Revista Eletrônica Científica do CRA-PR-RECC*, v. 2, n. 1, p. 19-34, 2015.
- CORRÊA, C. V. S.; MALAQUIAS, M. A. P. Aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica dos afluentes mineiros do médio rio Grande (GD7) como subsídio para identificação de áreas com potencialidade à ocorrência de processos geológicos. *Revista Eletrônica de Geografia Territorium Terram*, v. 6, p. 83, 2023.
- COLDEBELLA, A. 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.
- CRISCUOLO, C. Atlas escolar da região metropolitana de Campinas. 2016. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1045755>. Acesso em: 16 jan. 2025.
- DOS SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- FRANCISCO, H. R.; CORREIA, A. F.; FEIDEN, A. Classification of areas suitable for fish farming using geotechnology and multi-criteria analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 9, 394, 2019.
- GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí–Vacacaí Mirim–RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1357-1364, 2015.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal de mapas. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-municipais.html>. Acesso em: 01 dez. 2024.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Pecuária Municipal 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>. 2024.
- JUNIOR, C. C. E.; SILVA, M. R. DO. Uso do solo de microbacias do rio Melissa utilizando classificação digital de imagem do uso do solo. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia*, v. 1, n. 11, Medianeira/PR, 2015.
- KÖPPEN, W. Classificação climática de Köppen-Geiger. 1936.

LIMA, A. F.; SILVA, A. P.; RODRIGUES, A. P. O.; DE SOUSA, D. N.; BERGAMIN, G. T.; TORATI, L. S.; ADRIANO PRYSTHON DA SILVA, C. N. A. T. Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados. 2015.

LUIZ JUNIOR, O. J. et al. Estimativa de aporte de Nitrogênio e Fósforo na microbacia hidrográfica do rio Açu utilizando ferramentas de geoprocessamento. Caderno Pedagógico, v. 21, n. 3, p. e3138-e3138, 2024.

MACEDO, H. R. et al. Caracterização morfológica, uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica do Córrego Chororó, no estado do Paraná, Brasil. Cuadernos de Educación y Desarrollo, 15(10), 10268-10286, 2023.

MACEDO, H. R. et al. Use of geotechnologies to promote the sustainable expansion of fish farming: an analysis for the municipality of Chopinzinho, Brazil. Concilium, v. 24, n. 6, p. 31-43, 2024.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. Anuário do Instituto de Geociências–UFRJ, 37(2), 16-22, 2014.

MORSOLETO, F. M. Da S. et al. Caracterização da morfometria da microbacia hidrográfica do rio Cavernoso: subsídios para o planejamento sustentável da piscicultura. Caderno Pedagógico, v. 20, n. 3, p. 1280-1295, 2023.

PANZERA, N. et al. Microbacia do rio Santa Quitéria: uma análise do aporte de nutrientes dos viveiros escavados utilizados na piscicultura. Concilium, v. 24, n. 18, p. 222-235, 2024.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project, 2021.

SÁ, M. Limnocultura: limnologia para aquicultura. São Paulo: Blucher, 2023.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Uso racional da água em aquicultura. Jaboticabal/SP: Funep, 2013.

SOUZA, E. C. P. M. Piscicultura fundamental. NBL Editora, 1999.

SOUZA, H. S.; DE RABELO, N. C.; ANNA, S. Conflito por uso de recursos hídricos: Estudo de caso da bacia do Ribeirão Santa Isabel. Humanidades e Tecnologia (FINOM), v. 22, n. 1, p. 129-144, 2020.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. EarthExplorer. 2021.

WERNECK, P. R. et al. 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.

WERNECK, P. R. et al. Estimativa de aporte de Nitrogênio e Fósforo da piscicultura na sub-bacia hidrográfica do Arroio Guaçu. Caderno Pedagógico, v. 21, n. 10, p. e9125-e9125, 2024a.

WERNECK, P. R.; MACEDO, H. R.; DE ARAUJO, A. T.; FRANCISCO, H. R.; FEIDEN, A. Analysis of the physical and morphological aspects of a hydrographic watershed with critical areas for the use of water resources, Brazil. Revista de Gestão Social e Ambiental, 18(12), 1-18, 2024b.