ISSN: 1696-8352

Análise das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, no extremo oeste do Paraná, e seu uso para piscicultura

Hydrological analysis of the Apepu and Bangu micro-watersheds in western Paraná and their potential for aquaculture use

Análisis hidrológico de las microcuencas del arroyo Apepu y de la Sanga Bangu en el extremo occidental de Paraná, y su potencial uso para el desarrollo de la acuicultura

DOI: 10.55905/oelv23n8-020

Receipt of originals: 7/4/2025
Acceptance for publication: 7/31/2025

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

Analice Timoteo de Araujo
Mestranda em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil
E-mail: analice.t.araujo@gmail.com

David Borovicz Carvalho da Silva de Jesus
Mestrando em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil
E-mail: david.engaqui@gmail.com

Katianne Santos Freitas
Doutoranda em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil
E-mail: katy.bio@hotmail.com

Aldi Feiden
Doutor em Ciências
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)
Endereço: Toledo, Paraná, Brasil
E-mail: aldifeiden@gmail.com

ISSN: 1696-8352

RESUMO

O presente estudo analisa as microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, e seu uso para piscicultura, localizadas no município de Marechal Cândido Rondon, no extremo oeste do Paraná, com seus exutórios no reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu Binacional. O enfoque foi sobre as alterações morfológicas e hidrológicas decorrentes das ações humanas. O objetivo foi caracterizar a morfologia, morfometria, uso e ocupação do solo e seu uso para piscicultura, além da análise do aporte de nitrogênio e fósforo da atividade instalada atualmente. Para tanto, foi empregada metodologia baseada em geotecnologias, utilizando imagens de sensoriamento remoto, Modelos Digitais de Elevação e softwares livres como QGIS e GRASS GIS para delimitação da bacia e geração de mapas temáticos. Os resultados apontam uma área de 34,37 km², formas alongadas, baixa densidade de drenagem e predominância de áreas agrícolas, seguido por formações florestais, pastagens e viveiros de piscicultura. Destaca-se ainda um tempo de concentração hidráulica de aproximadamente 3 horas e 13 minutos, indicando baixa tendência a enchentes e boa infiltração da água no solo. A pesquisa reforça a importância da gestão integrada e do planejamento territorial na conservação dos recursos hídricos, para promover uma piscicultura ambientalmente sustentável, com promoção do desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Aquicultura, Geotecnologias, Planejamento Rural, Uso e Ocupação do Solo.

ABSTRACT

This study examines the hydrographic characteristics of the Apepu and Bangu micro-watersheds, located in the municipality of Marechal Cândido Rondon in the extreme western region of Paraná, Brazil, whose outlets discharge into the Itaipu Binational hydroelectric reservoir. The analysis focuses on morphometric and hydrological changes resulting from anthropogenic activities. The aim is to characterize watershed morphology, morphometry, land use and land cover, and assess their suitability for aquaculture development, along with the quantification of nitrogen and phosphorus inputs from current fish farming activities. The methodology is based on geotechnology applications, incorporating remote sensing data, Digital Elevation Models (DEMs), and open-source GIS software such as QGIS and GRASS GIS to delineate watershed boundaries and generate thematic maps. Results indicate a total catchment area of 34.37 km² with elongated basin shapes, low drainage density, and predominance of agricultural land, followed by forest formations, pasture areas, and aquaculture ponds. A calculated hydraulic concentration time of approximately 3 hours and 13 minutes suggests low flood susceptibility and favorable water infiltration rates. The findings underscore the importance of integrated watershed management and land-use planning for the conservation of water resources and the promotion of environmentally sustainable aquaculture, aligned with regional development goals.

Keywords: Aquaculture, Geotechnologies, Rural Planning and Land Use and Land Cover.

ISSN: 1696-8352

RESUMEN
El presente estudio analiza las microcuencas hidrográficas del arroyo Apepu y de la Sanga Bangu, ubicadas en el municipio de Marechal Cândido Rondon, en el extremo occidental del estado de Paraná (Brasil), cuyos exutorios desembocan en el embalse de la central hidroeléctrica binacional de Itaipú. El enfoque se centra en las alteraciones morfológicas e hidrológicas derivadas de las actividades antrópicas. El objetivo principal fue caracterizar la morfología, la morfometría, el uso y la ocupación del suelo, así como evaluar su aptitud para la acuicultura, además de analizar la carga de nitrógeno y fósforo proveniente de la actividad piscícola actualmente instalada. Para ello, se empleó una metodología basada en geotecnologías, utilizando imágenes de sensores remotos, Modelos Digitales de Elevación (MDE) y software libre como QGIS y GRASS GIS para la delimitación de las cuencas y la generación de mapas temáticos. Los resultados señalan un área de 34,37 km², con formas alargadas, baja densidad de drenaje y predominancia de áreas agrícolas, seguidas por formaciones forestales, pastizales y estanques de acuicultura. Además, se destaca un tiempo de concentración hidráulica estimado en aproximadamente 3 horas y 13 minutos, lo que indica una baja susceptibilidad a inundaciones y una buena infiltración de agua en el suelo. La investigación refuerza la relevancia de la gestión integrada de cuencas y del ordenamiento territorial en la conservación de los recursos hídricos, promoviendo una acuicultura ambientalmente sostenible y orientada al desarrollo regional.

Palabras clave: Acuicultura, Geotecnologías, Planificación Rural y Uso y Ocupación del Suelo.

1 INTRODUÇÃO

As ações antrópicas podem modificar as características morfológicas de ambientes naturais, como por exemplo, das bacias hidrográficas, provocando ao longo do tempo, alterações nas dinâmicas das águas, reduzindo a disponibilidade hídrica pelo desmatamento, impermeabilização do solo e assoreamentos, esses fatores reduzem o espaço natural dos canais fluviais (Aparecido et al., 2016).

Ocupações de solo irregulares como nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), aumentam os riscos substanciais, sobretudo em regiões de várzea, onde apresentam terreno adjacente aos cursos d'água. Ocorrências de precipitação pluviométrica elevada potencializam os riscos associados, culminando em episódios de inundação (Pirolli, 2022). Dessa forma, a mitigação desses impactos depende do planejamento adequado do uso do solo e da implementação de uma gestão integrada e

ISSN: 1696-8352

eficiente das bacias hidrográficas em ambientes urbanos e rurais.

A geotecnologia, conjunto de ferramentas utilizadas em estudos ambientais, são os mais adequados para monitorar essas áreas que sofrem ações antrópicas (Parnhos Filho et al.,2021). Essas ferramentas incluem o sensoriamento remoto, o georreferenciamento e a elaboração de mapas digitais, que tornam mais fáceis os estudos, avaliações e planejamentos em áreas urbana, agrícula, recursos hídricos e aquicultura.

O presente estudo avaliou duas microbacias hidrográficas do município de Marechal Cândido Rondon, pertencente a região do extremo oeste do estado do Paraná, cujo território possui 745,639 km², constituído por oito distritos: Margarida, Porto Mendes, Iguiporã, Novo Três Passos, São Roque, Novo Horizonte, Bom Jardim e Bela Vista. As suas principais atividades agropecuárias são agricultura (soja e milho), Suinocultura, avicultura de corte, bovinocultura de leite, pesca e aquicultura, possuindo áreas de pesca profissional ao longo do reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu Binancional, e cerca de 540 hectares de áreas aquícolas. A produção piscícola baseia-se na produção de tilápia, carpas, e pacu + patinga, com produção de 7.260,000 Kg; 26.000 Kg, e 15.000 Kg, respectivamente, totalizando uma receita anual de R$ 54.860.000,00. Além das recria e terminação de peixes, no município há também produção de alevinos, sendo 20.145 milheiros com valor de R$ 5.943,00 (IPARDES, 2025).

O objetivo do presente estudo busca avaliar a morfologia, morfometria, a atividade da piscicultura e o aporte dos nutrientes de nitrogênio e fósforo nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, e seu uso para piscicultura.

2 MATERIAL E MÉTODO

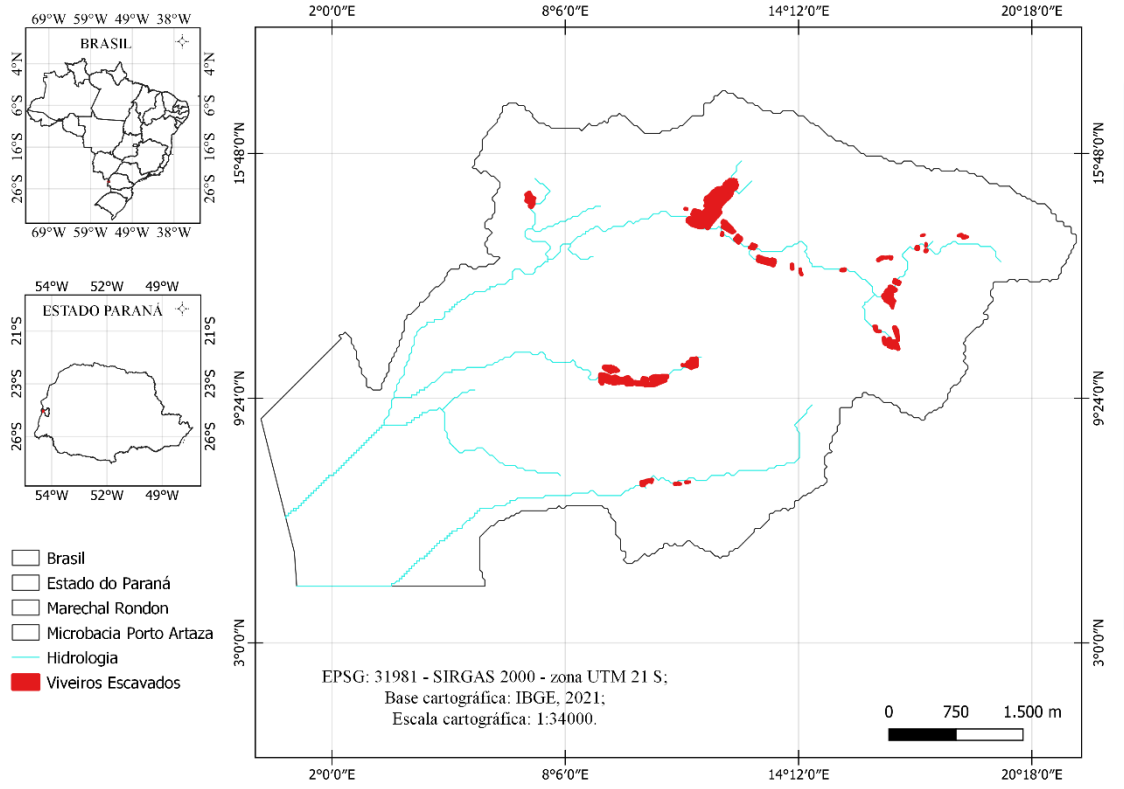
2.1 LOCAL DE ESTUDO

As microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, e seu uso para piscicultura localiza-se no município de Marechal Cândido Rondon (Figura 1), região oeste do estado do Paraná, seu exultório localizado na margem direita do reservatório da hidrelétrica de Itaipu Binacional. O clima é caracterizado como Subtropical Mesotérmico,

ISSN: 1696-8352

denominado como Cfa segundo Köppen-Geiger (1936), o município possui uma altitude média de 313,65 m, temperatura média de 21,1 ºC e chuvas aproximadas 1726 mm anuais. (Alvares et al. 2013).

Figura 1. Mapeamento das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, e seu uso para piscicultura, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná, Brasil.



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

2.2 DELIMITAÇÃO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

A delimitação foi realizada utilizando o Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução de 30 metros, o raster do MDE foi obtido no site da *United States Geological Survey* (USGS, 2021). A delimitação iniciou-se utilizando o algoritmo *r.fill.dir*, que é utilizado para retirar as irregularidades do MDE. Tanto a microbacia como a hidrologia foram realizados capturando as coordenadas do exultório do rio principal, no caso no reservatório da usina hidrelétrica de Itaipu Binacional, com o *software Geographic Resources Analysis Support System* – (GRASS), seguido pela utilização do algoritmo

ISSN: 1696-8352

r.watershed, utilizado para delimitar a drenagem e o fluxo dos canais das microbacias. O algoritmo *r.water.outlet*, delimita a bacia e a hidrologia, ambos no formato raster, que foram vetorizados com a utilização do algoritmo *r.to vect*. (Da Silva Morsoleto et al., 2023). Todos os algoritimos utilizados para a delimitação das microbacias, são nativos do *software* QGIS (QGIS Development Team, 2021)

2.3ANÁLISE FíSICA

A caracterização das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu foi realizada considerando três aspectos fundamentais: declividade e hipsometria, tipos de solos, uso e ocupação do solo. Para gerar os mapas de declividade e hipsometria, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) no software QGIS 3.22.14 (QGIS, 2021)., empregando o algoritmo *r.report* do GRASS, conforme as metodologias descritas por Macedo et al. (2023) e Werneck et al. (2023). A análise dos tipos de solos baseou-se em dados vetoriais da EMBRAPA na escala de 1:250.000, seguindo as abordagens de Francisco et al. (2019) e Silva Morsoleto et al. (2023), sendo os cálculos realizados por meio da calculadora de atributos do QGIS. Quanto ao uso e ocupação do solo, os dados foram obtidos na plataforma MapBiomas (MapBiomas, 2022), no formato raster, com escala de 1:100.000 e resolução espacial de 30 metros, e processados utilizando o algoritmo *r.report*, ferramenta nativa do GRASS dentro do software QGIS.

2.4 MORFOLOGIA E MORFOMETRIA DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Os cálculos morfológicos demonstrado na Tabela 1 e morfométricos são realizados na tabela de atributos dos *shapefile*, por meio da calculadora de atributos. Os cálculos morfométricos realizados foram: área da bacia (A), perímetro da bacia (P), comprimento do rio principal (L), comprimento dos canais (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) como realizado na microbacia do rio Açu, realizado por Luiz Junior et al. (2024)

ISSN: 1696-8352

Tabela 1. Índices morfométricos, fórmulas, e descrição dos atributos utilizados nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, Município de Marechal Cândido Rondon, oeste 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	$Is = \frac{100 \times (L - Lr)}{L}$	*L: Comprimento do rio principal (m);* *Lr: Comprimento do talvegue do rio principal (m)*
Er - Razão do alongamento	$Er = 1{,}128 \times \frac{\sqrt{A}}{E}$	*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 Araujo et al. 2025.

2.5 ANÁLISE DOS VIVEIROS ESCAVADOS

A delimitação dos viveiros escavados nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu foi feita por meio da sobreposição de dados do Google Earth no QGIS. Nessa etapa, foram identificados como viveiros escavados os polígonos que apresentavam características específicas de piscicultura, incluindo áreas destinadas à despesca, presença de equipamentos voltados para aquicultura, galpões próximos e outros aspectos estruturais relacionados à atividade, com base no procedimento realizado no estudo realizado por Werneck et al. 2024.

Os viveiros escavados foram classificados em três classes:

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

Os viveiros escavados com áreas inferiores a 300 m², são desclassificadas por não serem consideradas área produtivas comercialmente (Da Silva Morsoleto et al., 2022).

ISSN: 1696-8352

2.6 APORTE DE NITROGÊNIO TOTAL E FÓSFORO TOTAL

A estimativa da descarga residual de nutrientes nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, decorrente da piscicultura em viveiros escavados, foi calculada com base no estudo de Coldebella et al. (2020). Para essa determinação, foram consideradas a área de cultivo e a biomassa média produzida, correspondente a 5 kg por m² de superfície de água, aplicável aos viveiros escavados que foram mapeados e classificados neste estudo. Os valores de referência utilizados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores estimados de aporte de Nitrogênio Total e Fósforo Total por classe de viveiros escavados, durante o cultivo e a despesca, considerando densidade média de estocagem de 5 kg/m².

Classes	Tamanho (m²)	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

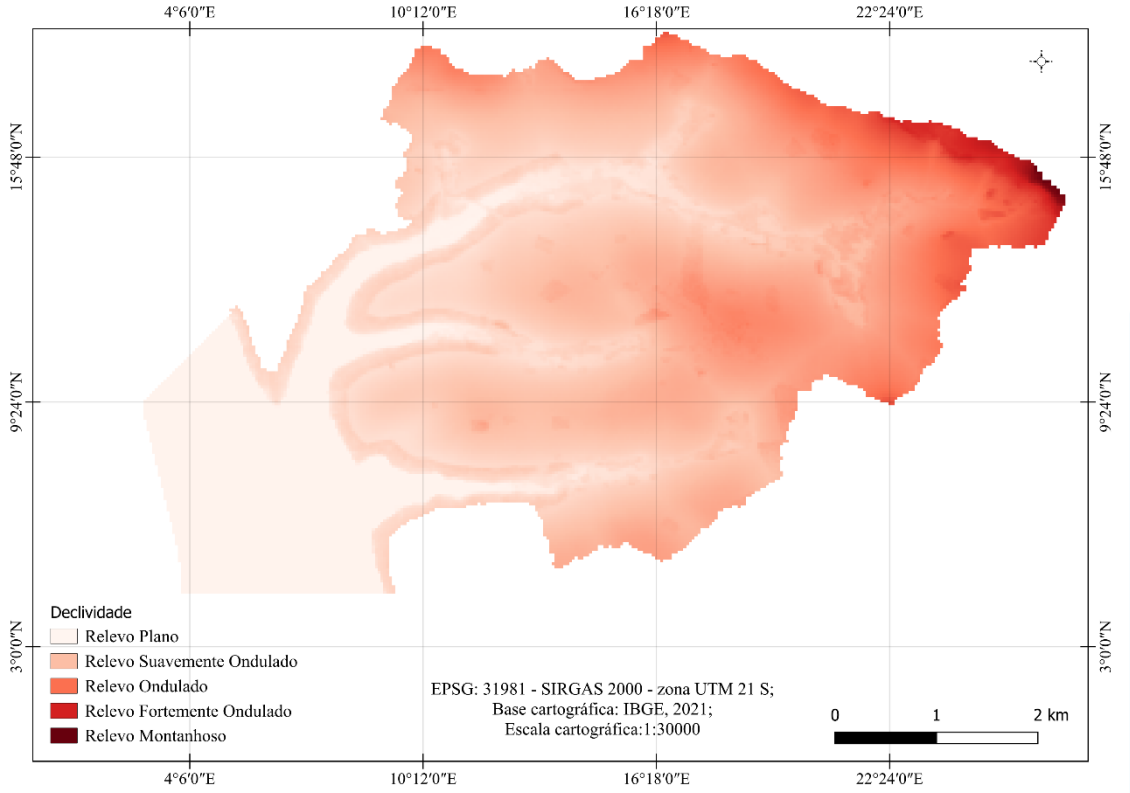
Fonte: adaptado de Coldebella et al. (2020)

3 RESULTADOS

Os relevos das microbacias hidrogeáficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu é predominantemente dividido em dois relevos, plano e suavemente ondulado conforme demonstrado na figura 2. Relevos este que de acordo com Francisco et al. (2019) possuem boas características para construção de viveiros devido a baixa inclinação tais como 0 % a 5% de inclinação, porém, quanto maior a inclinação do terreno, maior é o custo de hora máquina para efetuar os cortes e os aterros necessário para a construção dos viveiros escavados, assim como descrito por Klein et al. (2023), resultado também encontrado na microbacia hidrográfica do rio São Camilo, por Macedo et al. (2024).

ISSN: 1696-8352

Figura 2. Distribuição das declividades nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

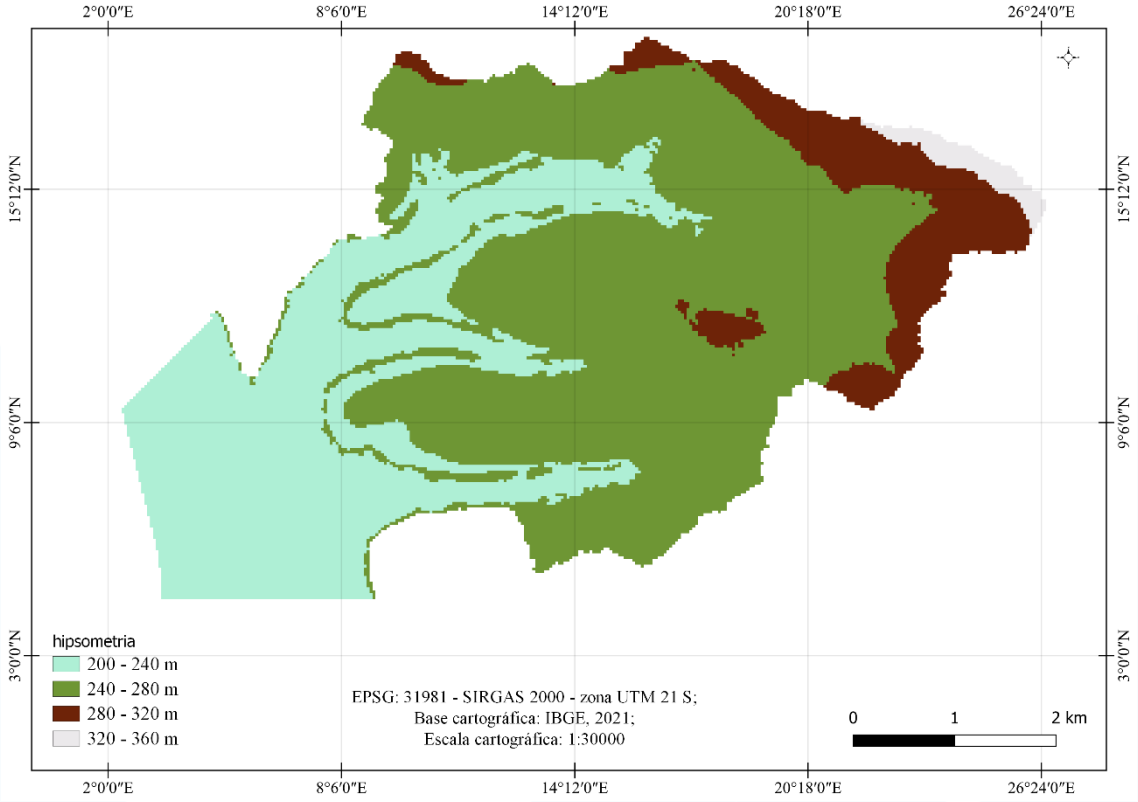


Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Conforme demonstrado pela figura 3, as microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu possuí quatro (4) faixas. A maior área observada foi a primeira faixa dos 200 aos 240 m, com área de 1819.87 ha correspondente a (52,96%), seguida pela segunda faixa dos 240 aos 280 m, englobando área de 1500.21 ha (43,65%), a terceira faixa hipsométrica foi a 280 até os 320 metros, com área de 111.28 ha (3,24%) e a quarta faixa dos 320 aos 360 metros de altitude, possuindo área de 5.37 ha (0,15%). Área com altitudes até 1000 metros de altitudes são consideradas como baixas montanhas o que é uma boa característica para implementações de viveiros escavados.

ISSN: 1696-8352

Figura 3. Mapa hipsométrico das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, município de Marechal Cândido Rondon, Paraná.



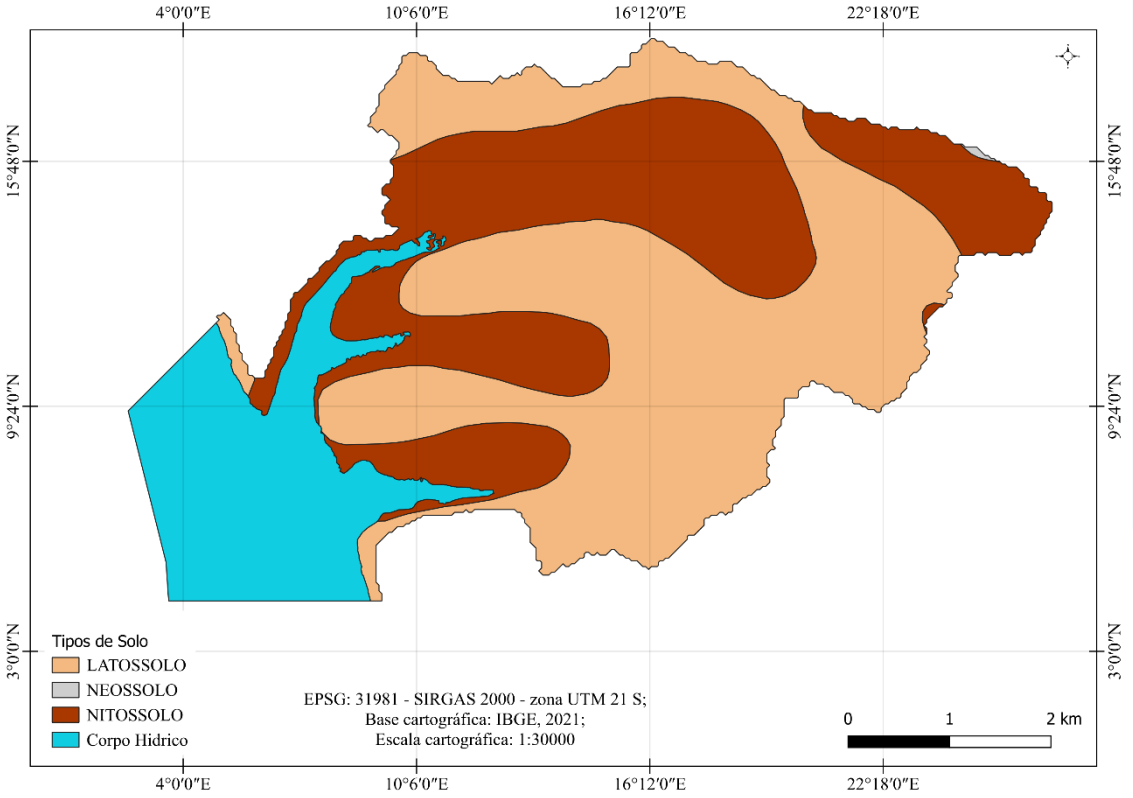
Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Foram encontrados três (3) tipos diferentes de solos nas microbacias: entre eles o Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Neossolo Regolitico nesta ordem de tamanho de áreas como demonstrado na Figura 4. LATOSSOLO VERMELHO, possui área de 1.532,78 ha (58,25%), o qual é um tipo de solo constituída por material mineral, são solos com matriz 2,5 YR ou mais vermelho na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B, contêm altos teores de óxidos de ferro, como hematita, que conferem a tonalidade avermelhada intensa. NITOSSOLO VERMELHO, com área de 1.096,86 ha (41,68%), é um tipo de solo caracterizado por sua cor avermelhada intensa, devido à presença de óxidos de ferro. Ele possui textura argilosa a muito argilosa, estrutura bem desenvolvida em blocos e alta fertilidade natural, sendo amplamente utilizado na agricultura. NEOSSOLO REGOLITICO, tem área de 1,82 ha (0,07%), são solos pouco desenvolvidos, geralmente de textura arenosa, que apresentam alta erodibilidade, especialmente em áreas de declive (EMBRAPA, 2018).

ISSN: 1696-8352

Assim como observado por Francisco et al. (2019), os tipos de solos Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho, possuem boas características para a construção e implantação de viveiros escavados e pisciculturas, os mesmos resultados foram encontrados pelo estudo de Da Silva Morsoleto et al. 2024 em caracterização de solos do Rio Toledo.

Figura 4. Distribuição dos tipos de solos das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.

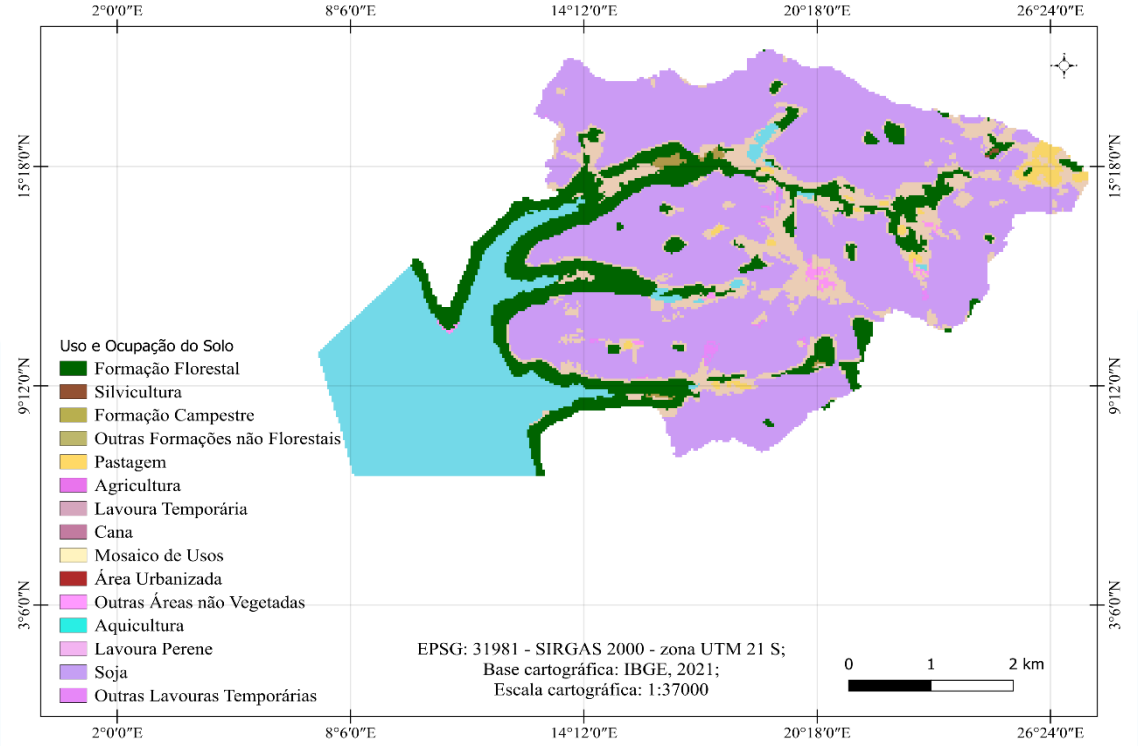


Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Foram encontrados 15 tipos diferentes de uso e ocupação do solo nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu (Figura 5), as maiores áreas encontradas na microbacia foram as áreas agricultáveis em suas diversas classes (lavouras temporárias, soja, lavouras perenes, outras áreas não vegetadas e cana-de-açúcar), em seguida, áreas de formação florestal, seguido por áreas de formação campestre e formações não florestadas, áreas de pastagens e por fim a silvicultura e áreas urbanizadas.

ISSN: 1696-8352

Figura 5. Classificação dos usos e ocupações do solo nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, Marechal Cândido Rondon, Paraná.



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

De acordo com os índices morfométricos calculados, as microbacias do córrego Apepu e da Sanga Bangu possuem uma área de 34,37 km² (A), um comprimento axial de 10.580,67 metros (E), e o comprimento do seu curso principal é de 14.979,71 metros (L). A extensão total dos cursos d'água na bacia (Lt) é de 37.053,99 metros, enquanto o comprimento vetorial entre os extremos do curso principal (Lr) alcança 9.667,92 metros. A amplitude altimétrica da bacia é de 151 metros (H).

Conforme os índices morfométricos detalhados na tabela 3, com valores de Kc = 1,63, F = 0,31, Ic = 0,37 e Er = 0,67, conclui-se que a forma da microbacia apresenta uma característica alongada a alongada-comprida. Ademais, esses resultados interpretam que a bacia possui baixa tendência a ocorrer enchentes e mostra sinais de conservação hídrica, de acordo com Dornellas et al. (2020). Tal padrão é semelhante ao observado na bacia do rio Branco por Werneck et al. (2023).

A densidade de drenagem (Dd = 1,08) é considerada do tipo baixo, o qual é interpretado ambientalmente como os canais possuem baixo escoamento superficial e

ISSN: 1696-8352

maior infiltração da água no solo, assim como descrito por Vale et al. 2021, resultado este semelhante ao encontrado no Rio Ocoy por Werneck et al. 2024.

O índice de sinuosidade (Is = 35,46) revela que os canais da microbacia pertencem à classe divagante, conforme fundamentado por Romero et al. (2017). Tal constatação sustenta a análise do tempo de concentração, que apresenta resultados compatíveis com o tempo de condução da água no corpo hídrico. Esses achados coincidem com os dados observados na bacia do rio Açu, conforme relatado por Luiz Junior et al. (2024).

Considera-se o tempo de concentração como o período decorrido desde a precipitação até a chegada da água ao exutório do rio, expresso em minutos. A estimativa obtida neste estudo foi de 193 minutos, equivalente a três horas e treze minutos, conforme os valores reportados por Almeida et al. (2013).

Tabela 3. Resultados dos índices morfométricos das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná, Brasil.

Índices Morfométricos	Resultado
Kc	1,63
F	0,31
Ic	0,37
Er	0,62
Dd	1,08
Tc	188,10
Is	35,46
Rv	0,004

Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

Foram mapeados e classificados o total de 92 viveiros escavados, correspondendo a 29,77 ha de lâmina de água, próximos aos valores encontrados no Rio Toledo pelo estudo de Da Silva Morsoleto et al. 2024. Sendo os viveiros mais abundantes, os da classe I de pequeno porte com 58 viveiros correspondendo a (63,04%), o que pode demonstrar que são viveiros em propriedades familiares. Já as lâminas de água mais encontradas foram na classe III, cujo são viveiros de grande porte (13,5 ha ou (45,35%) como podemos verificar na tabela 4.

ISSN: 1696-8352

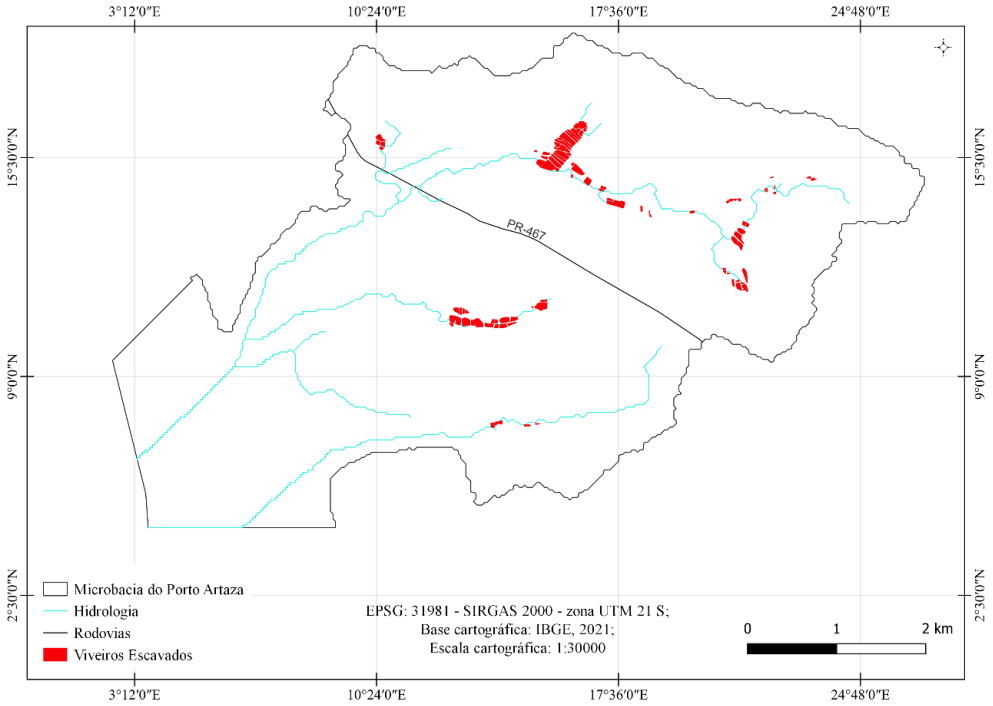
Tabela 4. Resultados dos viveiros escavados e lâmina de água localizadas nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, localizada no município de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná, Brasil.

Classe	Tamanho (m²)	Nº viveiros	% Viveiros	Área viveiros	% viveiros
I	300 até 3000	58	63,04	7,21	24,22
II	3001 até 6000	20	21,74	9,06	30,43
III	>6001	14	15,22	13,5	45,35
Total		92	100	29,77	100

Fontes: adaptado de Werneck et al. (2023b).

A distribuição espacial dos 58 viveiros escavados, bem como a presença da rodovia PR–467, única via de transporte localizada na área das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, com extensão de 4,98 km — encontra-se representada na Figura 6.

Figura 6. Representação dos viveiros escavados e das rodovias presentes nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, situada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil.



Fonte: elaborado pelos autores, 2025.

A estimativa do aporte de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) resultou num total de 72,80 ton/ha durante a criação e 4,09 ton/ha, durante a despesca, fornecendo a razão de N/P de 5/1 e 2/1, respectivamente. Durante o período de criação, a relação de N/P foi de

ISSN: 1696-8352

5/1, enquanto na fase de despesca, essa relação foi de 2/1, valores considerados baixos, pois estão abaixo do limite de 15/1, semelhante ao observado no rio Guaçu, segundo Werneck et al. (2024).

A classe que apresentou a maior biomassa estimada foi a classe III (grande porte), com 675 toneladas por hectare. No campo da criação, a classe III também foi a que apresentou o maior aporte de nutrientes, com valores de NT = 27,75 e PT = 7,24 respectivamente, durante a despesca, o maior aporte de nitrogênio (NT = 1,10), enquanto o maior aporte de fósforo (PT = 0,23) foi observado na classe II, conforme evidenciado na Tabela 5.Niveis elevados de nitrogênio e fósforo, podem levar à eutrofização do corpo hídrico, estimulando o desenvolvimento de espécies do grupo das cianobactérias, capazes de fixar esse nutriente conforme destacado por Vidal e Capelo Neto (2014) e Araujo et al. (2025).

Tabela 5. Resultados da estimativa do aporte de Nitrogênio Total (N) e Fósforo Total (P) analisado durante a criação e a despesca em viveiros escavados das microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu, situada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil, considerando uma densidade de 5 kg de peixe por m² ao longo de 9 meses.

			Criação (9 meses)		Despesca	
Classe	Biomassa (Ton/ha)	Área (ha)	N Total (ton.)	P Total (ton.)	N Total (ton.)	P Total (ton.)
I	360,5	7,21	14,76	1,88	0,39	0,12
II	453	9,06	17,67	3,50	1,09	0,23
III	675	13,5	27,75	7,24	1,10	0,16
Total	1.488,5	29,77	60,18	12,62	2,58	1,51

Fonte: adaptado de Coldebella (2020).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se com base na análise dos dados e estudos apresentados a importância de compreender as dinâmicas hidrológicas, ambientais e de uso do solo nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu. Os resultados indicam que as condições ambientais revelam potencial para a expansão da atividade aquícola, sobretudo considerando-se os parâmetros morfométricos e o atual aporte de efluentes, no corpo receptor. Ademais, a gestão integrada e sustentável dessas áreas é fundamental para minimizar impactos ambientais, como a eutrofização, e promover o desenvolvimento

ISSN: 1696-8352

econômico responsável. Portanto, recomenda-se a implementação de estratégias de manejo que conciliem o uso produtivo dos recursos com a preservação ambiental.

Os resultados deste trabalho têm o potencial de contribuir significativamente tanto para a sociedade quanto para a comunidade acadêmica. No âmbito da gestão pública, eles podem orientar o desenvolvimento de novas áreas produtivas e aprimorar estratégias de planejamento. Já para a academia, os dados obtidos podem servir de base para futuras pesquisas científicas nas microbacias hidrográficas do córrego Apepu e da Sanga Bangu.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos de longo prazo que considerem as variações sazonais e climáticas, monitoramento contínuo da qualidade da água e do solo, e a incorporação de análises socioeconômicas para compreender melhor os impactos da piscicultura na comunidade local. Ademais, investigações sobre técnicas de manejo sustentável que reduzam o impacto ambiental e estudos comparativos entre diferentes sistemas de produção aquícola poderão fortalecer ainda mais a base científica para o desenvolvimento integrado da região.

AGRADECIMENTO

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

Agradecemos o apoio técnicodo Grupo de Estudos de Manejo naAquicultura (GEMAq) e apoio logístico do Centro de Referência em Nutrição e Piscicultura de Toledo (CERNUPI), e suporte tecnológico do Instituto Água Viva de Pesquisa e Extensão em Aquicultura e Pesca Sustentáveis, Meio Ambiente e Proc. de Rec. Pesqueiros.

ISSN: 1696-8352

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. *Irriga*, v. 21, n. 2, p. 239, 2016.

ARAUJO, Analice Timoteo de et al. Análises morfométricas e aportes orgânicos da microbacia do rio Baiano, município de Assis Chateaubriand, Brasil. *Aracê*, v. 7, n. 1, p. 1430-1445, 2025.

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, 2020.

DA SILVA MORSOLETO, Felipe Misael et al. Análise da microbacia hidrográfica do rio Arroio Fundo como possível aplicação em viveiros escavados para a piscicultura. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. e60029191, 2022.

DA SILVA MORSOLETO, Felipe Misael 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.

DA SILVA MORSOLETO, Felipe Misael et al. Caracterização geomorfológica, localização e quantificação dos viveiros escavados para piscicultura na microbacia hidrográfica do rio Toledo, oeste do Paraná. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 4, p. e3539, 2024.

DE ALMEIDA, Isabel Kaufmann et al. Estimativa de tempo de concentração em bacia hidrográfica. 2013.

DORNELLAS, Patricia da Conceição et al. Análise morfométrica da bacia do alto rio Paraíba, região semiárida do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, p. 1757, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 353 p., 2018.

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*, v. 8, n. 9, p. 394, 2019.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Caderno estatístico do município de Marechal Cândido Rondon*. 2025.

JUNIOR, Olavo José Luiz 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, 2024.

ISSN: 1696-8352

KLEIN, Wagner Lopes et al. Características ambientais da microbacia hidrográfica do rio São Luiz para subsidiar o planejamento sustentável da piscicultura. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 10, p. 10139-10158, 2023.

KÖPPEN, Wladimir. Das geographische System der Klimate. *Handbuch der Klimatologie*, 1936.

MACEDO, Humberto Rodrigues 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*, v. 15, n. 10, p. 10268-10286, 2023.

MACEDO, Humberto Rodrigues et al. Estimation of nutrient discharge from fish farming in the São Camilo River micro-watershed, Brazil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 18, n. 8, p. e08520, 2024. DOI: 10.24857/rgsa.v18n8-183. Disponível em: https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/8520. Acesso em: 13 jun. 2025.

MAPBIOMAS. Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. 2022. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

PARANHOS, A. C. et al. *Geotecnologias para aplicações ambientais*. UNIEDUSUL, 394 p., 2021.

PIROLI, Edson Luís. *Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas*. São Paulo, p. 17-21, 2022.

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

ROMERO, Vanessa; FORMIGA, Klebber Teodomiro Martins; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. 2017.

USGS – United States Geological Survey. *EarthExplorer*, 2021. Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/.

VALE, J. R. B.; COSTA, L. S.; PIMENTEL, M. A. S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mocajuba, Zona Costeira Amazônica. *Geosul*, v. 36, n. 78, p. 537-557, 2021.

VIDAL, Ticiana F.; CAPELO NETO, José. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 402-407, 2014.

WERNECK, Pedro Rondon et al. Análise da piscicultura, aporte de nutrientes e produção da microbacia hidrográfica do rio Ocoy. *Aracê*, v. 6, n. 4, p. 14677-14691, 2024.

ISSN: 1696-8352

WERNECK, Pedro Rondon 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*, v. 21, n. 5, p. 2749-2773, 2023.

WERNECK, Pedro Rondon 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, 2024.