

Análise da microbacia hidrográfica do rio Arroio Fundo como possível aplicação em viveiros escavados para a piscicultura

Analysis of the Arroyo Fundo micro river basin as a possible application in excavated ponds for fish farming

Análisis de la microcuenca del río Arroio Fundo como posible aplicación en esviveiros escavados para piscicultura

Recebido: 13/04/2022 | Revisado: 20/04/2022 | Aceito: 08/05/2022 | Publicado: 13/05/2022

Felipe Misael da Silva Morsoleto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4802-0399>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: felipe_morsoleto@yahoo.com.br

Nathalia Pereira Japeniski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1560-294X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: nathalia.japeniski@unioeste.br

Pedro Rondon Werneck

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8729-5259>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: prondonwerneck@gmail.com

Karen Carrilho da Silva Lira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9236-4730>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: karenkrrilho@gmail.com

Humberto Rodrigues Francisco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4046-8321>
Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil
E-mail: humberto.uffs@gmail.com

Fabio Bittencourt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5894-7158>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: bitanca@hotmail.com

Altevir Signor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4659-6466>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: altevir.signor@gmail.com

Aldi Feiden

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6823-9291>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: aldifeiden@gmail.com

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a microbacia hidrográfica do Arroio Fundo, localizada na margem esquerda do rio São Francisco Verdadeiro, nos municípios de Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon e Pato Bragado, no extremo Oeste do Paraná, região que é uma das maiores produtoras de pescado cultivado do país. Foi realizada a caracterização morfométrica da Microbacia, a localização, mapeamento e quantificação dos viveiros escavados utilizando geotecnologias. A microbacia apresenta área de 221,7 km², tem perfil alongado e baixo risco de enchentes, e foram mapeados 1.038 viveiros escavados, na sua grande maioria de pequeno porte, totalizando uma área de 226 hectares de viveiros. As maiores aglomerações de viveiros escavados estão situadas na região abaixo da microbacia, próximos a sua foz. As ferramentas de georreferenciamento foram eficientes para a localização, mapeamento e quantificação das áreas e aglomerações de unidades piscícolas, e podem ser importantes para uso na análise ambiental e da cadeia produtiva da piscicultura, por gestores públicos e privados.

Palavras-chave: Delimitação; Piscicultura; Produção familiar; Produção de peixes.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the Arroio Fundo basin, located on the left bank of the São Francisco Verdadeiro River, in the municipalities of Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon and Pato Bragado, in the extreme west of Paraná, a region that is one of the largest producers of water farmed fish in the country. The morphometric

characterization of the Microbasin was carried out, as well as the location, mapping and quantification of the excavated ponds using geotechnologies. The microbasin has an area of 221.7 km², has an elongated profile and low risk of flooding, and 1,038 excavated ponds were mapped, most of them small, totaling an area of 226 hectares of ponds. The largest agglomerations of excavated ponds are located in the region below the microbasin, close to its mouth. Georeferencing tools were efficient for locating, mapping and quantifying areas and agglomerations of fish farming units, and can be important for use in environmental analysis and in the fish farming production chain, by public and private managers.

Keywords: Delimitation; Fish farming; Family production; Fish production.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la cuenca del Arroio Fundo, ubicada en la margen izquierda del río São Francisco Verdadeiro, en los municipios de Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon y Pato Bragado, en el extremo oeste de Paraná, región que es uno de los mayores productores de agua y pescado de cultivo en el país. Se realizó la caracterización morfométrica de la Microcuenca, así como la ubicación, mapeo y cuantificación de las pozas excavadas mediante geotecnologías. La microcuenca tiene una superficie de 221,7 km², tiene un perfil alargado y bajo riesgo de inundación, y se mapearon 1.038 pozas excavadas, la mayoría de pequeño tamaño, totalizando una superficie de 226 hectáreas de pozas. Las mayores aglomeraciones de estanques excavados se ubican en la región debajo de la microcuenca, cerca de su desembocadura. Las herramientas de georreferenciación resultaron eficientes para ubicar, mapear y cuantificar áreas y aglomeraciones de unidades piscícolas, y pueden ser importantes para su uso en análisis ambientales y en la cadena productiva piscícola, por parte de gestores públicos y privados.

Palabras clave: Delimitación; Piscicultura; Producción familiar; Producción pesquera.

1. Introdução

A piscicultura paranaense é explorada, em sua maioria, por viveiros escavados em propriedades de exploração familiar. Com a intensificação da atividade, muitos viveiros precisam ser remodelados e adequados a uma estrutura de produção agroindustrial (Coldebella *et al.*, 2020). Os dados referentes a produção aquícola de 2020 (IBGE, 2021) mostram que a produção do Paraná foi de 140 mil toneladas, representando 17,5% do total nacional, e a região Oeste concentra a maior parte desta produção, como exemplo de destaque na produção, temos: Nova Aurora com 19,8 mil toneladas; Palotina com 10,5 mil toneladas e Toledo com 10,6 mil toneladas. Na microrregião de Toledo destacam-se, além do próprio município, os municípios estudados de Marechal Cândido Rondon com 5 mil toneladas; Quatro Pontes com 3,5 mil toneladas e Pato Bragado com 800 toneladas. A maior parte da produção piscícola destes três municípios situa-se nas microbacias do Arroio Fundo e do Arroio Marreco.

A piscicultura está inserida num planejamento de produção sustentável agropecuária, sendo que os gestores públicos e privados precisam se apoiar em estudos técnicos ambientais e de logística, e conhecer os ambientes em relação a localização das unidades de produção, sua proximidade aos cursos d'água, áreas de preservação permanente e estradas vicinais. Estes estudos podem auxiliar o ordenamento aquícola e licenciamento ambiental, visto que as características geológicas, de topografia, e de fragilidade ambiental são importantes para subsidiar uma produção crescente e sustentável (Lira *et al.*, 2022).

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica ou de uma região para avaliar os diferentes usos do solo e recursos hídricos contribui, de acordo com Menezes *et al.* (2014) para fornecer subsídios que auxiliam a tomada de decisão em projetos que envolvem o uso de recursos físicos da região.

Conhecer a ocupação do solo de uma bacia hidrográfica e a localização dos viveiros escavados utilizados para piscicultura é fundamental para a avaliação do comportamento dos seus recursos hídricos e de possíveis impactos ambientais que possam ser causados por atividades agropecuárias. A Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, da Política Nacional dos Recursos Hídricos define “bacia hidrográfica como o instrumento básico de gestão nos planos de recursos hídricos, para os estados e para o país, servindo como subsídio para o planejamento prévio e gestão das intervenções antrópicas”.

A localização, mapeamento e quantificação das áreas dos viveiros de pisciculturas localizadas na bacia hidrográfica, utilizando-se de geotecnologias, é uma ferramenta muito importante para ser utilizado por diferentes setores econômicos e ambientais, pois conforme Lira *et al.*, (2019), estes estudos fornecem informações para futuras pesquisas acerca do impacto ambiental causado pela piscicultura. Já Cardoso (2018) mostra que para os gestores ambientais responsáveis pela outorga e

licenciamento ambiental, conhecer a dinâmica dos nutrientes nas criações e as características físicas da bacia de drenagem para determinar a capacidade de suporte do ambiente de forma a não permitir licenciamentos que promovam impactos acima da capacidade de autodepuração dos cursos d'água.

De acordo com a classificação climática de Köppen o clima subtropical úmido mesotérmico do tipo climático Cfa (clima subtropical úmido), caracterizado por verões chuvosos e sem uma estação seca definida. A temperatura média no verão varia entre 18°C a 22°C nos meses mais frios. A precipitação anual apresenta cerca de 1500 mm, com verão chuvoso em torno de 450 mm e inverno com meses inferiores a 250 mm (Iapar, 1994). Fernandez (2016) afirma que as drenagens de dois afluentes do Arroio Fundo (Maltide-cuê e Borboleta) apresentam grandes índices de relevo, rugosidade e dissecação, são mais arredondados, densidade de drenagem mais alta e talwegues declivosos. Em função destas características morfométricas, os dois córregos apresentam risco de enchentes. Oliveira *et al.* (2008) mostraram que para a microbacia do Arroio Fundo as variações sazonais de alguns parâmetros limnológicos apresentaram forte correlação com as características naturais, como os períodos chuvosos.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a morfometria da microbacia hidrográfica do Arroio Fundo e localizar, quantificar e mapear os viveiros escavados como possível utilização para a piscicultura.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo sua localização e características

A área de estudo está localizada no extremo Oeste do estado do Paraná, determinada pela microbacia hidrográfica do Arroio Fundo e integra a bacia hidrográfica do Paraná III. A montante situa-se o município de Quatro Pontes, mas com maior parte da sua área em Marechal Cândido Rondon e a jusante, na sua margem direita, pertencente a Pato Bragado, ambos municípios próximos a Quatro Pontes. A drenagem é formada pelos rios Arroios Curvado, Ajuricaba e Fundo, junto com os rios Maltide-cuê, Borboleta e Sanga Furão. Oliveira *et al.* (2008) afirmam que nessa microbacia há cerca de 400 propriedades rurais, e dentre os vários usos múltiplos destacam-se a captação de água para consumo humano e de irrigação, área de lazer pública e corredor de dessedentação. Nesta área ainda há uma significativa produção aquícola, principalmente localizado no distrito de Margarida, no município de Marechal Cândido Rondon.

2.2 Delimitação da Bacia

Para a delimitação da bacia foram obtidas quatro imagens (SRTM1S25W054V3, SRTM1S25W055V3, SRTM1S26W054V3 e SRTM1S26W055V3) utilizando Modelo Digital de Elevação (MDE) oriundo da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de *1Arc-Second* equivalente a 30m. As cenas foram adquiridas da United States Geological Survey (USGS, 2021) e processadas no software QGIS, versão 3.4.12. Foi utilizado o algoritmo *r.fill.dir* para corrigir possíveis erros de continuidade nos valores dos pixels do MDE ocasionados por condições atmosféricas. A delimitação da bacia e as informações sobre a hidrografia foram realizadas através da captura de coordenadas do exutório do rio principal com auxílio do *software* GRASS usando os comandos *r.watershed* e *r.water.outlet*. 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 atributos da bacia como comprimento axial, comprimento do curso principal, altimetria, densidade de drenagem (D_d), índice de sinuosidade (I_s), razão de alongamento (E_r), fator de forma (K_f), tempo de concentração (T_c), razão de relevo relativo (R_v), índice de circularidade (I_c) e coeficiente de compacidade (K_c).

A Densidade de Drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia, e pode variar de 0,5 km x km² em bacias com pouca drenagem (pobre), a 3,5 km x km² ou mais em bacias com drenagens mais propícias (Villela & Mattos, 1975). A equação utilizada foi a seguinte:

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} L_t: \text{comprimento da rede de drenagem (km)} \\ A: \text{área da bacia (km}^2\text{)} \end{array} \quad \rightarrow D_d = \frac{L_t}{A/1000}$$

O Índice de Sinuosidade (I_s) é a relação entre a distância da desembocadura do rio até a nascente mais distante (medida em linha reta) e o comprimento do canal principal e foi calculada conforme Schumm (1963):

$$I_s = \frac{100x(L - L_r)}{L} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} L: \text{comprimento do rio principal (m)} \\ L_r: \text{comprimento do talvegue do rio principal (m)} \end{array}$$

A Razão do Alongamento, que é definida pelo diâmetro da área e o comprimento do eixo da bacia, foi calculado baseada em Miller (1953):

$$E_r = 1,128x \frac{\sqrt{A}}{E} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} A: \text{área da bacia (m}^2\text{)} \\ E: \text{comprimento do eixo da bacia (m)} \end{array}$$

O cálculo do Fator de Forma, que relaciona a bacia com um retângulo ($K_f = 1 =$ retangular), foi feito com base em Villela & Mattos (1975):

$$F = \frac{A}{E^2} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} A: \text{área da bacia (m}^2\text{)} \\ E: \text{comprimento do eixo da bacia (m)} \end{array}$$

Para o Tempo de Concentração, que define o tempo para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção (expresso em min), o cálculo foi baseado em Kirpich (1940):

$$\begin{aligned} T_c &= 57x \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} L: \text{comprimento do talvegue principal (km)} \\ H: \text{desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m)} \end{array} \quad \rightarrow T_c \\ &= 57x \left(\frac{(L/1000^3)}{H} \right)^{0,385} \end{aligned}$$

Para a definição do Relevo Relativo, que é a relação entre a amplitude altimétrica e o perímetro da bacia, onde quanto mais o valor se aproxima de zero, mais plano é a bacia (expresso em m.m⁻¹) foi aplicada a fórmula de Schumm (1956):

$$Rv = \frac{H}{P} \text{ onde: } P: \text{perímetro da bacia (m)} \\ H: \text{amplitude altimétrica (m)}$$

Já o Índice de Circularidade, que relaciona a área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia, com $Ic = 1 =$ circular, foi calculado com base em Tonello *et al.*, (2006):

$$Ic = \frac{12,57xA}{P^2} \text{ onde: } A: \text{área da bacia (m}^2\text{)} \\ P: \text{perímetro da bacia (m)}$$

E para o Coeficiente de Compacidade, que é a forma da bacia relacionada com um círculo, onde $Kc = 1 =$ circular, aplicou-se a fórmula de Villela e Mattos (1975):

$$Kc = 0,28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \text{ onde: } P: \text{perímetro da bacia (m)} \\ A: \text{área da bacia (m}^2\text{)}$$

Para a delimitação dos limites dos municípios ao entorno da Microbacia do Arroio Fundo, 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. Com o plugin QuickMapServices, instalado no software QGIS, possibilitou a visualização das imagens de alta resolução do Google Satellite e a realização da vetorização das lâminas d'água, como a maior parte das lâminas d'água tiveram tamanho reduzido, foi fundamental o uso dessas ferramentas para capturar as imagens de satélite de alta resolução espacial, a fim de distinguir as estruturas típicas de um tanque escavado na paisagem, nos quais foram marcados os polígonos que definem a área individual de cada tanque escavado, o quais foram somados para obter a quantificação total. Ao representar as áreas dos viveiros escavados nesta microbacia, foi necessário realizar a vetorização de cada viveiro escavado. A organização e operacionalização desta etapa foi feita a partir da construção de uma grade de inspeção, gerada a partir do complemento Criar Grade, disponível no software QGIS. O seu propósito foi de sistematizar, organizar e facilitar o mapeamento por meio da checagem visual.

Os viveiros escavados foram definidos de acordo com as seguintes classes de tamanho: Classe - I: áreas entre 50 e 3.000 m² (Pequeno); Classe - II: áreas maiores de 3.001 até 5.000 m² (Médio); e Classe-III: áreas maiores de 5.001 m² (Grande). Foram excluídas todas as áreas abaixo de 50 m², por entender que eles não atendem à demanda da piscicultura, podendo ser viveiros de dessedentação animal, conforme a metodologia de Coldebella *et al.*, (2020) e adaptada por Morsoleto *et al.*, (2022).

3. Resultados e Discussão

A bacia hidrográfica do Arroio Fundo possui uma área de 221,7 km², um perímetro de 117,3 km e uma amplitude altimétrica de 298m, de acordo com a Tabela 1, a microbacia do Arroio Fundo apresentou os valores de: fator de forma, coeficiente de compacidade e do índice de circularidade inferior aos índices de risco, 0,31, 2,20 e 0,20 respectivamente, o que classifica a bacia como uma rede de drenagem alongada, não favorecendo a concentração de águas em seu fluxo e com pouco risco de enchentes. Caso os valores do fator de forma e índice de circularidade fossem próximos de 1, a bacia teria o formato circular e um risco alto de enchentes (Servidoni *et al.*, 2022; Dos Santos *et al.*, 2012; Vale *et al.*, 2021). Confirma o formato alongado da bacia o valor apresentado da densidade de drenagem 0,96, o que reafirma o risco baixo de uma enchente (Silva, 2021).

Tabela 1. Parâmetros morfométricos da microbacia hidrográfica do Arroio Fundo, pertencente a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, localizado nos municípios de Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon e Pato Bragado, no oeste do Paraná.

| Características Geomorfológicas | Parâmetros |
|---------------------------------|------------|
| Área (Km ²) | 221,74 |

| | |
|---------------------------------------|--------|
| Perímetro (Km) | 117,32 |
| Comprimento Axial da Bacia (Km) | 26,40 |
| Comprimento do curso principal (Km) | 41,40 |
| Comprimento total da Bacia (Km) | 213,70 |
| Amplitude altimétrica (m) | 298 |
| Fator de Forma (K_f) | 0,31 |
| Coefficiente de Compacidade (K_c) | 2,20 |
| Índice de Circularidade | 0,20 |
| Densidade de Drenagem (Dd) | 0,96 |
| Índice de sinuosidade (Is) | 39,34 |
| Tempo de concentração (Tc) | 7,82 |
| Razão de relevo relativo (Rrl) | 0,0025 |
| Razão de alongamento (Er) | 0,63 |

Fonte: Adaptado de Lira *et al.*, (2019).

O valor do índice de sinuosidade da bacia de 39,34 indica que o canal principal é classificado como divagante (classe III), ou seja, possui grandes semicírculos em zonas planas, que acaba diminuindo a velocidade de escoamento ao exutório do canal principal, o que consequentemente aumenta o tempo de escoamento até o exutório (Dos Santos, 2021). Além disto, o tempo de concentração apresentou um valor alto de 7,82 h, que reforça ainda mais o caráter divagante do canal principal da bacia (Vendruscolo *et al.*, 2021).

Com a razão de alongamento apresentando o valor de 0,63 a microbacia do Arroio Fundo é considerada da classe semi-alongada, pois para valores $< 0,59$ é considerado alongada e $> 0,80$ oval (Soares *et al.*, 2016). Na microbacia foi possível constatar que o relevo não influencia na rede de drenagem, pois quanto mais acidentado for, maior será a relação infiltração/deflúvio e com o valor da razão de relevo relativo em 0,0025, existe uma estabilidade topográfica na região (Silva & Andrade, 2021).

No mapeamento e delimitação dos viveiros foi constatado que a maioria está na Classe I, áreas entre 50 e 3.000 m² (77%), conforme demonstrado na Tabela 2. A demarcação foi realizada conforme pode ser observado na Figura 1.

Tabela 2. Dados das unidades mapeadas por quantidade, classificação de tamanho e área na microbacia hidrográfica do Arroio Fundo, pertencente a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, localizado nos municípios de Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon e Pato Bragado, no oeste do Paraná.

| Classes de Viveiros | Áreas (m ²) | Áreas (ha) | Nº Viveiros | % Viveiros |
|--------------------------|--------------------------|---------------|-------------|-------------|
| Classe I (Pequenos) | 50-3000 m ² | 103.43 | 803 | 77% |
| Classe II (Médios) | 3001-5000 m ² | 56.31 | 151 | 15% |
| Classe III (Grandes) | > 5000 m ² | 66.42 | 84 | 8% |
| Total de viveiros | | 226.16 | 1038 | 100% |

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.*, (2020).

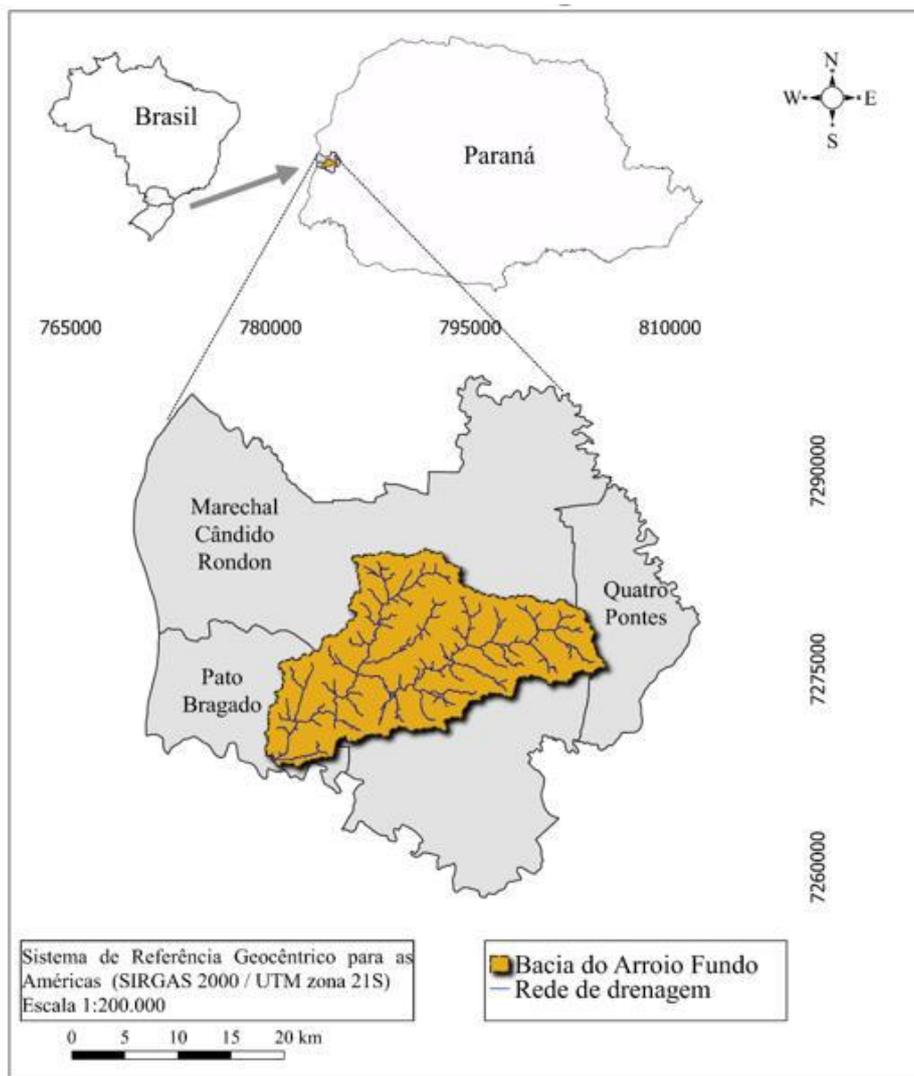
Figura 1. Exemplo de tanque escavado da Bacia do Arroio fundo, sem e com demarcações.



Fonte: Imagem *Google Satellite* (2021).

A localização da bacia, entre os municípios de Quatro Pontes, Marechal Cândido Rondon e Pato Bragado, integra uma das regiões com maior produção de pescado criado em viveiros escavados do Paraná, e sua localização é mostrada na Figura 2. No caso da piscicultura, este levantamento da localização e quantificação das áreas de viveiros escavados são um parâmetro importante para estudos de logística, planejamento da produção, quantificação de impactos e geração de renda aos produtores rurais.

Figura 2. Área da bacia hidrográfica do Arroio Fundo.



Fonte: Autores.

Foram localizados e georreferenciados 1.038 viveiros escavados utilizados para piscicultura, sendo a maior parte das lâminas d'água, inferiores a 3.000m², enquadrando-se na Classe I, que totalizam mais de 226 hectares de área destinada a criação de peixes.

A produção piscícola de todos os municípios que compõem a bacia aumentou a produção em um intervalo de menos de 10 anos, conforme Tabela 3, com altos índices de crescimento, muito acima da média estadual e nacional, o que demonstra uma mudança da matriz produtiva agropecuária, profissionalização dos produtores familiares e políticas públicas de investimento e custeio da atividade, configuração esta que mostra atualmente que a atividade é fonte de renda de muitos pequenos produtores impulsionando a diversificação agropecuária. (IBGE, 2021).

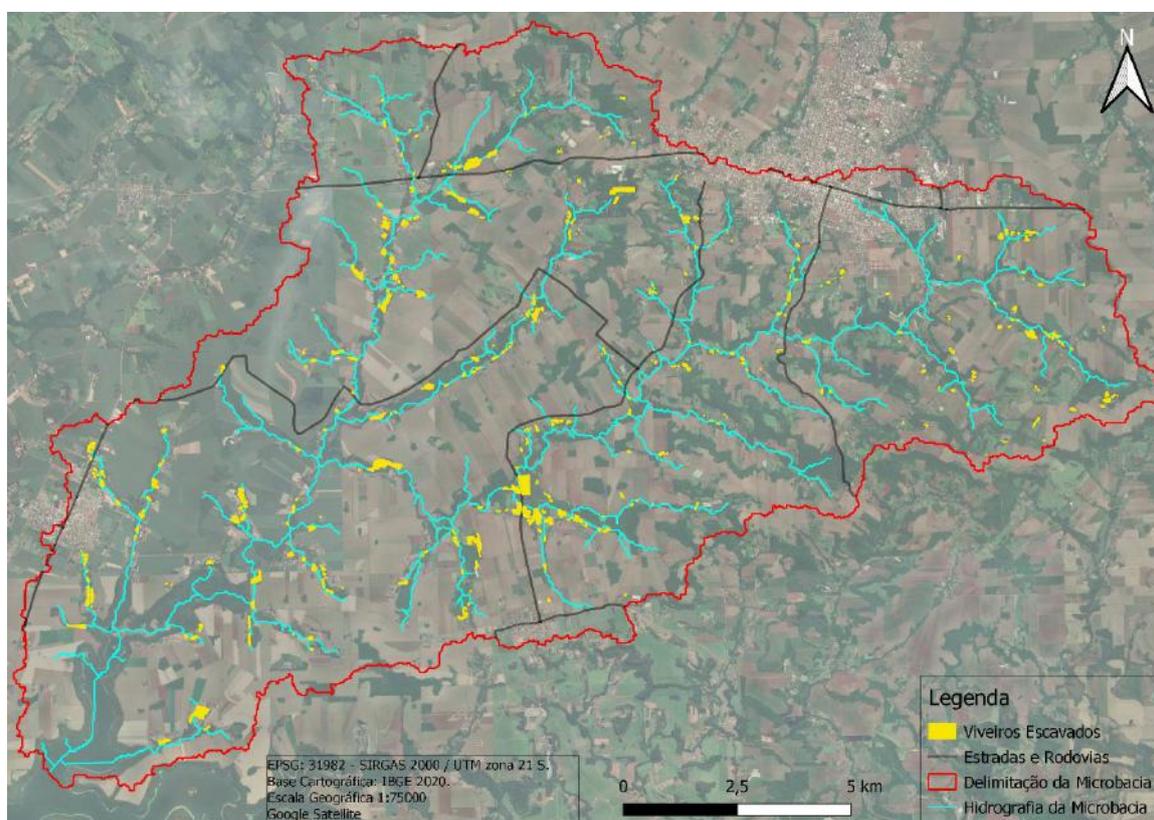
Tabela 3. Evolução da produção total anual piscícola de 2013 a 2020, dos municípios nos quais se situa a microbacia hidrográfica do Arroio Fundo, pertencente a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, no oeste do Paraná.

| Municípios | Produção anual (mil ton/ano) | | | | | | | | %* |
|--------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Quatro Pontes | 0,6 | 1,0 | 1,05 | 1,15 | 1,3 | 2,3 | 2,29 | 3,5 | 83 |
| Marechal C. Rondon | 1,02 | 1,1 | 1,25 | 1,26 | 1,93 | 3,96 | 5,61 | 5,0 | 70 |
| Pato Bragado | 0,21 | 0,25 | 0,40 | 0,68 | 0,62 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 58 |
| Total | 1,83 | 2,35 | 2,70 | 3,09 | 3,85 | 7,12 | 8,75 | 9,35 | 73 |

*Taxa de crescimento anual em percentagem - Fonte: IBGE (2021).

O mapeamento dos viveiros, conforme Figura 3, mostrou que a maior concentração de áreas de lâmina d'água está localizada na parte inferior da bacia, no tributário da margem esquerda, denominado Sanga Furão, numa região de menor declividade e propícia a construção de viveiros escavados com menor custo de movimentação de terra, seja com cortes ou aterros. Esta região também tem bons acessos por estradas vicinais, e localiza-se à poucos quilômetros da sede do distrito de Margarida, no município de Marechal Cândido Rondon. Ressalta-se que a região acima da microbacia possui menor concentração de viveiros devido a maior declividade e por ter solos mais permeáveis (Fernandez, 2016), e por ter a maior concentração de áreas de captação de água para consumo urbano. Destaca-se ainda uma aglomeração de viveiros próximos da sede do município de Pato Bragado, também abaixo na microbacia no seu tributário da margem direita, e isto se justifica também porque neste município há um entreposto de pescado, o que induz os piscicultores a investirem nesta atividade econômica.

Figura 3. Viveiros escavados mapeados dentro da microbacia hidrográfica do Arroio Fundo, pertencente a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, no oeste do Paraná.



Fonte: Autores.

As zonas com menor atividade piscícola, se deve a captação de água do município de Marechal Candido Rondon (córrego Ajuricaba) e dos outros afluentes (Matilde-Cuê e Borboleta) numa região de alto acesso hidrológico (Fernandez, 2016). A microbacia possui pontos de intensa atividade piscícola, como na região sudeste localizada no Sanga Furão, na qual existem diversas propriedades com produção intensiva de alevinagem, e à noroeste na Linha Curvado (Córrego Curvado) onde a atividade é bem-organizada e disseminada. A região do entorno da sede do município de Pato Bragado também apresenta intensa atividade devido o município possuir uma planta industrial para processamento de pescado e políticas públicas de apoio à atividade.

4. Conclusão

A microbacia hidrográfica do Arroio Fundo é propícia para a atividade piscícola, possuindo um elevado número de viveiros escavados em sua maioria de pequeno porte, e apresenta índices morfométricos favoráveis à atividade da piscicultura. As ferramentas de geotecnologias se mostraram eficientes para a localização, mapeamento, georreferenciamento e quantificação dos viveiros e aglomerações de unidades piscícolas, e pode ser uma ferramenta importante para gestores públicos e privados, com a finalidade de realizar estudos e projetos voltados ao impulsionamento da atividade piscícola da região de forma sustentável.

Agradecimentos

O trabalho é parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso do autor e parte do Projeto de Iniciação Científica da segunda autora. Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ pela cessão da bolsa de iniciação científica. Ao Grupo de Estudos de manejo na Aquicultura – GEMaQ e a Pró-Reitoria de Pós-graduação – PRPPG, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

Referências

- 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.
- Coldebella, A., Godoy, A. C., Gentelini, A. L., Piana, P. A., Coldebella, P. F., Boscolo, W. R., & Feiden, A. (2020). Nitrogen and phosphorus dynamics in Nile tilapia farming in excavated rearing ponds. *Research, Society and Development*, 9(11), e1319119699-e1319119699.
- Dos Santos, D. B., Vidotto, M. L., Bertinato, R., De Souza M. G. R., & Frigo, E. P. (2012). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR. *Applied Research & Agrotechnology*, 5(2), 7-18.
- Fernandez, O. V. Q. (2016). Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas urbanas e periurbanas de Marechal Cândido Rondon, Paraná. *Geografia em Questão*. 09 p.88-106.
- Francisco, H.R.; Coldebella, A.; Corrêia, A.F. & Feiden, A. 2020. Análise espacial de eventos pontuais para estimar o potencial produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Research, Society and Development*, 9(9), e855998038. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8038>.
- Georgin, J., Oliveira, G. A. & Rosa, A. L. (2015). 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*. 19, p.1357-1364.
- IAPAR. (1994). Instituto Agrônomo do Paraná. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*.
- IBGE. - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021). *Produção Pecuária Municipal 2020*. Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto. https://www.google.com/search?q=ibge+produ%C3%A7%C3%A3o+da+pecu%C3%A1ria+municipal+2020&rlz=1C1GCEA_enBR757BR757&sxsrf=APq-WBtpM3xw-KcgxDU9gBLhb7iWN7fbEw%3A1649704255629&ei=P31UYsTzJYDT1sQP1JuJ8As&sq=ibge+pecuaria+municipal+&gs_lcp=Cgnd3Mtd2l6EAEYAJIECCMQJzIGCAAQFhAeMgYIABAWEB46BwgjELADECC6BwgAEEcQsANKBAhBGABKBAhGABQTIYvhVgrDtoAXABeACAAAbcBiAGDDZIBBDauMTGYAQCgAQHIAQnAAQE&scient=gws-wiz
- Kaiser, E. A., Pereira Filho, W., Rosa, C. & Santos, L. M. W. (2019). Caracterização dos sólidos suspensos totais em função da precipitação pluviométrica incidente na microbacia do Arroio Fundo – Paraná. In *Anais do 18º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Fortaleza. Ceará. Brasil.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*. 10(6), 362.
- Lira, K. C. S., Francisco, H. R. & Feiden, A. (2019). Análise morfométrica da microbacia do Rio Marreco: subsídios para cálculos do impacto ambiental causado pela piscicultura. In *Evento Científico do International Fish Congress*. Foz do Iguaçu. Paraná. Brasil.

- Lira, K. C. S., Francisco, H. R. & Feiden, A. (2022). Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica Fuzzy e método AHP. *Sociedade e Natureza*, 34(1).
- Lopes, E. E. (2009). Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do google *earth* para a produção de mapas. Florianópolis: UFSC.
- Menezes, J. P. C., Franco, C. S., Oliveira, L. F. C., Bittencourt, R. P., Farias, M. S. & Fia, R. (2014). Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. *Rev. Bras. Geomorfologia*, 15, 659-672.
- Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the Clinch, Mountain area, Verdinia and Tennesser. *Project NR 389-042*, Tech. Rept.3. Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch, New York. Patton
- Morsoleto, F. M. S., Lira, K. C. S., Silva, J. F. M., Francisco, H. R., Bittencourt, F., Feiden, A. (2022). *GIS as a tool for assessing excavated ponds and the potential for environmental impact caused by fish farming*. *Boletim do Instituto da Pesca*. (no prelo).
- Oliveira, L. C., Gomes, B. M., Baumgartner, G. & Sebastien, N. Y. (2008). Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. *Engenharia Agrícola*, 28, p.770-781.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America* [online] 67. [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, S. A. 1963. *Sinuosity of alluvial rivers of Great Plains*. Geological Society of America Bulletin [online] 74. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2).
- Servidoni, L. E., Ayer, J. E. B., Estella, P. V. M., Oliveira, G. H. & Mincato, R. L. (2021). Atributos morfométricos e hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, Minas Gerais. *Revista Do Departamento De Geografia*, 41(1), e169817. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.169817>.
- Silva, A. C. (2021). Análise morfométrica na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca/PE e sua relação litoestrutural nos canais de drenagem. *Revista GeoSertões*, 6(11), 108-130.
- Silva, A. F. & Andrade F. C. W. L. (2021). Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo SWAT. *Revista Semiárido De Visu*, 9(2), 76-86.
- Soares, L. S., Lopes, W. G. R., Castro, A. C. L. & Araujo, G. M. C. (2016). Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. *Revista do Departamento de Geografia*, 31, 82-100.
- Tonello, K. C., Dias, H. C. T., Souza, A. L., Ribeiro, C. A. A. S. & Leite, F. P. (2006). Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore*, v. 30, n. 5, p. 849-857.
- USGS, United States Geological Survey, *EarthExplorer*. (2021). <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Vale, J. R. B., Costa, L. Soares. & Pimentel, M. A. S. (2021) Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do rio Mocajuba, Zona Costeira Amazônica, Geosul, 36(78), 537-557. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>.
- Vendruscolo, J., da Silva Araujo, M. G., Ferreira, L. R., Rosa, D. M. & dos Santos H. F. A. (2021). O uso de geotecnologias na caracterização geométrica, topográfica e hidrográfica da microbacia do rio Tamarupá, Amazônia Ocidental, Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4245-4264.
- Villela, S. M. & Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil.