

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO IVAÍ NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ, PARANÁ, BRASIL

Gabriel Perina Gongora

Universidade Estadual de Maringá

pg405528@uem.br

Thallita Puzi Ferrassa

Universidade Estadual de Maringá

pg405535@uem.br

Gabriela Martini da Mata

Universidade Estadual de Maringá

ra126327@uem.br

Sandro Rogério Lautenschlager

Universidade Estadual de Maringá

srlager@uem.br

Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Estadual de Maringá

daianechirolí@utfpr.edu.br

Cristhiane Michiko Passos Okawa

Universidade Estadual de Maringá

cmpokawa@uem.br

RESUMO: Bacias hidrográficas são relevantes instrumentos de planejamento urbano para mitigar a degradação dos cursos d'água em virtude da ação antropogênica e o conhecimento das características morfométricas é essencial para possibilitar esse planejamento. Neste contexto, o objetivo desse trabalho é determinar as características morfométricas das sub-bacias hidrográficas que pertencem à bacia do rio Ivaí, no município de Maringá, Paraná, Brasil. Para isso, utilizou-se de instrumentos de geoprocessamento, como o QGIS e sistemas de informação geográfica (SIG) para a análise morfométrica. Os resultados obtidos foram: área da sub-bacia, perímetro, declividade da drenagem principal, fator de forma, densidade de drenagem, tempo de concentração e perfil longitudinal do rio principal. Esses dados são fundamentais para compreender a dinâmica hidrológica das bacias e o seu vínculo com as ações humanas e ambientais, além de fornecer relevantes contribuições para futuros estudos e para o planejamento regional eficaz dos recursos hídricos e das bacias. Entretanto, algumas

limitações, como privação de recursos e de pessoal, são identificadas, recomendando assim, que futuras pesquisas englobem trabalhos de campo e promovam a simbiose de abordagens multidisciplinares, ponderando também sobre panoramas socioeconômicos, ambientais e outras áreas do saber, para uma compreensão holística do assunto. Em suma, essa pesquisa enriquece o entendimento sobre as sub-bacias do rio Ivaí, disponibilizando subsídios para governantes gerirem políticas sustentáveis sobre os corpos hídricos em Maringá e região.

Palavras-chave: Hidrologia urbana. SIG aplicado aos recursos hídricos. Planejamento urbano.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF IVAÍ RIVER WATERSHED IN MARINGÁ, PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT: River basins are relevant urban planning instruments to mitigate the degradation of watercourses due to anthropogenic action and knowledge of morphometric characteristics is essential to enable this planning. In this context, the objective of this work is to determine the morphometric characteristics of the hydrographic sub-basins that belong to the Ivaí river basin, in the municipality of Maringá, Paraná, Brazil. For this, geoprocessing instruments were used, such as QGIS and geographic information systems (GIS) for morphometric analysis. The results obtained were: sub-basin area, perimeter, slope of the main drainage, shape factor, drainage density, concentration time and longitudinal profile of the main river. These data are fundamental to understanding the hydrological dynamics of basins and their link with human and environmental actions, in addition to providing relevant contributions to future studies and effective regional planning of water resources and basins. However, some limitations, such as deprivation of resources and personnel, are identified, thus recommending that future research encompasses fieldwork and promotes the symbiosis of multidisciplinary approaches, also considering socio-economic, environmental panoramas and other areas of knowledge, for a holistic understanding of the subject. In short, this research enriches the understanding of the sub-basins of the Ivaí River, providing subsidies for governments to manage sustainable policies on water bodies in Maringá and the region.

Keywords: Urban hydrology. GIS applied to water resources. Urban planning.

1 INTRODUÇÃO

À medida que os córregos urbanos sofrem impactos ambientais mais intensos, a bacia hidrográfica urbana torna-se uma excelente opção para ser utilizada como instrumento de planejamento urbano e evitar a degradação dos rios devido às atividades antrópicas. Adotando esse ponto de vista, melhores escolhas podem ser selecionadas e os recursos públicos poderão ser delegados em locais considerados ser *hotspots* (RAHMATI et al., 2019).

As mudanças no uso e cobertura da terra afetam fortemente a hidrologia da bacia hidrográfica. Além disso, estudos também demonstraram que os efeitos ambientais das

mudanças no uso e cobertura da terra têm impactos potencialmente grandes nos processos hidrológicos, como carga de sedimentos e concentração de nutrientes, evapotranspiração, recarga de águas subterrâneas, fluxo de base e escoamento superficial (SERRÃO et al., 2022; AGHSAEI et al., 2020).

Conforme Rakesh et al. (2021) as bacias hidrográficas são entidades hidrológicas naturais de uma determinada área territorial, na qual a água proveniente da chuva flui em direção a um canal, rio ou riacho em algum ponto particular. Para D. Colby (2019), as bacias hidrográficas são áreas fisiográficas delineadas pela drenagem natural, demarcando os limites para onde a água fluirá.

O estudo dos parâmetros morfométricos de uma bacia, como a forma, o relevo e a drenagem, permite uma correta e mais ampla interpretação do funcionamento geral do sistema hidrológico (GUO et al., 2019).

A análise morfométrica, conforme definida por Ghosh e Gope (2021), envolve a medição quantitativa e análise geométrica da configuração da superfície da Terra, juntamente com um exame das características e magnitude de suas características geográficas. Este processo analítico visa elucidar os atributos lineares, de relevo e de área das bacias hidrográficas. A análise morfométrica fornece uma visão abrangente da forma, estrutura e rede hidrográfica de bacias, como litologia, dureza da rocha, permeabilidade, declive, relevo, recarga de água subterrânea, pico de inundação, características do solo e intensidade de escoamento, representando as características significativas da bacia hidrográfica (SANGMA; GURU, 2020).

Segundo Oh et al. (2024), em geral, os fatores geográficos básicos que caracterizam uma bacia incluem vários elementos como área da bacia, comprimento do canal e inclinação do canal. Junto com esses fatores são variados os parâmetros que representam as características morfológicas da bacia, incluindo coeficiente de forma, fator de forma, proporção de ramificação e proporção de comprimento. As características geomorfológicas destas bacias estão intimamente ligadas aos processos e ciclos hidrológicos, tornando a sua compreensão crucial para as preocupações relacionadas com os recursos hídricos.

Nos últimos anos, a investigação hidrológica tem sido apoiada através de sistemas de informação geográfica (SIG) por se tratar de uma técnica especializada no tratamento de grandes conjuntos de dados, permitindo a otimização do tempo para a sua análise e compreensão da distribuição espacial das variáveis a serem analisadas (RAMOS et al., 2021).

Em estudos prévios, uma análise baseada em SIG foi empregada, sendo capaz de renderizar e processar grandes dados geoespaciais, diferentemente dos métodos convencionais (ABDELGAWAD et al., 2024). Além disso, os métodos SIG provam ser altamente vantajosos em regiões com dados limitados (BOGALE, 2021; HAGOS et al., 2022). Também, Rodrigues et al. (2022) mostram a relevância do ambiente GIS com dados morfológicos digitais para o planejamento urbano e a gestão de bacias hidrográficas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do Rio Ivaí, pertencentes ao perímetro municipal de Maringá-PR, a fim de disponibilizar subsídios para estudos futuros que contribuam com a gestão e gerenciamento da bacia hidrográfica bem como dos recursos hídricos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Maringá está localizada na região Noroeste do Estado do Paraná, na intersecção do Trópico de Capricórnio, entre as coordenadas 23° 25'38" de latitude sul e 51° 56' 15" Longitude oeste. Com uma área territorial de 487.012 km² e altitude de 555 metros, Maringá tem uma população estimada em 430.157 habitantes (IBGE, 2020). Maringá é constituída por duas principais bacias hidrográficas do Rio Pirapó e do Rio Ivaí.

O presente trabalho irá abordar a bacia do rio Ivaí, localizada ao sul do estado do Paraná, sendo a segunda maior bacia do estado, possuindo um comprimento de aproximadamente 671 km e uma área total de 36.540 km², o Rio Ivaí tem sua nascente na junção dos rios Patos e São João numa altitude de 800 m desaguando no Rio Paraná possuindo uma altitude de 230 m. (LELI; STEVAUX; NÓBREGA, 2010).

A bacia do Rio Ivaí é composta pelo Ribeirão Paiçandu, Ribeirão Caxias, Ribeirão Floriano, Ribeirão Pinguim, Ribeirão Bandeirantes do Sul, Ribeirão Iguatemi, Córrego Piracauba, Córrego Borba Gato e Córrego Cleópatra, representado na Figura 1. É importante ressaltar que o Córrego Borba Gato e o Córrego Cleópatra deságuam no Ribeirão Pinguim, da mesma forma que o Córrego Piracauba deságua no Ribeirão Bandeirantes do Sul.

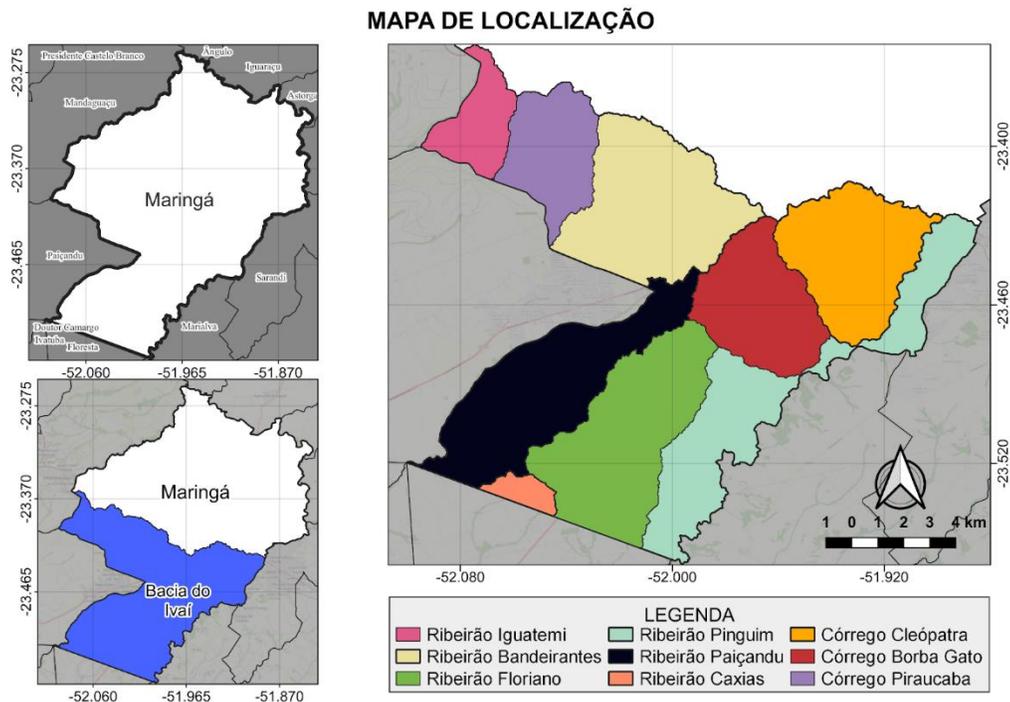


Figura 1 – Mapa de Localização das Bacias Hidrográficas
Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica geralmente é definida por um curso de água, um ponto, que pode ser nomeado de exutório e por informações de relevo (Collischonn; Dornelles, 2013). A sua delimitação pode ser realizada a partir de imagens de satélites, onde permite mapear e analisar a distribuição espacial dos recursos hídricos. A utilização de computadores e Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) permite uma exploração mais detalhada das informações.

Para a delimitação de uma bacia hidrográfica, é necessário o uso de um Modelo Digital de Elevação (MDE), pois este representa as altitudes na superfície topográfica, possibilitando a geração de uma imagem tridimensional da área. O MDE utilizado será obtido através da plataforma virtual TOPODATA (www.dsr.inpe.br/topodata/). Após a obtenção, é necessário processá-lo em um software de geoprocessamento. Neste trabalho, será utilizado o software Qgis, devido à sua eficácia, praticidade e à familiaridade dos pesquisadores. A figura 2 representa o MDE processado no software Qgis.

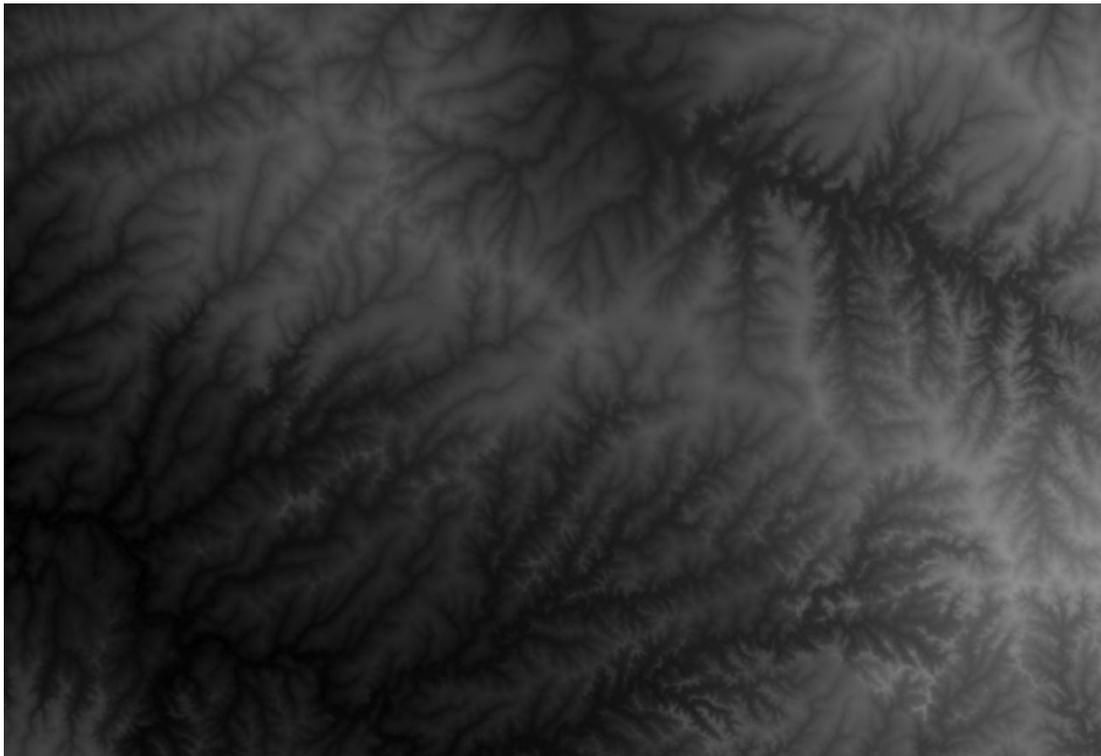


Figura 2 – Modelo Digital de Elevação no Software Qgis
Fonte: TOPODATA, 2023.

2.3 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA HIDRÓGRAFICA

2.3.1 Área

A drenagem da bacia hidrográfica é uma característica crucial para determinar sua potencialidade hídrica, o volume em determinado período, bem como seu formato e seu índice de enchente.

A área será determinada utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com o auxílio do software de geoprocessamento Qgis. Essas ferramentas são fundamentais para análises hidrológicas e gestão de recursos hídricos.

2.3.2 Declividade da Drenagem Principal

A declividade da bacia e do curso d'água principal são características que afetam diretamente o tempo que a água leva para percorrer do ponto mais alto da bacia até seu exutório.

Segundo Collischonn e Dornelles (2013), a declividade pode ser identificada de diferentes formas. Uma abordagem simples é determinar a diferença de altitude entre o ponto inicial do curso principal e seu exutório, dividindo pelo comprimento total do rio principal, conforme apresentado na equação 1 .

$$S = \frac{Z_{100} - Z_0}{L} \quad (1)$$

S = Declividade (Adimensional)

$Z_{100} - Z_0$ = Diferença de altitude (m)

L = Comprimento do rio principal (km)

2.3.3 Fator de Forma

As bacias hidrográficas de forma mais alongadas tendem a ter um escoamento mais lento em comparação com aquelas de forma circular, devido à maior distância que a água da chuva precisa percorrer. Resultando em tempos de concentração maiores e picos de vazão mais baixos, no entanto com uma duração maior (Collischonn; Dornelles, 2013).

O fator de forma da bacia hidrográfica definido como a relação entre sua área e o seu comprimento, assim como está na equação 2. Bacias com um fator de forma alto, ou seja, mais circulares, têm uma maior tendência de enchente em comparação com aquelas de fator de forma mais baixo, devido ao pico de descarga mais acentuado resultante de toda a água escoada tende a chegar no exutório ao mesmo tempo.

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

A = Área da bacia (km²);

L = Comprimento axial da bacia hidrográfica (km);

2.3.4 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem é uma medida essencial na análise hidrológica das bacias hidrográficas. No entanto, é importante ressaltar a dependência da escala do mapa e a metodologia que é gerado. É possível que o valor da densidade tenha erros consideráveis, a comparação dessa variável em bacias diferentes só é possível se os mapas tiverem a mesma

escala e gerados usando a mesma metodologia. Em regiões com características climáticas relativamente homogêneas, a densidade de drenagem é principalmente influenciada pelas características do solo e da litologia da bacia hidrográfica. Por exemplo, quando os solos arenosos e rochas de arenito tendem a resultar em uma densidade de drenagem mais baixa. Quando os solos são menos permeáveis, ou são rasos, e as rochas do subsolo são menos porosas e apresentam baixa permeabilidade, contribui para uma densidade de drenagem mais alta (Collischonn; Dornelles, 2013). Essas relações entre a permeabilidade do solo, a litologia e a densidade de drenagem destacam a complexidade e a importância de considerar esses fatores ao realizar o estudo de bacias hidrográficas.

É obtida a partir da equação 3, (Collischonn; Dornelles, 2013):

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (3)$$

D_d = Densidade de drenagem(km-1);

L = Somatório do comprimento L (km) dos cursos d'água presente na bacia;

A = Área da bacia (km²)

2.3.5 Tempo de Concentração

O tempo de concentração representa o intervalo de tempo em que uma gota de chuva leva para percorrer do ponto inicial da bacia hidrográfica até o seu exutório. De acordo com Collischonn e Dornelles (2013), o tempo de concentração é influenciado pela distância em que a água percorre na bacia, pela sua velocidade de escoamento e pela topografia. Dessa maneira, em bacias maiores, tendem ter tempos mais longos em comparação com bacias menores, enquanto em bacias planas o tempo de concentração é maior do que em bacias montanhosas.

Existem diversas equações para o cálculo do tempo de concentração obtidos através de estudos e dados experimentais, a escolha pela equação ideal a ser utilizada é comparar o seu estudo com o estudo já estabelecido para tal equação (Collischonn e Dornelles, 2013). Para este trabalho, optou-se a equação de Watt e Chow (Equação 4), utilizada em médias bacias, maiores de 0,45 km² até 5848 km², e publicada em 1985 (Dingman, 2002). Essa escolha foi feita devido à adequação da equação das características das bacias hidrográficas em estudos, as quais possuem áreas variando de 9,87 km² á 34,34 km².

Temos a seguinte equação:

$$T_c = 7,68 * \left(\frac{L}{S^{0,5}}\right)^{0,79} \quad (4)$$

T_c = Tempo de concentração, em minutos;

L = O comprimento do rio principal (km);

S = A declividade do rio principal (m);

2.3.6 Perfil Longitudinal do Rio Principal

O perfil longitudinal é um gráfico que representa a variação da altitude ao longo do curso de um rio. Seu eixo vertical representa a altitude do rio principal em metros (m) e o seu eixo horizontal representa o comprimento do rio em quilômetros (km), geralmente medidos da foz do rio até sua montante. O perfil longitudinal demonstra uma representação visual das mudanças na elevação do terreno ao longo do rio. Ele é usado para uma compreensão da dinâmica fluvial, e a avaliação do potencial de inundação ao longo do curso do rio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram definidas 9 bacias hidrográficas pertencentes à bacia do Rio Ivaí, dentro do perímetro urbano do município de Maringá - PR. As bacias hidrográficas bem como os canais de drenagem são apresentadas na Figura 03. Dentre as bacias analisadas, algumas possuem afluentes com nascentes fora do perímetro urbano do município, como é o caso das bacias hidrográficas do Ribeirão Caxias, Ribeirão Floriano e Ribeirão Pinguim. Por outro lado, os afluentes das demais bacias hidrográficas possuem suas nascentes dentro do perímetro urbano do município de Maringá - PR.

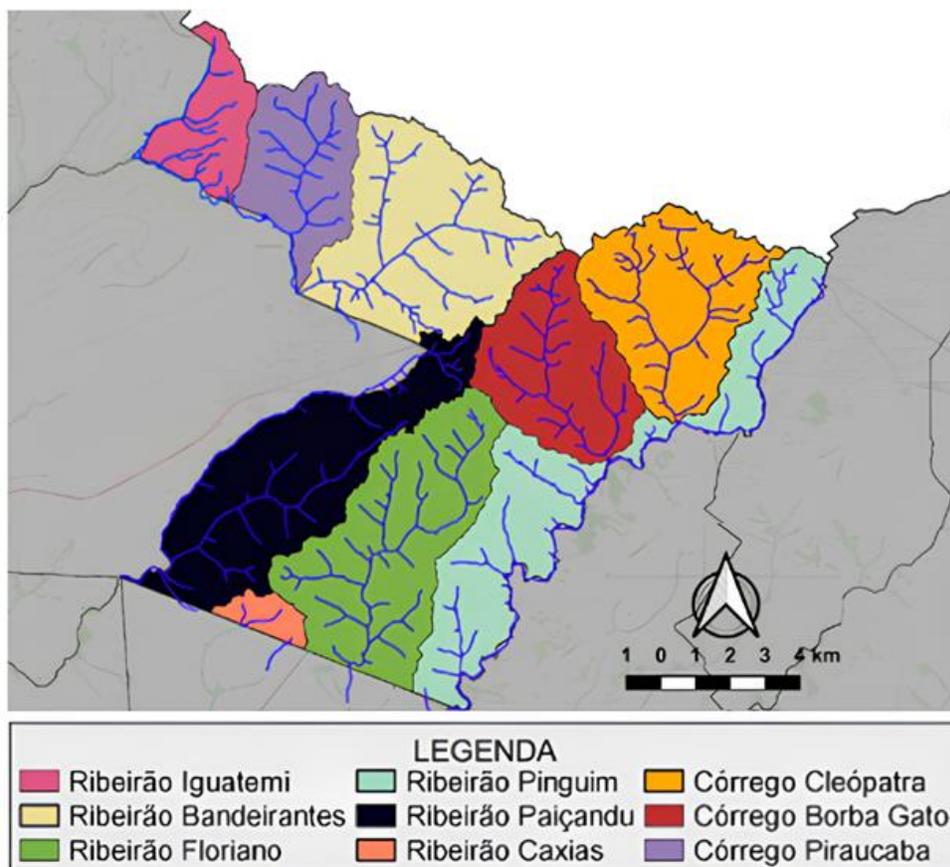


Figura 03 - Bacias Hidrográficas e Canais de Drenagem Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ivai
Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 01 - Características Físicas das Bacias Hidrográficas

Bacia Hidrográfica	Área (Km ²)	Amplitude Altimétrica (m)	Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	Tempo de concentração (min)	Fator de Forma (Kf)
Ribeirão Iguatemi	9,87	115,00	2,13	10,42	0,56
Córrego Piraucaba	16,47	150,00	1,42	13,69	0,34
Ribeirão Bandeirantes do Sul	34,34	170,00	1,15	16,45	0,64

Córrego Borba Gato	21,79	200,00	1,23	11,55	0,47
Córrego Cleópatra	26,01	165,00	1,26	12,04	0,55
Ribeirão Pinguim	32,90	200,00	1,69	49,83	0,10
Ribeirão Floriano	34,28	140,00	1,25	20,35	0,37
Ribeirão Paiçandu	33,55	200,00	1,40	30,06	0,17
Ribeirão Caxias	2,93	90,00	1,23	2,55	1,60

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 02 - Características Físicas das Bacias Hidrográficas

Bacia Hidrográfica	Perímetro (Km)	Comprimento da bacia (Km)	comprimento do rio principal (Km)	Declividade média do rio principal (m/Km)
Ribeirão Iguatemi	18,17	4,19	5,21	12,50
Córrego Piraucaba	23,54	6,91	8,15	15,34
Ribeirão Bandeirantes do Sul	36,89	7,35	8,64	10,84
Córrego Borba Gato	26,70	6,79	7,78	21,49
Córrego Cleópatra	31,58	6,89	6,93	15,40
Ribeirão Pinguim	78,01	18,31	28,12	6,95

Ribeirão Floriano	36,80	9,64	11,93	12,08
Ribeirão Paiçandu	42,20	13,89	16,73	8,85
Ribeirão Caxias	9,62	1,35	1,48	35,42

Fonte: Elaborado pelos autores

Nas Tabelas 01 e 02 são apresentadas as características físicas das bacias hidrográficas estudadas, como a área, perímetro, amplitude altimétrica, densidade de drenagem, tempo de concentração, comprimento da bacia, comprimento do rio principal e declividade do rio principal.

Dentre as bacias hidrográficas analisadas, a de maior área foi a do Ribeirão Bandeirantes do Sul com 34,34 Km² e a de menor área foi a do Ribeirão Caxias com 2,93 Km². Ademais, o Ribeirão Pinguim, embora não possua a maior área, possui a uma bacia com perímetro da ordem de 78,01 m e comprimento de 18,31 Km. Por outro lado, o Ribeirão Caxias além de possuir a bacia de menor área, também possui o menor perímetro, sendo da ordem de 9,62 Km e comprimento da bacia de 1,35 Km. Dentre as bacias hidrográficas analisadas, também se destacam o Ribeirão Floriano e Ribeirão Paiçandu com bacias maiores que 30,00 Km².

Já com relação às características de declividade média do rio principal e densidade de drenagem, destacam-se os maiores valores de 35,42 m/Km na bacia hidrográfica do Ribeirão Caxias e 2,13 na bacia hidrográfica do Ribeirão Iguatemi, respectivamente. As bacias hidrográficas estudadas, por possuírem a característica de densidade de drenagem entre os valores de 1,5 e 2,5, são consideradas bacias com drenagem boa.

Outro parâmetro importante analisado foi o fator de forma das bacias, que correlaciona seu valor à ocorrência de inundações. No caso do Ribeirão Caxias, por possuir um fator de forma maior que 1,00, considera-se uma bacia sujeita a inundações. Além disso, as bacias do Ribeirão Bandeirantes do Sul, Córrego Cleópatra e Ribeirão Iguatemi por possuírem tal parâmetro entre 0,50 e 0,75, têm uma tendência mediana a inundações.

Por outro lado, no caso das bacias do Córrego Piraucaba, Córrego Borba Gato, Ribeirão Pinguim, Ribeirão Floriano e Ribeirão Paiçandu, por possuírem o fator de forma menor que

0,50, são consideradas bacias não sujeitas à inundações por possuírem uma forma mais alongada. Vale ressaltar que a ocorrência de alagamentos pode ser atribuída à drenagem urbana ineficiente.

Nas Figuras 04 e 05 são apresentados a ordem dos cursos d'água e o perfil longitudinal dos canais de drenagem principais de cada bacia analisada.

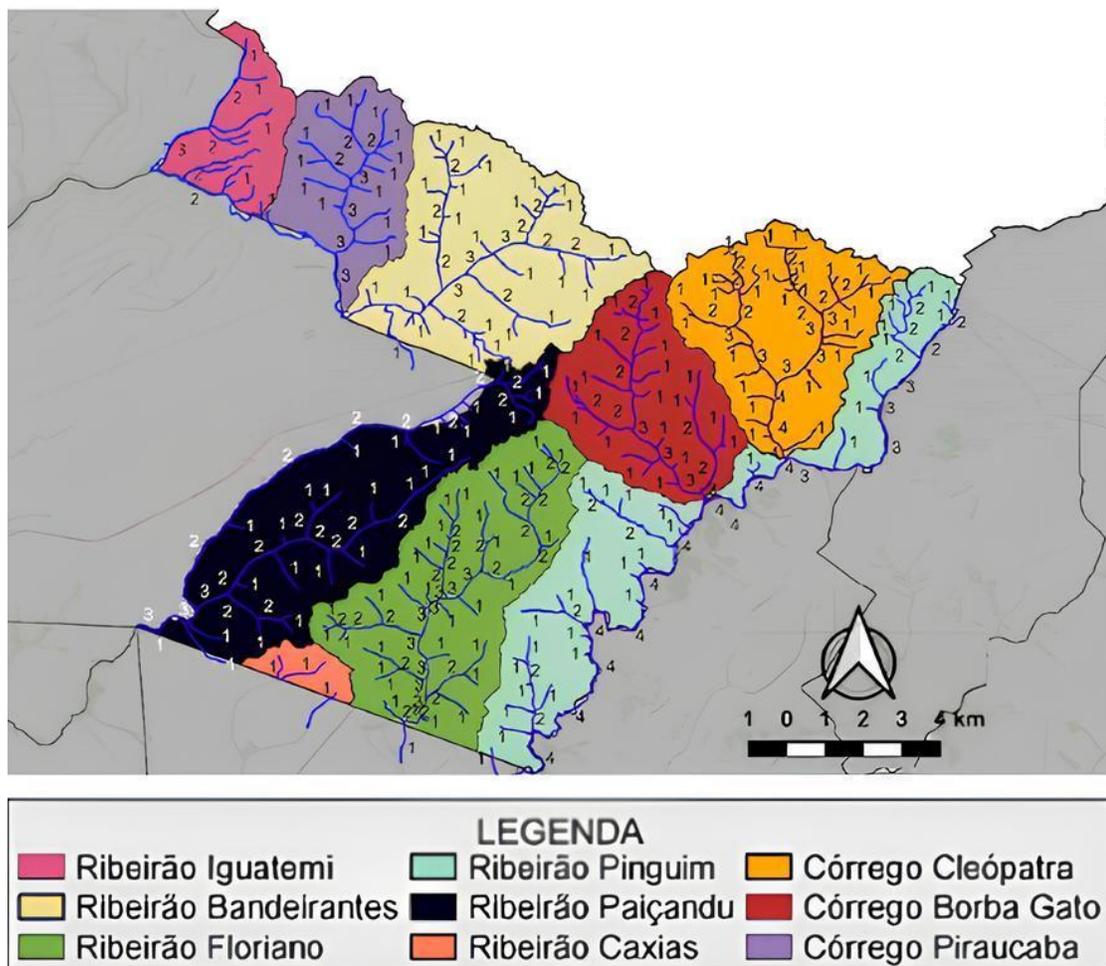


Figura 04 - Ordem dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Ivaí
Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com Collischonn e Dornelles (2013), a ordem de uma bacia pode ser definida como a maior ordem de drenagem encontrada na bacia, sendo uma forma mais qualitativa de caracterizar a magnitude de um rio ou curso d'água em determinado trecho.

Também, de acordo com os resultados analisados, quase 60% dos cursos d'água das bacias apresentadas são da ordem 1, 25% da ordem 2, 11% da ordem 3 e apenas 6% da ordem 4. Isso demonstra que os cursos d'água pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ivaí são pouco caudalosos, possuindo a maioria de seus afluentes de baixa magnitude.

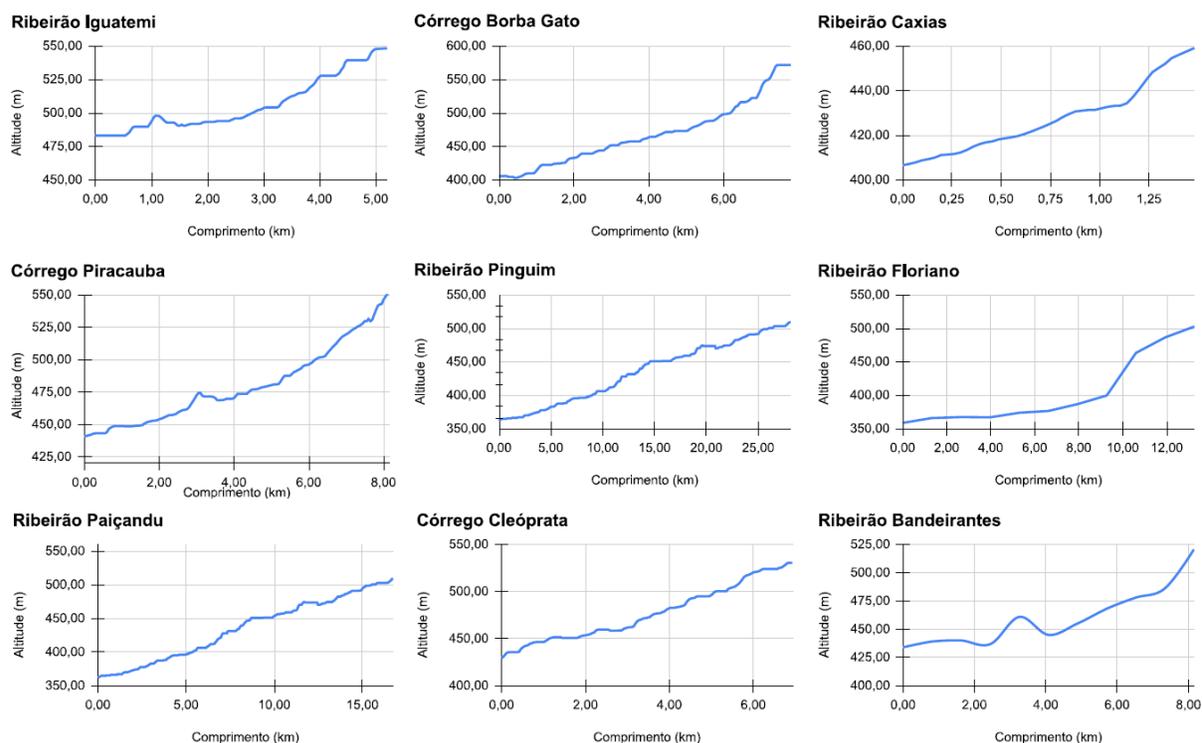


Figura 05 - Perfis longitudinais dos rios principais
Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação à declividade do curso d'água principal, em muitos casos o perfil longitudinal apresenta uma curva com concavidade para cima (Collischonn; Dornelles, 2013), sendo observada essa tendência nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Ivaí.

CONCLUSÃO

O principal objetivo do presente estudo consistiu em caracterizar morfométricamente as bacias hidrográficas do Rio Ivaí no município de Maringá, Paraná, Brasil. Assim sendo, é

possível afirmar que os resultados obtidos proporcionam recursos para futuras pesquisas e contribuem para a gestão e gerenciamento eficiente das bacias hidrográficas e dos recursos hídricos da região.

A gama de resultados obtidos preencheu uma lacuna na compreensão dessas bacias, proporcionando uma análise ampla de vários aspectos morfométricos, como área, perímetro, declividade da drenagem principal, fator de forma, densidade de drenagem, tempo de concentração e perfil longitudinal do rio principal. Essas apurações são fundamentais para compreender o funcionamento hidrológico dessas bacias e sua relação a diversas ações antrópicas e pressões ecossistêmicas.

São inúmeras as contribuições dessa pesquisa. Entre os benefícios, estão a identificação e quantificação dos rios que configuram a bacia do Rio Ivaí de Maringá, proporcionando uma base de dados importante para a gestão e planejamento dos recursos hidrológicos da região. Ademais, a utilização de procedimentos de geoprocessamento possibilitou uma análise minuciosa e exata dos atributos morfométricos das bacias, comprovando a importância desses instrumentos no estudo hídrico.

Entretanto, algumas limitações foram detectadas no decorrer da pesquisa. A carência de pessoal e de recursos inviabilizou a ação de trabalho em campo, o que poderia ter contribuído para a validação dos resultados encontrados por meio de métodos computacionais.

Ademais, a análise morfométrica efetuada nessa pesquisa pode ser aperfeiçoada por estudos futuros, inserindo averiguações em campo e a replicação da metodologia em outros locais e regiões. Além do mais, é imprescindível levar em consideração a integração de áreas multidisciplinares que utilizem não somente características morfométricas, como também ambientais e socioeconômicas, para um melhor entendimento e uma abordagem holística das bacias hidrográficas e dos recursos hídricos, bem como o contexto desafiador relacionado ao seu gerenciamento, gestão, conservação e preservação.

Por fim, essa pesquisa possui significativa importância para a compreensão das bacias hidrográficas do Rio Ivaí no município de Maringá, gerando conhecimentos relevantes para o provimento de políticas sustentáveis de administração dos recursos hidrológicos do contexto regional.

REFERÊNCIAS

- ABDELGAWAD, A. G. et al. Flood hazard mapping using a GIS-based morphometric analysis approach in arid regions, a case study in the Red Sea Region, Egypt. **Applied Water Science**, v. 14, n. 4, p. 81, 21 abr. 2024.
- AFONSO DE OLIVEIRA SERRÃO, E. et al. Impacts of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield determined using the SWAT model. **International Journal of Sediment Research**, v. 37, n. 1, p. 54–69, fev. 2022.
- AGHSAEI, H. et al. Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. **Science of The Total Environment**, v. 712, p. 136449, abr. 2020.
- BOGALE, A. Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana Basin, upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **Applied Water Science**, v. 11, n. 7, p. 122, 24 jul. 2021.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil. <www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 03 de maio de 2023.
- COLLISCHON, W., DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre, 2013.
- D. COLBY, J. GIS for Watershed Characterization and Modeling. Em: **Encyclopedia of Water**. [s.l.] Wiley, 2019. p. 1–20.
- DINGMAN, S. L. 2002 Physical Hydrology. Prentice Hall, Upper Saddle River, 646p.
- GHOSH, M.; GOPE, D. Hydro-morphometric characterization and prioritization of sub-watersheds for land and water resource management using fuzzy analytical hierarchical process (FAHP): a case study of upper Rihand watershed of Chhattisgarh State, India. **Applied Water Science**, v. 11, n. 2, p. 17, 14 fev. 2021.
- GUO, Y. et al. Surface Runoff. Em: [s.l: s.n.]. p. 241–306.
- HAGOS, Y. G. et al. Flood hazard assessment and mapping using GIS integrated with multi-criteria decision analysis in upper Awash River basin, Ethiopia. **Applied Water Science**, v. 12, n. 7, p. 148, 6 jul. 2022.
- LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. DA. Dinâmica espacial da hidrologia da bacia do Rio Ivaí. **Boletim de Geografia**, v. 28, n. 2, 23 dez. 2010.
- OH, S. et al. Morphometric Analysis Using Geographical Information System and the Relationship with Precipitation Quantiles of Major Dam Basins in South Korea. **Water**, v. 16, n. 7, p. 1053, 6 abr. 2024.
- QGIS Development Team, (2023). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://www.qgis.org/>

RAHMATI, O. et al. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. **Geoscience Frontiers**, v. 10, n. 6, p. 2167–2175, nov. 2019.

RAMOS, B. DE P. et al. Metal Recovery from Multi-elementary Electroplating Wastewater Using Passion Fruit Powder. **Journal of Sustainable Metallurgy**, v. 7, n. 3, p. 1091–1101, 14 set. 2021.

RODRIGUES, M. V. C. et al. Urban watershed management prioritization using the rapid impact assessment matrix (RIAM-UWMAP), GIS and field survey. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 94, p. 106759, maio 2022.

RAKESH, R; SOUZA, A. Physico-chemical properties and hydrological behavior of soils of Nilona micro watershed of Maharashtra. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 10 (02), 1437-1442, 2021.

SANGMA, F.; GURU, B. Watersheds Characteristics and Prioritization Using Morphometric Parameters and Fuzzy Analytical Hierarchal Process (FAHP): A Part of Lower Subansiri Sub-Basin. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 48, n. 3, p. 473–496, 2 mar. 2020.

Enviado em 17/07/2024
Aprovado em 24/02/2025