



CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA MIRIM-SÃO GONÇALO (BRASIL-URUGUAI): SUBSÍDIOS À GESTÃO TRANSFRONTEIRIÇA E AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Lucas Pires Ferreira ¹
Vinícius Bartz Schwanz ²
Murilo Nunes da Silva ³
Maurício Meurer ⁴
Gracieli Trentin ⁵
Vanda Carneiro de Claudino-Sales ⁶

RESUMO

Ao se abordar bacias hidrográficas, a base de informações para tomadas de decisão é constituída através do estudo e conhecimento do regime hidrológico e morfométrico, sobretudo para interesses voltados ao planejamento ambiental, urbano e uso dos recursos hídricos na bacia. O objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização e análise morfométrica da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG). A BHMSG é uma bacia binacional, localiza-se ao extremo-sul do Brasil e a leste do Uruguai. Para obtenção dos resultados, utilizaram-se técnicas de geoprocessamento no software QGIS 3.40. Estas baseiam-se na análise morfométrica da bacia hidrográfica envolvendo cálculos de área, perímetro, índice de compactidade (Kc), densidade de drenagem (Dd), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic), razão de relevo (Rr), relação de alongação (Re) e o coeficiente de manutenção de canais. A análise dos produtos indicou que a área de estudo é uma bacia de grandes dimensões, tem uma forma alongada, apresentando um achatamento longitudinal, sendo uma bacia teoricamente não suscetível a enchentes. A mesma tem uma baixa tendência a comportamentos hidrológicos críticos, como cheias rápidas. Por fim, ressalta-se a importância quanto a gestão deste território, por se tratar de uma bacia hidrográfica transfronteiriça. As ações de planejamento e de gestão devem ser pensadas e feitas em conjunto entre Brasil e Uruguai.

INTRODUÇÃO

Planejamento e gestão ambiental são instrumentos para promover o desenvolvimento sustentável, equilibrando as necessidades humanas com a conservação dos recursos naturais. O planejamento ambiental consiste na elaboração de estratégias e políticas, enquanto a gestão ambiental envolve a administração dos recursos naturais para minimizar impactos negativos

¹ Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas-RS, lucasxicara@gmail.com;

² Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria-RS, viniciusbschwanz@gmail.com

³ Graduando em Geografia (Licenciatura) pela Universidade Federal de Pelotas-RS, murilonunes203@gmail.com

⁴ Doutor em Geografia pela Universidade Lumière Lyon 2, mauriciomeurer@yahoo.com.br

⁵ Doutora em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas-SP, gracieli.trentin@gmail.com

⁶ Professora orientadora: Doutora em Geografia Ambiental pela Universidade Paris-Sorbonne, yves@ufc.br.



sobre o meio ambiente. Ambos processos são interdependentes e requerem a participação de governos, empresas e comunidades (Moraes, 2006). No Brasil, políticas como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei n.º 9.433/97) e os Comitês de Bacias Hidrográficas são exemplos de estruturas que buscam integrar gestão e planejamento ambiental.

A PNRH, também chamada de Lei das Águas, é o instrumento legal federal que instituiu as bacias hidrográficas enquanto unidade territorial para planejamento e gestão ambiental/urbana. Ela ainda orienta ainda que os planos de recursos hídricos devem ser elaborados por bacia hidrográfica, tanto para o recorte estadual quanto federal. No Rio Grande do Sul, a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH, Lei Estadual n.º 10.350/94) também reconhece a bacia hidrográfica enquanto unidade territorial de gestão.

A PERH instituiu que os recursos hídricos (englobando sua área tanto em superfície e subsuperfície) são integrados no ciclo hidrológico, e que a bacia é a unidade básica de articulação para políticas públicas. Ambas normativas reforçam a necessidade de elaboração de planos de recursos hídricos por bacia, com base na participação social via comitês de bacia, promovendo a descentralização e a gestão compartilhada. A bacia, assim, constitui um elo entre os sistemas naturais e sociais, e seu uso como base para gestão representa um avanço na busca por sustentabilidade e equidade na distribuição dos recursos hídricos (Bernardi *et al.*, 2012).

As bacias hidrográficas são unidades geográficas definidas pela rede de drenagem de um rio principal e seus afluentes, delimitadas por divisores de água. Esses divisores separam as águas que fluem para uma bacia específica das que fluem para bacias adjacentes. Uma bacia compreende toda a área de captação de água da chuva que escoam superficialmente ou subsuperficialmente para um mesmo curso d'água, culminando em um exutório comum, este podendo ser outro rio, um lago, um mar ou um oceano, essa concepção atribui à bacia uma identidade espacial clara, regida por condicionantes naturais que a tornam funcional para a análise dos processos físicos da superfície terrestre. (Christofolletti, 1980).

A abordagem de estudo em bacia hidrográfica contribui significativamente para o processo de tomada de decisão, ao fornecer informações baseadas no conhecimento do regime hidrológico da bacia. Esse entendimento é essencial, especialmente para o planejamento ambiental, urbano e para a gestão dos recursos hídricos (Rocha; Santos, 2018). Nesta perspectiva, a caracterização morfométrica é um dos primeiros procedimentos dentro da análise ambiental, e pode elucidar algumas dinâmicas ambientais das bacias. (Teodoro *et al.* 2007).

Nesse contexto, as características morfométricas do relevo, da bacia e da rede de drenagem refletem propriedades intrínsecas do terreno, como a capacidade de infiltração e o



comportamento do escoamento superficial das águas, apresentando forte correlação com a litologia, com a estrutura geológica e com as formações superficiais que compõem a cobertura da superfície terrestre (Pissara *et al.*, 2004).

Na caracterização morfométrica, as ferramentas de geoprocessamento desempenham papel essencial ao possibilitar uma avaliação integrada dos sistemas naturais, otimizando os procedimentos analíticos e aumentando a agilidade na coleta e processamento dos dados (Carelli; Lopes, 2011; Salis, 2019).

A área de estudo, a Bacia Hidrográfica Mirim/São Gonçalo (BHMSG), apresenta significativa relevância ambiental, social e econômica para o sul do Rio Grande do Sul e o norte do Uruguai. Ao realizar uma caracterização morfométrica, pode-se fornecer subsídios técnicos para o planejamento territorial, a gestão integrada dos recursos hídricos, a conservação do solo e da água, bem como a avaliação de possíveis riscos ambientais, como inundações e processos erosivos. Considerando sua posição entre a Lagoa Mirim e o canal São Gonçalo, e o uso de suas águas (abastecimento, agricultura, navegação e pesca), a análise morfométrica constitui uma etapa para a formulação de políticas públicas voltadas à gestão da bacia.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização e análise morfométrica da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG).

METODOLOGIA

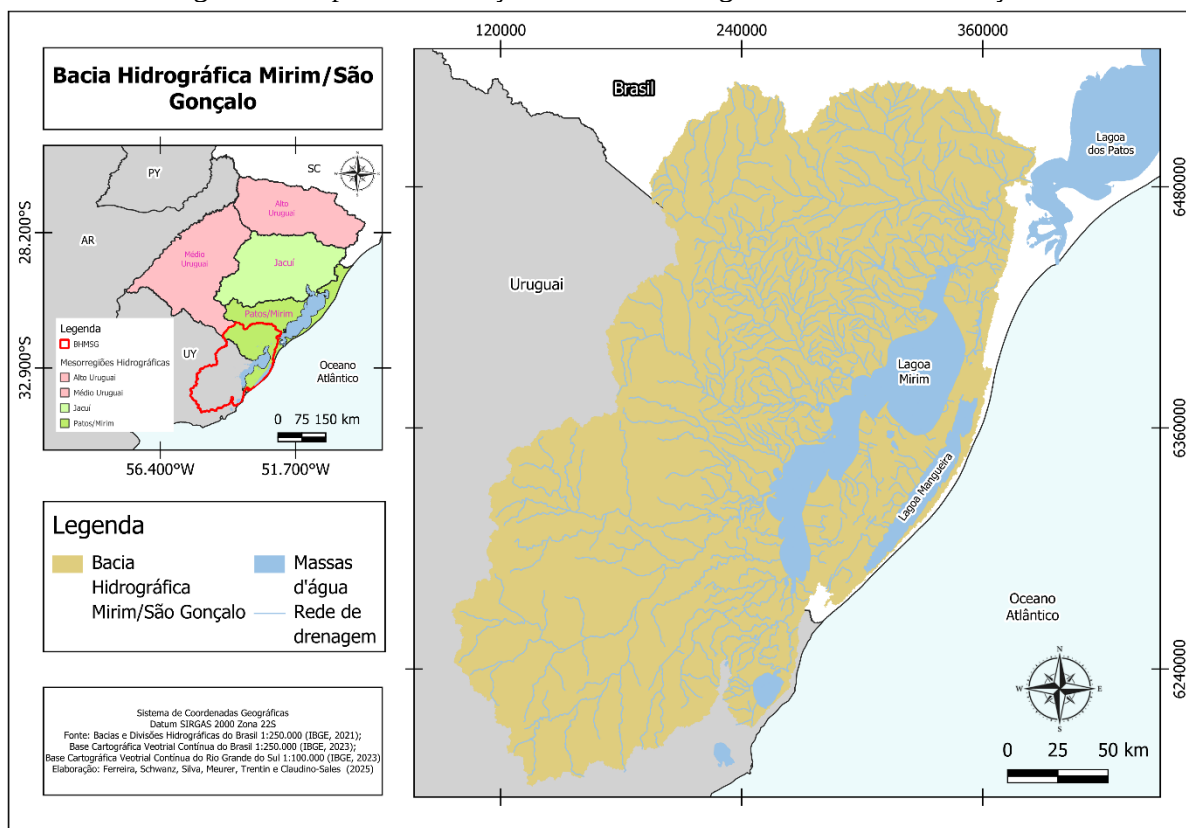
Área de estudo

A área da bacia hidrográfica Mirim/São Gonçalo (BHMSG) está localizada em parte do território brasileiro e em parte do território uruguaio, constituindo uma bacia binacional. Sua delimitação está entre as coordenadas 30° 00' a 34° 00' de latitude sul e 52° 00' a 56° 00' de longitude oeste (Figura 1).

Atualmente, a BHMSG é um sistema controlado, através da barragem eclusa instalada no Canal São Gonçalo, em Pelotas. A construção da barragem ocorreu para que a captação de água para o abastecimento humano, privilegiando a rizicultura, fosse possível. Desta forma, a drenagem é condicionada tanto pela questão climatológica quanto pela própria barragem eclusa.

Durante a estação seca, quando o volume de chuvas nas cabeceiras de drenagem diminui, o sentido natural da drenagem é Oceano > Lagoa dos Patos > Lagoa Mirim, com grande aporte de água salgada vinda do oceano, neste caso, a barragem é fechada impedindo a salga por completa do canal. Na estação úmida, onde ocorrem grandes entradas de matéria nas cabeceiras de drenagem, o sentido de drenagem fica como Lagoa Mirim > Lagoa dos Patos > Oceano, neste caso a barragem permanece aberta permitindo o fluxo (Ferreira, 2025).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica Mirim/São Gonçalo



Materiais e métodos

Todos procedimentos prático-metodológicos foram realizados em ambiente virtual SIG, no *software* QGIS 3.40.6. A base hidrográfica utilizada é a disponibilizada pela Agência Nacional das Águas (2006) em seu catálogo de metadados com escala de 1:1.000.000, abrangendo os trechos de curso d'água de todas as bacias hidrográficas brasileiras, incluindo as porções das mesmas que estão instaladas em outros países, como a porção utilizada na construção da presente pesquisa.

As fórmulas e os parâmetros morfométricos utilizados na caracterização da BHMSG seguem descritos na sequência bem como sua bibliografia.

Características do relevo

a) Declividade: A declividade está diretamente relacionada à velocidade do escoamento superficial, influenciando o tempo necessário para que a água da precipitação se concentre nos leitos fluviais que compõem a rede de drenagem das bacias hidrográficas. b) Altitude: A variação altitudinal está associada aos processos de precipitação, evaporação e



transpiração (Schwanz *et al.*, 2023), impactando o deflúvio médio da bacia. Elevadas variações de altitude provocam diferenças significativas na temperatura média, o que, por sua vez, ocasiona variações na evapotranspiração. Contudo, as variações na precipitação anual em função da elevação tendem a ser ainda mais relevantes. c) Amplitude altimétrica: Refere-se à diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima na bacia hidrográfica, dando uma ideia da energia potencial disponível.

Características da rede de drenagem

a) Densidade de drenagem (Dd): Expressa a relação entre o comprimento total dos cursos d'água da bacia e a sua área drenada total. Teoricamente representa o comprimento de canal necessário para drenar uma unidade de área; b) Coeficiente de manutenção de Canais (Cc): Indica a capacidade da rede de drenagem em manter os canais em perenidade ou intermitência, ou seja, expressa a área mínima necessária para a manutenção de uma unidade de canal (Christofolletti, 1969).

Características Geométricas

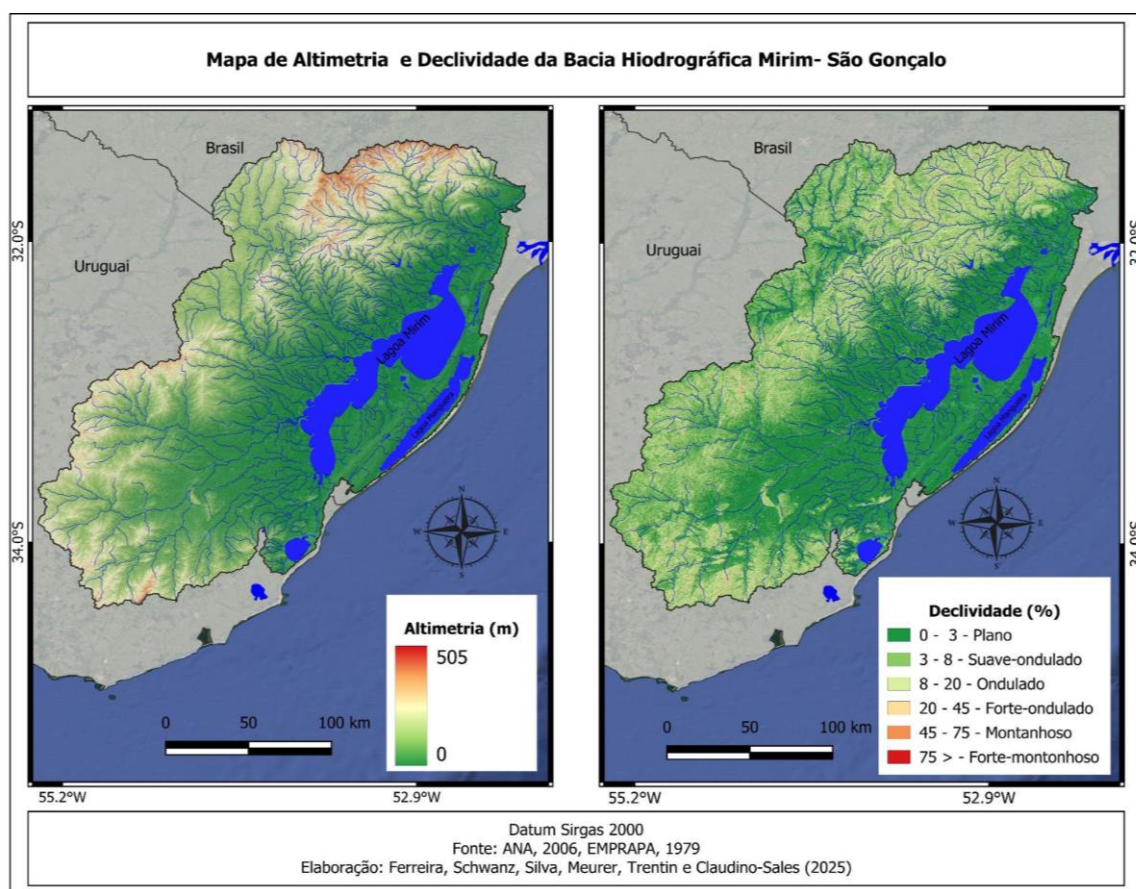
a) Área (A): Representa toda a área drenada pelo sistema fluvial, limitada pelos divisores topográficos; b) Perímetro (P): Comprimento da linha que delimita a bacia hidrográfica, sendo o seu comprimento um indicador indireto da complexidade morfológica; c) Fator de forma (Kf): É a razão entre a largura média da bacia e o comprimento do eixo da bacia. d) Coeficiente de Compacidade (Kc): É a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. e) Índice de Circularidade (Ic): Relaciona a área da bacia com área de um círculo de mesmo perímetro. f) Relação de Elongação (Re): Medida adimensional que relaciona o diâmetro de um círculo com a mesma área da bacia e o comprimento da bacia hidrográfica; g) Declividade Média da Bacia: Representa a inclinação média do terreno na bacia e é calculada a partir da diferença de altitude e da área da bacia. h) Razão de Relevo (Rr): Quantifica a variação vertical do relevo em relação ao seu comprimento horizontal, dando uma ideia da energia potencial média disponível na bacia (Christofolletti, 1969; Rodrigues, 1998; Horton, 1945; Muller, 1994; Schumm, 1956; Silva; Mello; Guimarães, 2005; Guerra; Cunha, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHMSG cobre parte do território do Brasil e parte do território uruguaio. É uma bacia endorréica, que não drena água e sedimentos diretamente ao mar, desaguando na Lagoa dos Patos através do Canal São Gonçalo. Possui um padrão de drenagem predominantemente dendrítica, com variações locais de padrão de rede de drenagem observáveis em escalas de detalhe. O padrão de drenagem dendrítico é assim chamado, pois sua configuração na paisagem se assemelha à ramificação das árvores, onde o curso principal corresponde ao tronco e os tributários/afluentes aos ramos irregulares. Este padrão sugere que as rochas subjacentes (embasamento) apresentam uniformidade de resistência e de condições de porosidade/permeabilidade.

A Figura 2 apresenta o produto de altimetria e declividade para área de estudo. A altimetria varia até 505 metros, com predominância de áreas de baixa altitude nas proximidades da Lagoa Mirim e do canal São Gonçalo, evidenciando superfícies planas que caracterizam a Planície Costeira. As áreas de maior altitude concentram-se nos setores oeste e noroeste da bacia, com altitudes superiores a 400 metros, indicando a presença de terrenos mais elevados.

Figura 2 - Mapa de altimetria e de declividade da área de estudo.



Fonte: Os Autores (2025).



Já a declividade mostra que a bacia é majoritariamente plana (0–3%) a suave-ondulada (3–8%), o que corresponde às áreas da Planície Costeira e o seu contato com o planalto. As feições onduladas (8–20%) e fortemente onduladas (20–45%) ocorrem em menor proporção, e estão distribuídas, principalmente, nas áreas de relevo mais acidentado sobre o Escudo, no interior da bacia. As classes de relevo montanhoso (>45%) não possuem significativa representatividade, evidenciando o caráter predominantemente plano da paisagem.

A Tabela 1 mostra de forma sintética todas as características morfométricas obtidas para a BHMSG, bem como os seus valores. As características foram agrupadas em três classes: características geométricas, características do relevo e características da rede de drenagem.

Tabela 1 – Parâmetros Morfométricos da Bacia Mirim/São Gonçalo, Brasil/Uruguai

Características Morfométricas	Tipo de Análises	Valor
Características geométricas	Área total	58.390,71 (km ²)
	Perímetro total	1.720,47 (km)
	Comprimento axial da bacia (L)	391 (km)
	Razão de relevo (Rr)	1,29 (m)
	Coeficiente de compacidade (Kc)	1,99
	Fator de forma (Kf)	0,38
	Índice de circularidade (Ic)	0,25
	Relação de alongação (Re)	0,7
Características do relevo	Declividade mínima	0 (%)
	Declividade média	4,57 (%)
	Declividade máxima	116 (%)
	Altitude mínima	0
	Altitude média	92
	Altitude máxima	505
Características da rede de drenagem	Comprimento do curso d'água principal	163,57 (km)
	Coeficiente de manutenção de canais	6250 (m ² /m)
	Comprimento total dos cursos d'água	9551 (km)
	Densidade de drenagem (Dd)	0,16 (km/km ²)

Fonte: Os Autores (2025).

A BHMSG apresenta uma área de 58.390,71km² e um perímetro de 1.720km, evidenciando a expressiva extensão territorial da bacia binacional, ressaltando que a dinâmica natural não respeita limites políticos.

O processo de análise dos índices morfométricos da bacia revela características que influenciam diretamente seu comportamento hidrológico. A Densidade de Drenagem (Dd), com



valor de $0,16\text{km/km}^2$, indica uma rede hidrográfica de baixa densidade (Beltrame, 1994), o que ocorre, pois, uma porção considerável da bacia encontra-se sobre sequências sedimentares quaternárias da Planície Costeira, o que favorece a infiltração e reduz o escoamento. O Coeficiente de Manutenção de Canais da área corrobora isso, tendo seu valor aferido em $6.250\text{m}^2/\text{m}$, significando que, para cada metro linear de canal fluvial permanecer em perenidade, são necessários 6.250m^2 de terreno, um valor bastante expressivo.

O Fator de Forma (K_f) de 0,38, revela que a bacia possui um formato alongado, o que tende a retardar o escoamento superficial, diminuindo a suscetibilidade a enchentes. Por outro lado, isso favorece a presença de corpos hídricos em áreas com menores altitudes, reduzindo a velocidade de fluxo e levando mais tempo para a água atingir seu exutório (Lima Junior et al. 2012).

Para o Coeficiente de Compacidade (K_c), obteve-se o valor de 1,99. Este valor indica que, teoricamente, a BHMSG é menos suscetível a enchentes, pois sua forma alongada promove maior tempo de concentração da água e menor resposta a precipitações intensas, reduzindo assim o risco de cheias súbitas e enchentes. O Índice de circularidade (I_c) encontrado para a área foi de 0,25. Este valor indica que a forma da bacia tende a ser menos circular, apresentando deformidades se comparados a um círculo perfeito. Este resultado se relaciona com a relação de alongação, aferida em 0,38 para a área, indicando uma forma mais alongada que aponta uma menor probabilidade de enchentes em condições de precipitação, por aumentar o tempo de permanência de matéria dentro da rede de drenagem.

A análise integrada dos parâmetros morfométricos indica que, de modo geral, que a BHMSG tem uma forma alongada, apresentando um achatamento longitudinal, sendo, teoricamente, uma bacia não suscetível a enchentes. A mesma tem uma baixa tendência a comportamentos hidrológicos críticos, como cheias rápidas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos produtos obtidos, foi possível realizar a análise das características morfométricas da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, evidenciando a complexidade de seus arranjos.

Os principais parâmetros aferidos e analisados (Densidade de Drenagem, Fator de Forma, Índice de Compacidade, Razão de Relevo, Coeficiente de Manutenção de Canais, Índice de Circularidade e Relação de Alongação) indicam que a Bacia Hidrográfica Mirim/São Gonçalo é uma bacia de grandes dimensões, que apresenta uma forma alongada com um leve achatamento longitudinal. Morfologicamente, a bacia encontra-se compartimentada entre



planalto e planície, estando as cabeceiras de drenagem e principais nascentes sobre o planalto, onde as entradas de matéria tem um ganho significativo de energia dado o dobramento do terreno e aumento dos graus de declividade. No entanto, ao adentrar na Planície Costeira, esta energia vai sendo dissipada, por conta do relevo majoritariamente plano e pelo aumento dimensional dos canais.

Ademais, estudos como este deverão ser realizados separadamente para as áreas de planície e de planalto, visto que a dinâmica é distinta: nos terrenos acidentados do Escudo a matéria aumenta a sua energia impulsionada pelas fortes declividades; nos terrenos planos da Planície Costeira a energia tende a ser dissipada, condicionando a morfologia dos canais fluviais.

Por mais que não se tenha identificado parâmetros morfométricos que indiquem que a bacia não apresenta um comportamento natural crítico, do ponto de vista hidrológico, isso não é garantia de que eventos hidrológicos extremos não venham a ocorrer, pois estes dependem de uma combinação maior de variáveis que não se restringem apenas à morfometria da bacia. Ademais, a ocupação das áreas planas próximas aos corpos d'água podem aumentar a suscetibilidade da população a estes eventos, tal como mostrou as inundações ocorridas no Rio Grande do Sul e nesta região em 2024 e 2025.

Por fim, ressalta-se a importância da gestão deste território, visto que trata-se de uma bacia hidrográfica binacional, transfronteiriça, que é cortada pela divisão territorial entre dois países. Por estar situado na porção a jusante da bacia, o Brasil pode ser prejudicado se por ventura ocorrerem problemas de gestão e manejo no lado uruguaio. Assim, as ações de gestão e manejo devem ser pensadas e realizadas por ambos países superando questões de soberania, uma vez que a dinâmica natural não respeita limites político-administrativos.

Palavras-chave: Morfografia, Dinâmica Hídrica, Planejamento Territorial, Bacia Binacional, Geoprocessamento.

REFERÊNCIAS

BACIA HIDROGRÁFICA. **Agência para o desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim**, 2022. Disponível em: < [https://agencialagoamirim.com.br/bacia-hidrografica/#:~:text=Bacia% 20Hidrográfica%20Mirim%20– %20São%20Gonçalo%20\(BHMSG\)&text=O%20lago%20e%20os%20complexos,lagunar%20da%20América%20do%20Sul.>](https://agencialagoamirim.com.br/bacia-hidrografica/#:~:text=Bacia%20Hidrográfica%20Mirim%20-%20São%20Gonçalo%20(BHMSG)&text=O%20lago%20e%20os%20complexos,lagunar%20da%20América%20do%20Sul.>) . Acesso em: 07 mar. 2025.

BERNARDI, Ewerthon Cezar Schiavo *et al.* Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.



CRISTOFOLETTI, Antônio. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Rev. Geomorfol**, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Editora Blucher, 1980.

FERREIRA, Lucas Pires. **Dinâmica das coberturas e usos da Terra na Planície Lagunar Marginal do Canal São Gonçalo – RS**. Orientadora: Vanda Carneiro de Claudino Sales, Coorientador: Adriano Luís Heck Simon. 2025. 102f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia Bacharelado) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2025.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc America Bulletin**, v.3, n.56, 1945.

MULLER, J. C. One hundred years of geographic information systems: temporal integration in GIS. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 60, n. 9, p. 1117–1122, 1994.

MORAES, Cláudia Schimdt Bueno de. **Planejamento e Gestão Ambiental: uma proposta metodológica**. 2006. 277f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 297-305, 2004.

ROCHA, Paulo Cesar; SANTOS, Aline Aparecida dos. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 17, p. e17025, 2018.

RODRIGUES, S. C. C. **Estudo morfométrico e hidrológico de bacias hidrográficas utilizando recursos de geoprocessamento**. 1998. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SALIS, Hugo Henrique Cardoso et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas-MG. **Boletim de Geografia**, 2019.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, p. 597–646, 1956.

SCHWANZ, V. B; COLLISCHONN, E. OLIVEIRA, E. V. Distribuição da Precipitação Média Atual e Futura para o Município de São Lourenço do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (SBCG): Climatologia, Crises Socioambientais e Justiça Climática: ações e desafios da sustentabilidade 2023.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. de; GUIMARÃES, M. F. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas com uso de SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 525–530, 2005.

TEODORO, Valter Luiz Iost *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.