

## **MORFOMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO AREAL DO PAREDÃO, OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Marco Antônio da Rosa Soares <sup>1</sup>  
George Gabriel Schnorr <sup>2</sup>  
Lucas Krein Rademann <sup>3</sup>  
Romário Trentin <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O entendimento das características físicas do relevo é fundamental, pois possibilita melhor orientação na tomada de decisão em ações de planejamento e manejo ambiental. Dessa forma, a análise quantitativa das formas e características da superfície terrestre proporciona uma compreensão detalhada das causas e efeitos de processos naturais e ações antrópicas. Nesse sentido, a morfometria é entendida como as características geométricas do terreno (BONZANINI, LUPINACCI e STEFANUTO, 2022) e permite análises a partir da quantificação das características do relevo.

As análises morfométricas, capazes de medir formas de relevo através de processos sistemáticos e racionais, alcançaram grande sucesso no final do século XIX. Fatos como o mapeamento em escala grande, expansão de fotografias aéreas e as facilidades técnicas para a coleta de dados favoreceram muito a pesquisa quantificada (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Atualmente, a morfometria pode ser utilizada para auxiliar no diagnóstico de uma série de questões ambientais, como o planejamento ambiental (SILVA e TONELLO, 2014; MENEZES et al., 2014) e de processos erosivos (ZANATTA, LUPINACCI e BOIN, 2017; BONZANINI, LUPINACCI e STEFANUTO, 2022). Nos últimos anos as análises morfométricas tem se beneficiado da evolução dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e disponibilidade de dados com melhor resolução espacial.

---

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, [ma-arco@hotmail.com](mailto:ma-arco@hotmail.com);

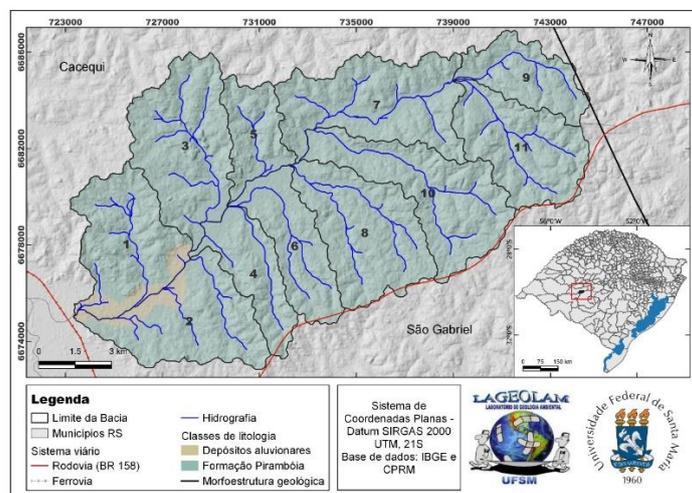
<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, [giorgeschnorr@gmail.com](mailto:giorgeschnorr@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutorando do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, [lucasrademann@yahoo.com](mailto:lucasrademann@yahoo.com);

<sup>4</sup> Professor associado do departamento de geociências da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, [romario.trentin@gmail.com](mailto:romario.trentin@gmail.com);

Os SIG possibilitam a integração de diversos tipos de dados geoespaciais, facilitando a visualização, interpretação e modelagem dos processos. Estas ferramentas têm sido aplicadas com frequência em análises das mais variadas. Na geomorfologia moderna, a pesquisa está intrinsecamente relacionada à utilização de tecnologias geoespaciais e SIG (OTTO et al., 2018). O presente trabalho objetiva realizar uma caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Areal do Paredão (BHAP), na região Centro do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da BHAP.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A área de estudo se localiza entre os municípios de São Gabriel e Cacequi, área classificada como unidade geomorfológica da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, que se caracteriza por rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná (CARRARO et al., 1974). A litologia sedimentar (Formação Pirambóia) presente na área gera solos bastante arenosos, bastante suscetíveis a processos erosivos e formação de areais, sendo alvo de estudo de uma série de autores (SUERTEGARAY, 1989; BELLANCA, 2002; CABRAL, 2018; RADEMANN, 2019)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho, optou-se pelo cálculo e caracterização de variáveis topográficas, forma da bacia e características da drenagem.

## Base de dados e processamentos iniciais

Como produto base para a geração dos índices morfométricos, utilizou-se de um Modelo Digital de Elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, obtido através do Serviço Geológico dos EUA (USGS). Por conseguinte, possibilitou-se a geração de dados referentes a delimitação da bacia hidrográfica e características de drenagem, as quais foram processadas por meio do software ArcGIS Pro (ESRI, 2024), versão 3.1.0, com licença obtida pela instituição de ensino.

Ainda, para o conhecimento e entendimento dos processos atuantes na área, foram obtidos dados de geologia do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por meio do mapa geológico do RS, na escala de 1:750.000.

## Geração dos índices morfométricos

Para a geração dos índices morfométricos, baseou-se no trabalho de Alves et al. (2020), onde os autores realizaram o cálculo de 12 índices morfométricos para uma bacia hidrográfica no sudoeste de Goiás. No presente trabalho, foram calculados, por meio das equações expostas no Quadro 1, seis índices morfométricos.

Quadro 1 – Informações dos Índices morfométricos calculados.

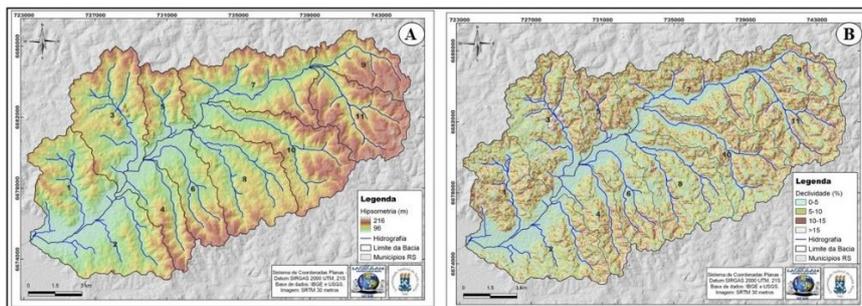
Índice	Definição	Equação	
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	A amplitude altimétrica máxima se refere a diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima de uma determinada área (STRAHLER, 1952).	$Hm = Hmax - Hmin$	Hmax se refere a altitude máxima do divisor topográfico (m) e Hmin, a altitude da foz, também em metros.
Coefficiente de Compacidade (Kc)	Indica a irregularidade da bacia, quanto maior o resultado mais irregular é a sub bacia (VILLELA e MATOS, 1975)	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	P é o perímetro em km e A é a área em km <sup>2</sup>
Densidade de Drenagem (Dd)	Permite a análise da eficiência da drenagem da sub bacia, quanto maior o resultado, melhor a drenagem da sub bacia (VILLELA e MATOS, 1975).	$Dd = \frac{\sum RCT}{A}$	RCT é o somatório de canais e tributários, A é a área da sub bacia
Densidade de rios (Dh)	De acordo com Christofolletti (1980), a Dh permite entender a capacidade da sub bacia gerar novos cursos de água.	$Dh = \frac{N}{A}$	N é o número de canais de primeira ordem e A a área da bacia em km <sup>2</sup>
Fator de Forma (Kf)	Possibilita inferências sobre a geometria da sub bacia. Um Kf maior indica uma forma alongada, enquanto um Kf menor indica um formato mais simétrico (CARDOSO et al., 2006).	$Kf = \frac{A}{L^2}$	A é a área da bacia em km <sup>2</sup> e L é o comprimento axial da sub bacia, da foz até o limite a montante
Índice de rugosidade (Ir)	Indica o grau de irregularidade no terreno, com base na declividade e comprimento dos canais, valores menores sugerem áreas mais planas (CASTRO e CARVALHO, 2009).	$Ir = Hm \times Dd$	Hm é a Amplitude Altimétrica máxima e Dd é a densidade de drenagem em km/km <sup>2</sup>

Organizado pelos autores (2024).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHAP possui área de aproximadamente 196,8 km<sup>2</sup> e perímetro de 265,8 km, é dividida em 11 sub-bacias. Localizada em área de litologia sedimentar, apresenta altitudes que não ultrapassam 216 metros, com amplitude altimétrica (Hm) de 120 metros. Em relação a declividade, chega a 58%, mas com predominância de declividades que não ultrapassam 15%. As áreas que concentram o relevo menos movimentado se referem às planícies de inundação dos canais principais, principalmente a Sanga do Areal do Paredão. As áreas de planície precedem a foz, que deságua no Rio Cacequi (Figura 2).

Figura 2 – Mapas de hipsometria (A) e declividade (B) da área.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Em concomitante, observa-se na tabela da Figura 3, os cálculos de cada índice morfométrico realizado, para cada sub-bacia e a média referente para a BHAP. O índice de rugosidade, que também se associa às características de relevo acima descritas, obteve o valor de 21. Conforme Sousa e Rodrigues (2012), o Ir obtido é considerado fraco, refletindo as condições de relevo bastante uniformes, com poucas inclinações. É possível atribuir esse valor a baixa amplitude altimétrica (Hm) encontrada na área. As sub-bacias 6, 9 e 11 apresentam os maiores valores de Ir, exatamente áreas que concentram maiores altitudes. Silva et al. (2018) explicam que, quanto maior será o valor de Ir, maior é o risco de degradação da bacia. Na BHAP, por sua vez, os problemas existentes relacionados à erosão e perda de solo se relacionam com a geologia e características da rocha.

Figura 3 – Tabela com a disposição dos valores dos sete índices morfométricos calculados para cada sub-bacia da BHAP.

Sub-Bacia	Hm (m)	Kc (ad)	Dh (canais.km-2)	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Kf (ad)	Ir (ad)
1	73	1,4	0,5	0,67	0,55	15,39
2	85	1,52	0,29	0,62	0,74	16,34
3	81	1,42	0,38	0,71	0,44	24,22
4	89	1,67	0,17	0,7	0,29	23,92
5	77	1,6	0,32	0,53	0,72	11,73
6	89	1,55	0,22	0,81	0,24	30,27
7	85	1,75	0,25	0,62	0,46	7,43
8	75	1,41	0,27	0,73	0,37	21,16
9	85	1,55	0,36	0,77	0,25	31,01
10	92	1,74	0,22	0,64	0,24	21,76
11	96	1,44	0,42	0,74	0,39	27,72
BHAP	120	1,55	0,31	0,68	0,43	21

Fonte: Organizado pelos autores (2024). A escala de cores classifica os valores de menor (tons em vermelho) para maiores (tons em verde).

Com base nos resultados obtidos a respeito do coeficiente de compacidade (Kc), que relaciona a forma da bacia com a forma de um círculo, o valor maior que 1 (1,55), define a bacia como mais alongada do que circular. Valores maiores que 1 foram obtidos para todas as sub-bacias, das quais destaca-se a 1, 3, 8 e 11, como as bacias de menor valor, logo mais circulares que as demais, por outro lado, aquelas com maior valor (4, 7 e 10) apresentam um formato mais alongado. Em adição, o fator de forma (Kf) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, a BHAP possui valor baixo (0,43), afirmando o formato alongado da bacia. Dentre as sub-bacias mais alongadas, estão a 4, 6, 9 e 10, com os menores valores de Kf.

O uso de diferentes métricas para a análise da forma da bacia é recorrente (ASODE et al., 2016; MESA, 2006; NAG, 1998) e permite a confirmação da forma da bacia, seja ela mais circular ou alongada. Ainda em relação às características de forma da BHAP, a bacia se apresenta como mais alargada no lado esquerdo em relação ao lado direito, o que infere que este possui um escoamento de água mais lento (MESA, 2006) e apresenta maior facilidade na resposta para eventos de precipitação extrema (NAG, 1998).

Por fim, em relação às características de drenagem existente na área, nos cálculos de densidade de drenagem (Dd) e densidade hidrográfica (Dh), obteve-se os valores de 0,68 e 0,31 respectivamente. Segundo a classificação de Beltrame, o valor de Dd obtido

para a BHAP é classificado como mediano, ou seja, mediana capacidade de drenagem. O cálculo de  $D_d$  representa o grau de dissecação do relevo, demonstrando o trabalho fluvial de erosão da superfície. Assim, destaca-se que os valores baixos de densidade de drenagem geralmente estão associados a regiões com rochas permeáveis e chuvas de baixa intensidade ou pouco concentradas (TONELLO et al., 2006). Em relação às sub-bacias, os valores mais altos estão concentrados nas bacias 6, 9 e 11, as quais possuem predominância de altitudes, que ultrapassam os 150 metros, com destaque para as bacias 9 e 11, localizadas ao leste da BHAP, nas cabeceiras de drenagem. Por outro lado, as sub-bacias mais mal drenadas (2, 5, 7 e 10) ocupam áreas de planície de inundação da Sanga do Areal do Paredão, com destaque para as bacias 2 e 7.

Já para a  $D_h$ , o valor de 0,31 canais por  $\text{km}^2$  sugere que a cada 3,95  $\text{km}^2$ , há um canal. Conforme a classificação de Lollo (1995), este valor é considerado baixo, podendo ser ocasionado pelas características de relevo com pouca variação altimétrica, e baixas declividades. Entretanto, em análise das sub-bacias, aquelas que apresentaram os menores valores de  $D_h$  (4, 6, 7 e 10), possuem altos valores de amplitude altimétrica, sugerindo pouca correlação dos resultados deste parâmetro com as características hipsométricas apresentadas nas sub-bacias.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente análise morfométrica possibilitou caracterizar a bacia quanto a forma, características topográficas e de drenagem. Este tipo de análise nos dá subsídios para trabalhos sequenciais que relacionam estes resultados com as condições geológicas e geomorfológicas da área. Os resultados alcançados conversam com estudos já realizados na área, na qual se destaca as condições estruturais, de litologia sedimentar e características de relevo pouco movimentado, dando origem a uma bacia hidrográfica de forma alongada, com baixa densidade de drenagem e densidade hidrográfica.

Além disso, a análise dos parâmetros morfométricos das sub-bacias permitiu a confirmação da heterogeneidade dentro da bacia, estabelecendo particularidades que influenciam em intensidades diferentes. As sub-bacias com formas mais arredondadas, como a 2, 5 e 7, apresentam uma distribuição mais uniforme do escoamento, o que aumenta a infiltração no solo, já as com formas mais alongadas, como a 6, 9 e 11, possuem a tendência de um escoamento mais rápido, o que pode ocasionar enchentes

em eventos de precipitação acima da média. Nesse contexto, o conhecimento do escoamento de água diferencial dentro da BHAP permite um melhor manejo dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Morfometria; Relevo; Hidrografia; Bacia Hidrográfica; SIG.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de pós-graduação em Geografia da UFSM e a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ARCGIS, **Arc Geographic Information System**. Software, Version 3.1.0. Environmental Systems Research Institute, 2024.

ALVES, Wellmo dos Santos et al. Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3636-3658, 2020.

ASODE, Ajaykumar N.; SREENIVASA, A.; LAKKUNDI, T. K. Quantitative morphometric analysis in the hard rock Hirehalla sub-basin, Bellary and Davanagere Districts, Karnataka, India using RS and GIS. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 9, p. 1-14, 2016.

BELLANCA, Eri Tonietti. **Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

BONZANINI Cenira Maria; LUPINACCI, Higor Lourenzoni; STEFANUTO, Estêvão Botura. A Erosão linear e sua relação com a morfometria do relevo na alta Bacia do Rio Capivara–Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 1947-1964, 2022.

CABRAL, Tiéle Lopes. **Distribuição e classificação de voçorocas por meio de indicadores morfométricos em sub-bacias no município de Cacequi-RS**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

CARRARO, C. C. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Sul**. FAPERGS–UFRGS/Instituto de Geociências, 1:1.000.000, 1974.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1980.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas.** Tese (Doutorado em Geotecnia). São Carlos, Universidade de São Paulo, 1995.

MENEZES, João Paulo Cunha et al. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, 2014.

MESA, Leticia Mariana. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). **Environmental Geology**, v. 50, n. 8, p. 1235-1242, 2006.

NAG, Sisir Kanti. Morphometric analysis using remote sensing techniques in the Chaka sub-basin, Purulia district, West Bengal. **Journal of the Indian society of remote sensing**, v. 26, p. 69-76, 1998.

OTTO, Jan-Christoph et al. GIS Applications in geomorphology. *In: Comprehensive geographic information systems*. Elsevier, p. 81-111, 2018.

RADEMANN, Lucas Krein. **Identificação e caracterização dos mecanismos erosivos atuantes na voçoroca do areal no município de Cacequi/RS com auxílio de veículo aéreo não tripulado.** 2019. 158 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019

SILVA, Gustavo Cassiano et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

SILVA, Jéssila Luane; TONELLO, Kelly Cristina. Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas–SP. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 103-114, 2014.

SOUSA, Flávio Alves de; RODRIGUES, Sílvio Carlos. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, v. 11, n. 25, p. 141-151, 2012.

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological society of America bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areas de Quaraí-RS: uma síntese. **Boletim Gaucho de Geografia**, n. 17, p. 16-31, 1989.

TONELLO, Kelly Cristina et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 849-857, 2006.

ZANATTA, Felipe Augusto Scudeller; LUPINACCI, Cenira Maria; BOIN, Marcos Norberto. Morfometria do relevo e dinâmica erosiva linear em área rural degradada no Oeste Paulista. **Revista Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 82-97, 2017.