

Morfometria da sub-bacia hidrográfica do ribeirão São Domingos, no município de Muniz Freire (ES)

Caio Henrique Ungarato Fiorese^{1*}, Tiago Oliveira de Aguiar²

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2022.37152>

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar alguns parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão São Domingos (BHRSD), a fim de apoiar melhorias a respeito da conservação dos recursos naturais e contribuir para levantamento da potencialidade a ocorrência de problemas ambientais. Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®. A BHRSD foi delimitada para, em seguida, serem estimados os parâmetros: área e perímetro, coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de manutenção, altitude, declividade, índice de rugosidade, comprimento e número dos canais d'água, extensão do percurso superficial e densidades de drenagem e hidrográfica. A BHRSD possui muito baixa susceptibilidade a enchentes e é bem drenada. Cada gota d'água percorre cerca de 180 m até atingir o canal hídrico, favorecendo o escoamento superficial. As elevadas amplitudes altimétrica e clinométrica indicam irregularidades topográficas e potencialidade à erosão, sendo este o principal problema. A manutenção de uma cobertura vegetal mais densa junto com práticas corretas de manejo agropecuário são medidas importantes.

Palavras-chave: Estudos Ambientais. Geoprocessamento. Parâmetros Morfométricos. Recursos Hídricos. Sistemas de Informações Geográficas.

Morphometry of the São Domingos river sub-basin, in the municipality of Muniz Freire (ES)

Abstract

The objective of this research was to evaluate some morphometric parameters of the São Domingos stream sub-basin (SDSS), in order to support improvements regarding the conservation of natural resources and contribute to raising the potential for the occurrence of environmental problems. The procedures took place in the ArcGIS® program. SDSS was delimited in order to then estimate the parameters: area and perimeter, compactness coefficient, form factor, circularity index, maintenance coefficient, altitude, slope, roughness index, length and number of water channels, extension of the superficial path and drainage and hydrographic densities. SDSS has very low susceptibility to flooding and is well drained. Each drop of water travels around 180 m until it reaches the water channel, favoring surface runoff. The high altimetric and clinometric amplitudes indicate topographic irregularities and potential for erosion, this being the main problem. The maintenance of a denser vegetation cover together with correct agricultural management practices are important measures.

Keywords: Environmental Studies. Geoprocessing. Morphometric Parameters. Water Resources. Geographic Information Systems.

¹Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, ES. Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-6866-0361>

²Instituto Federal do Espírito Santo. Alegre, ES. Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-2341-3556>

*Autor para correspondência: caiofiorese@hotmail.com

Introdução

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de uma seção de um curso d'água é a área que capta naturalmente a água proveniente da chuva, gerando escoamentos superficiais para um único ponto de saída, sendo formada basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem constituída por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (Tucci, 2009).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Assim, é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões para auxiliar na tomada de decisão (Curtarelli, 2009).

O estudo morfométrico de uma bacia hidrográfica é uma das primeiras e mais comuns etapas realizadas em análises ambientais e hidrológicas, a fim de oferecer um diagnóstico das alterações com ou sem interferência antrópica, almejando a compreensão da dinâmica ambiental local e regional (Doriguel et al., 2015). A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas fornece informações importantes para o planejamento da conservação da água e demonstra a possibilidade ou não de ocorrer problemas ambientais, como a susceptibilidade à erosão ou a enchentes (Gerber et al., 2018). Trabalhos com abordagem em parâmetros morfométricos são muito úteis, em nível local, para o gerenciamento de recursos naturais visando o desenvolvimento sustentável por planejadores e tomadores de decisão em um programa de gerenciamento de bacias hidrográficas (Ataide et al., 2017).

O estudo das características morfométricas de bacias hidrográficas com o auxílio de Sistema de Informações Geográficas é um importante instrumento de monitoramento e gestão dos recursos hídricos tanto para gestores públicos quanto para os demais interessados no uso e ocupação de bacias hidrográficas (Coliado et al., 2020). A caracterização morfométrica, associada ao uso de ferramentas computacionais de sensoriamento remoto e modelagem em Sistema de Informação Geográfica (SIG), permite entender, de forma mais consistente, como determinada bacia hidrográfica reage aos fenômenos de precipitação, infiltração de água no solo e descargas hidrológicas em um corpo hídrico (Bier et al., 2013).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar alguns parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do ribeirão São Domingos, no município de Muniz Freire, Espírito Santo, a fim de apoiar melhorias a respeito da conservação dos recursos naturais e apontar a susceptibilidade à ocorrência de problemas ambientais nesta sub-bacia.

Materiais e Métodos

A BHRSD fica localizada na área rural do município de Muniz Freire, mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Com clima classificado como Aw segundo Köppen (Ventura, 1964), possui a pecuária e cafeicultura como as principais atividades econômicas. A Figura 1 mostra a localização da BHRSD.

Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®. As bases cartográficas digitais foram adquiridas nos portais eletrônicos do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), da Agência Nacional de Águas (Ana, 2020) e do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (Geobases, 2020). A princípio, foi delimitada a BHRSD a partir dos procedimentos descritos por Santos et al. (2010). O Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado para delimitar a BHRSD apresentou 20 m de resolução e foi obtido a partir do método da rede triangulada irregular (TIN), através das feições de curvas de nível com equidistância de 5 m.

Na caracterização morfométrica, foram considerados os seguintes parâmetros: área e perímetro de drenagem, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, coeficiente de manutenção, altitudes (máxima, média e mínima), declividades (máxima, média e mínima), índice de rugosidade, comprimento e número total dos canais d'água, extensão do percurso superficial e densidades de drenagem e hidrográfica.

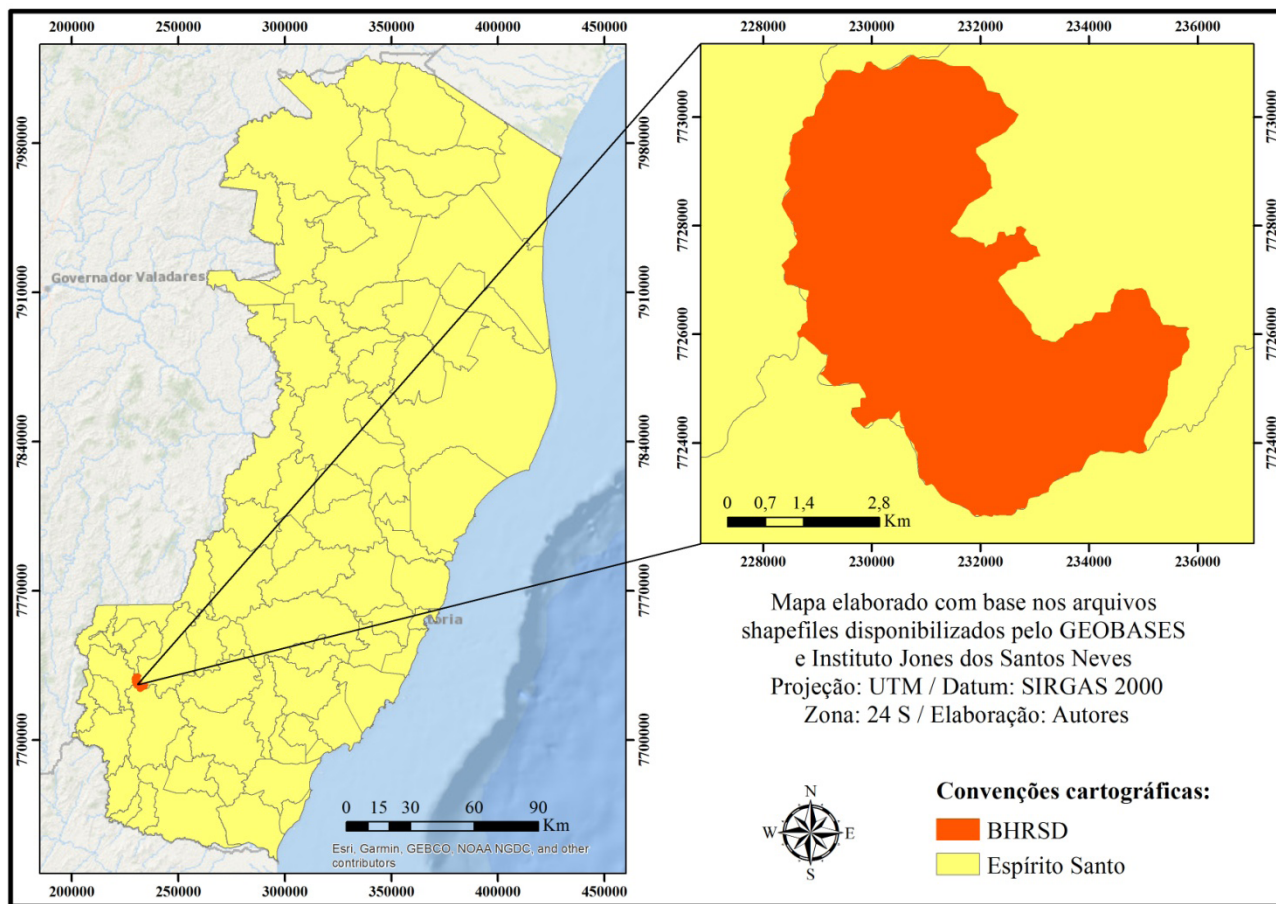
Os dados numéricos de altitude e declividades máxima, média e mínima, além do mapa de declividade, foram obtidos pela produção do MDE. Posteriormente, a declividade foi classificada conforme a classificação adotada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2013). A área de drenagem e o perímetro foram extraídos por meio da delimitação da BHRSD e por meio da tabela de atributos. O comprimento total dos cursos d'água foi obtido através da edição de feição de cursos d'água, da Agência Nacional de Águas (Ana, 2020). As equações empregadas na determinação dos outros parâmetros e o referencial teórico consultado estão descritos abaixo.

Coeficiente de compacidade (Kc): Relaciona o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. É obtido através da equação (1):

$$KC = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: KC = coeficiente de compacidade (adimensional); P = perímetro (Km); A = área (Km²). Quanto mais próximo de 1 for o KC, mais circular será o formato da bacia. Assim, menor será o tempo de concentração das águas até chegar ao canal principal, aumentando a possibilidade de enchentes (Curtarelli, 2009).

Figura 1– Localização da BHRSD



Fator de forma (Kf): É a relação do formato de uma bacia com um retângulo. Quanto mais baixo for Kf, menos vulnerável a enchentes é a bacia hidrográfica, quando comparada com outras bacias com Kf superior. Esse valor foi calculado utilizando-se a equação (2), em que: Kf = fator de forma; A = área (Km²); L = comprimento axial (Km) (Villela; Mattos, 1975):

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Índice de circularidade (Ic): Valores superiores a 0,51 informam bacias alongadas, enquanto que valores inferiores a 0,51 fornecem bacias mais arredondadas (Sousa; Paula, 2016). Considera uma relação entre a área da bacia (A) e o perímetro (P), ou seja (equação (3)):

$$Ic = 12,57 \times \frac{A}{P^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Densidade de drenagem (Dd): Expresso em km⁻¹, representa a velocidade com que a água abandona a bacia hidrográfica e o nível de desenvolvimento do sistema de drenagem (Curtarelli, 2009). Esse número é informado pela equação (4), sendo: LTC = comprimento total dos cursos d'água (Km); A = área (Km²).

$$Dd = \frac{LTC}{A} \quad (\text{Eq. 4})$$

Extensão do percurso superficial (EPS): Dado em km, é a distância média percorrida pelas enxurradas do interflúvio até o canal permanente. Representa um dos parâmetros mais relevantes que influencia nas partes hidrológica e fisiológica da bacia. Considera, no seu cálculo, a densidade de drenagem (Dd) (Romero et al., 2017) (equação (5)):

$$EPS = \frac{1}{2 \times Dd} \quad (\text{Eq. 5})$$

Coefficiente de manutenção (Cm): é a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem. Esse parâmetro, que permite avaliar o risco de disponibilidade hídrica e considera a densidade de drenagem (Dd; em m/m²), é obtido através da equação (6) (Ataide et al., 2012):

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (\text{Eq. 6})$$

Densidade hidrográfica (Dh): Esse parâmetro representa a frequência de cursos hídricos e calcula a capacidade de produzir novos cursos hídricos. Tal parâmetro, expresso em rios por Km², pode ser obtido pela equação (7), em que: N = número de rios; A = área da bacia (Km²) (Stipp et al., 2010).

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (\text{Eq. 7})$$

Índice de rugosidade (IR): expõe maior variedade de ambientes e movimento do relevo, resultando na variação dos declives e do comprimento das vertentes, além da dimensão das drenagens. Quanto maior esse coeficiente, maior também é a restrição das opções de uso de solo (Machado et al., 2011). É obtido pela equação (8):

$$IR = \Delta a \times Dd \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que: Δa = amplitude altimétrica (m) e; Dd = densidade de drenagem (km/km²). O índice de rugo-

sidade pode caracterizar o relevo quanto à declividade. Neste trabalho, o índice de rugosidade foi classificado conforme Sousa e Rodrigues (2012). Os parâmetros foram obtidos através do Excel e analisados conforme a literatura considerada.

Resultados e Discussão

A BHRSD possui área de 33,77 km² e amplitudes altimétrica e clinométrica iguais a 861,61 m e 163,47%, respectivamente. A Tabela 1 mostra os valores dos parâmetros morfométricos.

Tabela 1 – Resultados dos parâmetros estimados

Parâmetro	Valor
Área de drenagem	33,77 km ²
Perímetro de drenagem	34,82 km
Coeficiente de forma	1,68
Fator de forma	0,42
Índice de circularidade	0,35
Coeficiente de manutenção	366,3 m ²
Índice de rugosidade	2352,20
Comprimento (LTC) total dos cursos d'água	92,36 km
Número (N) total dos cursos d'água	196
Extensão do percurso superficial	0,18 km ou 180 m
Densidade de drenagem	2,73 km/km ²
Densidade hidrográfica	5,8 rios/km ²

O coeficiente de compacidade e o fator de forma obtidos caracterizam a BHRSD com formato oblongo e baixa tendência a enchentes, enquanto que o índice de circularidade informa que a BHRSD possui formato comprido e baixíssima vulnerabilidade a enchentes (tende a conservação), conforme a classificação de Villela e Mattos (1975). Isso procede pelo fato de que bacias hidrográficas com formato irregular, como a BHRSD, possuem menor probabilidade de ser abrangida totalmente por precipitações intensas, o que não ocorre com bacias mais arredondadas (Villela; Mattos, 1975). Portanto, a BHRSD, devido ao seu formato, apresenta baixa tendência a enchentes.

O coeficiente de manutenção revela que a BHRSD requer uma área de 366,3 m² para manter perene cada metro de canal hídrico. Tal valor é baixo em comparação com os números encontrados em outras bacias, como a do Rio Taquara (753,579 m²/m, conforme Stipp et al. (2010)). Porém, é considerado satisfatório, pois indica boa capacidade da BHRSD de abastecer os cursos hídricos ali presentes. O valor da extensão do percurso superficial foi classificado como alto (Sousa; Rodrigues, 2012). Os mesmos autores explicam que quanto maior a declivida-

de, menor é o valor da EPS. Na BHRSD, as precipitações percorrem distâncias relativamente curtas para atingir o canal hídrico mais próximo.

A densidade de drenagem é enquadrada como alta e indica uma bacia hidrográfica bem drenada. Dessa forma, Sousa e Rodrigues (2012) afirmam que quanto maior a densidade de drenagem, maior a rugosidade do solo, caracterizando o relevo com baixo comprimento de rampa e alta declividade, acentuando o escoamento superficial e a erosão. O que representa um fator preocupante para a BHRSD e confirma sua forte tendência a erosão. Já a densidade hidrográfica é classificada como “médio”, com capacidade regular de produzir novos cursos d'água, embora os mesmos sejam bem abastecidos, segundo o valor do coeficiente de manutenção.

O índice de rugosidade, seguindo a classificação de Sousa e Rodrigues (2012), caracteriza a BHRSD com relevo forte ondulado a montanhoso escarpado, com declividade média superior a 20%. No entanto, quanto maior for o índice de rugosidade, maior o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (Gerber et al., 2018). O valor obtido foi considerado alto e indica

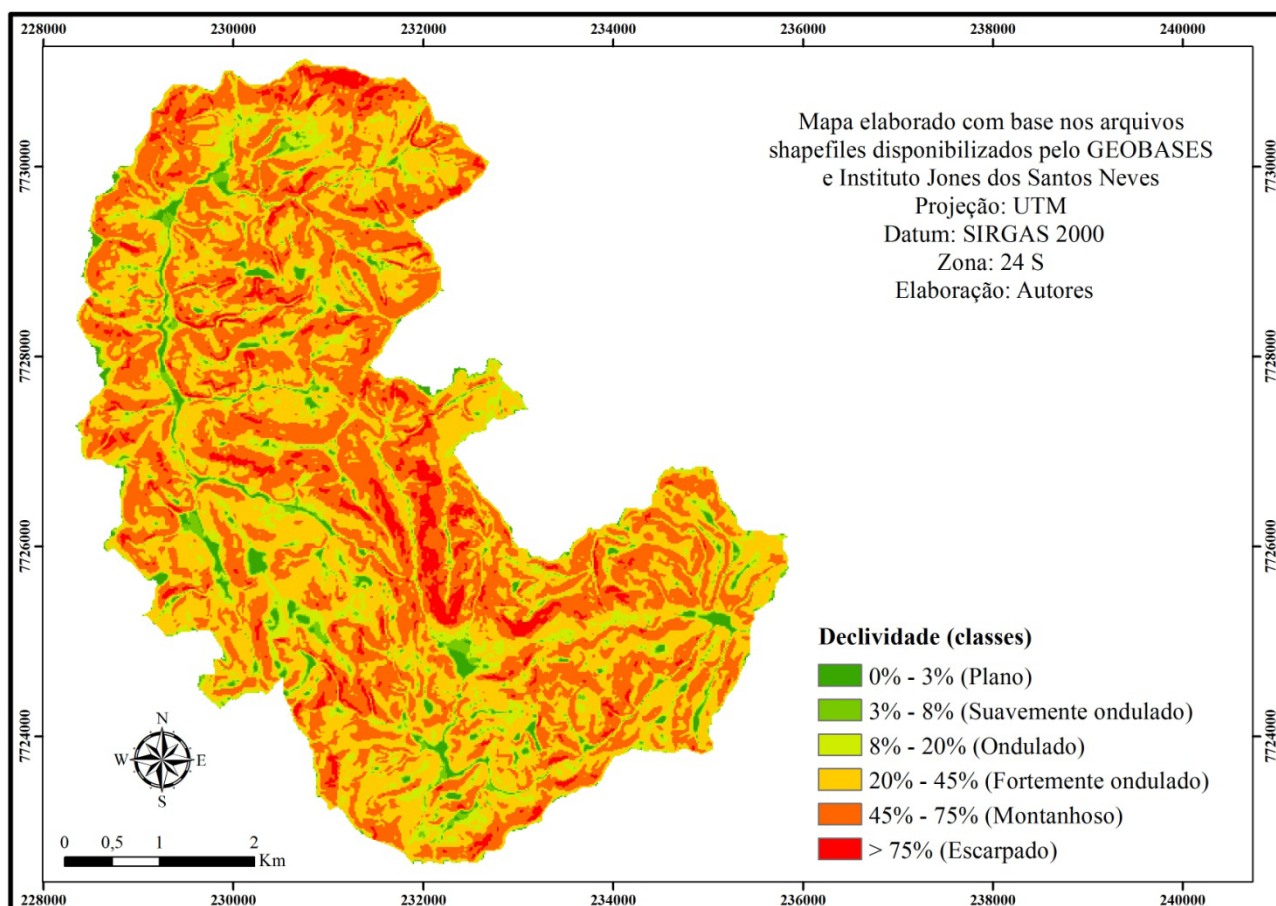
expressiva potencialidade da BHRSD à erosão. Esses resultados se confirmam na estimativa da declividade média, que foi de 41,53%. Esse valor, de acordo com a classificação considerada (Embrapa, 2013), caracteriza o relevo da sub-bacia como “fortemente ondulado”.

Os dados numéricos de declividade mínima e máxima são, respectivamente, iguais a 0% e 163,47%, com média aritmética igual a 41,53% e desvio padrão de 20,374%. A Tabela 2 e a Figura 2 apresentam, respectivamente, os percentuais de área para cada classe de declividade, conforme a classificação proposta pela Embrapa (2013), e o mapa de declividade da BHRSD.

Tabela 2 – Área para cada classe de declividade da BHRSD

Classes de declividade	Área (%)
0% - 3% (Plano)	2,424%
3% - 8% (Suavemente ondulado)	2,618%
8% - 20% (Ondulado)	10,482%
20% - 45% (Fortemente ondulado)	40,461%
45% - 75% (Montanhoso)	39,266%
> 75% (Escarpado)	4,749%

Figura 2 – Mapa clinométrico da BHRSD



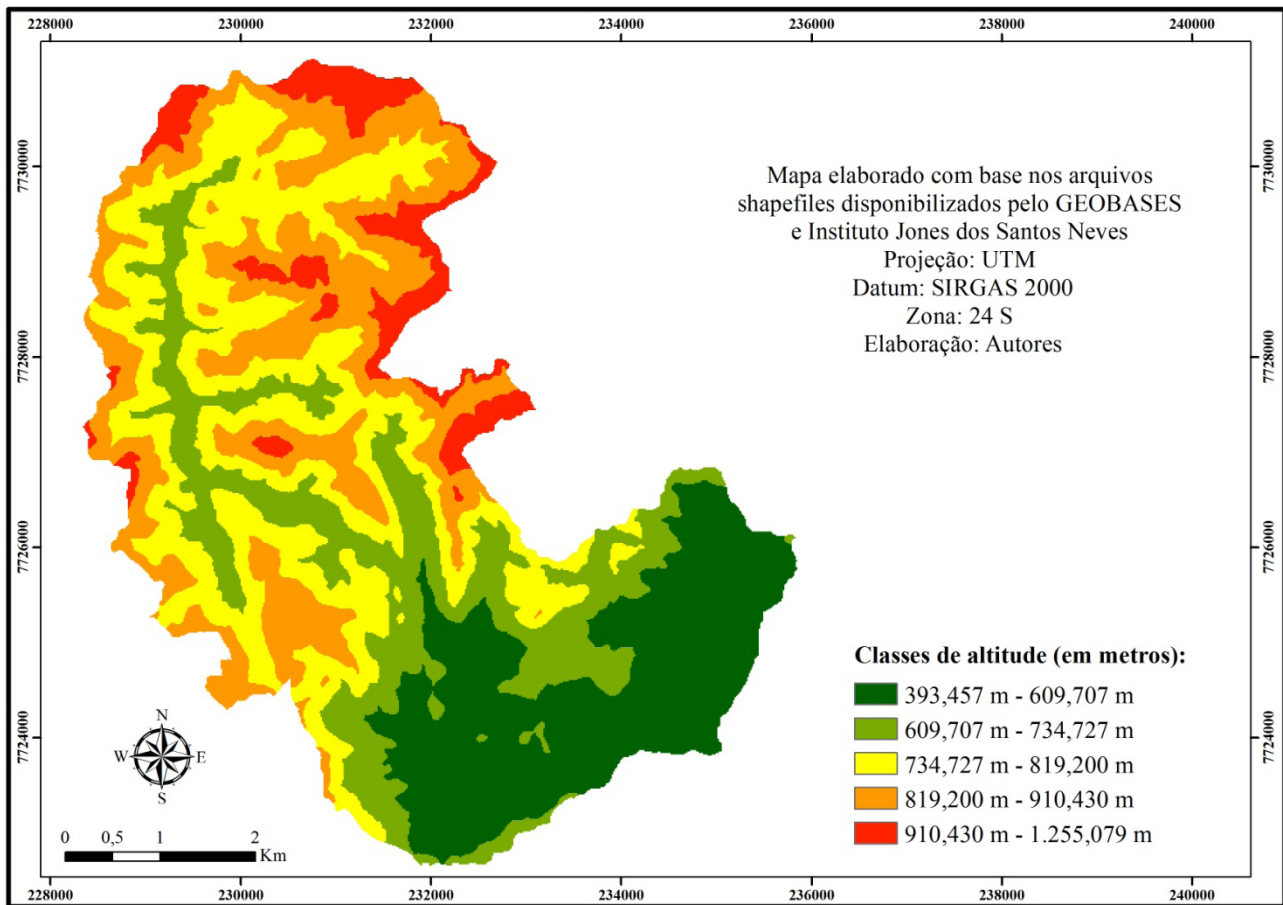
No entanto, a declividade apresentou valores expressivos em vários trechos da sub-bacia. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e bem mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas de enchentes, indicando maiores variações de vazões instantâneas (Gerber et al., 2018). Portanto, os elevados valores de declividade, juntamente com o índice de

rugosidade, caracterizam a BHRSD com potencialidade expressiva a erosão, o que requer um planejamento conservacionista das atividades executadas. A vegetação, por exemplo, funciona como filtro entre os terrenos mais altos e os corpos hídricos, atenuando o escoamento superficial e absorvendo nutrientes do escoamento subsuperficial (Schmitt; Moreira, 2015).

A altitude na BHRSD varia de 393,47 m a 1255,08 m, com média aritmética igual a 735,61 m e desvio padrão

de 136,258 m. A Figura 3 mostra o mapa de altimetria da BHRSD.

Figura 3 – Mapa altimétrico da BHRSD



A BHRSD possui altitudes que superam 1000 m, além de ter elevada variação. Grandes variações de altitude em uma bacia hidrográfica acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração e precipitação anual (Gerber et al., 2018). Portanto, tais fenômenos podem ser perceptíveis na BHRSD, influenciando, assim, na dinâmica ambiental de diferentes locais da sub-bacia estudada.

Conclusão

A BHRSD possui potencialidade muito baixa à ocorrência enchentes, além de ter área suficiente para abastecer seus cursos hídricos e ser bem drenada. Todavia, as características do relevo indicam elevada tendência à erosão, sendo o principal problema dessa sub-bacia. Assim, indicam uma situação muito favorável ao escoamento superficial das precipitações e um risco à produtividade e conservação dos solos locais. Faz-se necessária a manutenção de uma cobertura vegetal mais densa junto com práticas corretas de manejo agropecuário, além de um planejamento antrópico correto.

Referências

Ana. Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços. 2020. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>.

Ataide, L. C. P.; Rodrigues, R. S. S.; Pessoa, F. C. L. 2017. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 11: 130-138. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/4943/4276>.

Bier, F. B.; Franco, D.; Silva, V. E. C. 2017. Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC. 2013. Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, SC, Brasil, 22.

Coliado, P. H. S.; Simonetti, V. C.; Silva, D. C. C. 2020. Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Pariqueira-Açu no baixo Ribeira de Iguape (SP). Holos Environment, 20: 320-334. Doi: <https://doi.org/10.14295/holos.v20i3.12386>.

- Curtarelli, M. P. 2009. SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, Brasil, 14. Disponível em: <http://www.gthidro.ufsc.br/arquivos/4693-4699.pdf>.
- Doriguel, F.; Campos, S.; Delmanto Junior, O. 2015. Caracterização morfométrica da microbacia do Córrego Maria Pires, Santa Maria da Serra, Estado de São Paulo, Brasil. Energia na Agricultura, 30: 372–377. Doi: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n4p372-377>.
- Embrapa. 2013. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. Rio de Janeiro. Embrapa.
- Geobases. IEMA – mapeamento ES – 2012–2015. 2020. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 1 jun. 2020.
- Gerber, D.; Pertille, C. T.; Vieira, F. S.; Corrêa, B. J. S.; Souza, C. F. 2018. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. Acta Biológica Catarinense, 5: 72–83. Doi: <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v5i1.446>.
- Ijsn. Shapefiles. 2020. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>.
- Machado, R. A. S.; Lobão, J. S. B.; Vale, R. M. C.; Souza, A. P. M. J. 2011. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, Brasil, 15.
- Romero, V.; Formiga, K. T. M.; Marcuzzo, F. F. N. 2017. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. Ciência e Natura, 39: 320–340. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467551029011>.
- Santos, A. R. dos.; Louzada, F. L. R. de O.; Eugênio, F. C. 2010. ARCGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais. Alegre, CAUFES. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_ArcGIS%209.3_Aplicacoes_Para_Dados_Espaciais/Livro_ArcGIS93_Total.pdf.
- Schmitt, A.; Moreira, C. R. 2015. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. Cultivando o Saber, 125–137. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/566ec59f31e47.pdf.
- Sousa, F. R. C.; Paula, D. P. 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). Revista de Geociências do Nordeste, 2: 555–564. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10499>.
- Sousa, F. A.; Rodrigues, S. C. 2012. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. Mercator, 11: 141–151. Doi: <https://doi.org/10.4215/RM2012.1125.0011>.
- Stipp, N. A. F.; Campos, R. A.; Caviglione, J. H. 2010. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. Portal da Cartografia, 3: 105–124. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/8929>.
- Tucci, C. E. M. 2009. Hidrologia: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH.
- Villela, S. M.; Mattos, A. 1975. Hidrologia aplicada. São Paulo, McGraw-Hill.
- Ventura, A. 1964. Problemas técnicos da silvicultura paulista. Silvicultura em São Paulo, 3: 61–80.