II *Sustentare* – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas
V WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
17 a 19 de novembro de 2020

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BOM SUCESSO, NO MUNICÍPIO DE IÚNA, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese, caiofiorese@hotmail.com, UFES-Alegre

Resumo

A determinação de alguns indicadores ambientais é de extrema importância, tendo em vista a compreensão das principais vulnerabilidades de uma área, como uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi fazer uma caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Bom Sucesso, a fim de subsidiar melhorias referentes à sua qualidade ambiental e indicar possíveis vulnerabilidades à ocorrência de problemas ambientais. Os procedimentos ocorreram com o auxílio de sistemas de informações geográficas, no programa de computador ArcGIS®. As bases de dados digitais consideradas foram os portais eletrônicos do GEOBASES e da Agência Nacional de Águas. A princípio, foi delimitada a BHCBS para, em seguida, serem obtidos os seguintes parâmetros morfométricos: 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, extensão média do escoamento superficial, densidade de drenagem e densidade hidrográfica. Além do mais, foram plotados os mapas clinométrico e altimétrico para a BHCBS. O coeficiente de compacidade e o fator de forma indicam que a BHCBS possui formato ovalado, com tendência mediana à ocorrência de picos de enchentes. Porém, o índice de circularidade indica que a BHCBS possui potencialidade a enchentes. A sub-bacia necessita de 373,692 m² para manter cada metro de canal de drenagem e é bem drenada, com distribuição de terras muito elevadas. No entanto, apresenta tendência ao escoamento superficial e possui elevada tendência à erosão, devido aos altos declives presentes, com relevo caracterizado como "forte ondulado". É de extrema relevância a continuidade de estudos voltados à análise ambiental da BHCBS, dada a elevada potencialidade à ocorrência de problemas ambientais.

Palavras-chave: geotecnologia, impactos ambientais, indicadores ambientais, recursos hídricos.

1. Introdução

Nas últimas décadas, as ações antrópicas, com destaque para a expansão urbana, têm acelerado e potencializado alterações nas características morfométricas da bacia hidrográfica, por meio da canalização e retilinização de cursos fluviais, terraplanagem, impermeabilização do solo, etc. (OLIVEIRA; BORSATO, 2011).

A busca pela qualidade ambiental necessita de informações que tenham um significado muito maior do que aquele que é fornecido pelas observações diretas. Neste ponto, os chamados indicadores ambientais se constituem como importante ferramenta de auxílio à decisão e cumprem o objetivo de melhorar a comunicação entre pesquisadores, gestores públicos e a sociedade na discussão de temas complexos (MACHADO et al., 2011).

Os indicadores ambientais podem ser capazes de evidenciar possíveis problemas que ocorrem, por exemplo, em nível de bacia hidrográfica. Alguns desses problemas incluem a ocorrência de enchentes e erosão dos solos, o que têm comprometido a qualidade ambiental de muitas bacias hidrográficas. Na BHCBS, devido à carência de estudos na literatura voltados à sua caracterização ambiental, a estimativa e descrição desses indicadores se tornam ainda mais necessários, com vistas à auxiliar, por exemplo, na gestão dos recursos hídricos ali existentes e na sustentabilidade ambiental dessa área.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfométricas da BHCBS, a fim de subsidiar melhorias referentes à sua qualidade ambiental e revelar possíveis vulnerabilidades à ocorrência de alguns dos problemas ambientais.

2. Fundamentação teórica

A bacia hidrográfica é caracterizada como sendo um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Ela é formada a partir das regiões mais altas do relevo por divisores de água, com dinâmica associada a elementos (pedológicos, hidrológicos, geomorfológicos, climáticos, fauna, flora e ocupação antrópica) (PEREIRA; RODRIGUES; VIEGAS, 2016). As bacias hidrográficas são tidas no âmbito do planejamento territorial como a unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais, com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental. No Brasil, este território foi instituído através da Política de Nacional de Recursos Hídricos, a partir da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (CARVALHO, 2020). Esses espaços são definidos, na maioria das vezes, como as melhores unidades de estudo em relação à gestão de recursos hídricos, de modo a apresentarem atributos particulares que influenciam diretamente no comportamento hidrodinâmico dos corpos superficiais e subterrâneos que se encontram na área de contribuição (TSCHIEDEL; PICKBRENNER; MARCUZZO, 2012).

A bacia hidrográfica é constituída por uma região de drenagem de um rio e seus afluentes. Suas características geomorfológicas influenciam no comportamento hidrológico e ambiental do local que está localizada, sendo associadas a parâmetros físicos obtidos pela caracterização morfométrica de bacias hidrográficas. A caracterização morfométrica expressa a relação solo-superfície de uma dada bacia hidrográfica. Considera o relevo, a rede de drenagem e processos ambientais que permitem analisar as características geomorfológicas da região (PEREIRA et al., 2019).

As características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica desempenham papel de fundamental importância nos processos do ciclo hidrológico, exercendo influência na infiltração, no deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficial e subsuperficial. Por exemplo, a geomorfologia e o relevo propriamente ditos influenciam na taxa de deflúvio, ou seja, sobre o regime de produção de água e, consequentemente, sobre a taxa de sedimentação. O padrão de drenagem da bacia, ou seja, o caráter e extensão de seus canais vão exercer influência sobre a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação do deflúvio (STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010).

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas fornece informações relevantes para o planejamento da conservação da água e demonstra a susceptibilidade à erosão e a capacidade de uso do solo (GERBER et al., 2018). Os resultados advindos de trabalhos com

essa abordagem podem ser utilizados para a análise da adequação do local das estruturas de conservação do solo e da água e, posteriormente, esses parâmetros podem ser integrados com outras informações hidrológicas, tais como o uso e cobertura do solo, geologia e nível de água. Assim, almeja-se chegar a uma decisão local adequada para estruturas de conservação de solo e água (ATAIDE; RODRIGUES; PESSOA, 2017). Os parâmetros morfométricos de uma bacia hidrográfica são capazes de fornecer um diagnóstico preliminar, fornecendo subsídios para futuros trabalhos na área, a fim de melhor analisar os processos naturais e antrópicos (OLIVEIRA; BORSATO, 2011).

A utilização de ferramentas geotecnológicas contribui para a análise morfométrica de bacias hidrográficas, pois proporciona maior facilidade na obtenção dos resultados dos parâmetros morfométricos, extraídos de forma semiautomática a partir de derivações do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG's) (MOURA et al., 2018). Toda e qualquer atuação procedente e derivada em uma bacia hidrográfica tem seu princípio fundamentado pelo uso de técnicas de geoprocessamento, onde fundamentalmente atua como principal ferramenta para medições e análise morfométrica das características geomorfológicas, bem como sua localização. Métodos que fazem referência ao uso de técnicas cartográficas têm potencial de validação de grande exatidão, sobretudo quando manejados SIG's em conjunto com uma base de dados geográficos (BDG) e ambientais (TAGLIANI; RODRIGUES; CAMPOS, 2014).

3. Metodologia

A BHCBS fica localizada na área rural do município de Iúna, na mesorregião Sul Caparaó do Estado do Espírito Santo. É caracterizada pela predominância de atividades rurais, principalmente da cafeicultura e pecuária. O clima da região, segundo Koppen, é classificado como Cwa, ou seja, clima subtropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18 ºC, e verão quente, com temperaturas superiores a 22 ºC (EMBRAPA, 2020). A Figura 1 apresenta a localização da BHCBS.

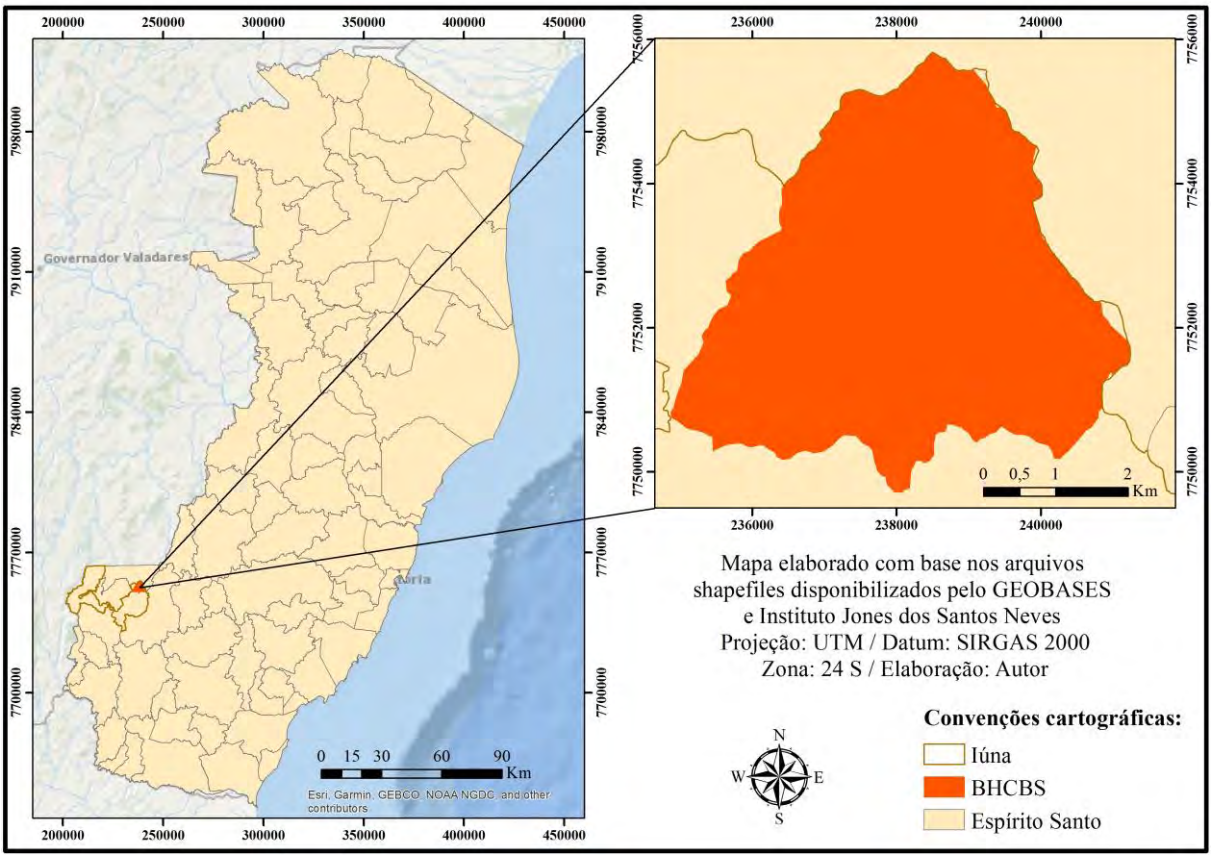


Figura 1 – Localização da BHCBS. Fonte: Adaptado de GEOBASES (2020) e Instituto Jones dos Santos Neves (2020).

Os procedimentos ocorreram com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas, no programa ArcGIS®. Os dados geográficos considerados foram adquiridos nos portais eletrônicos do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES, 2020), do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). A princípio, a sub-bacia foi delimitada a partir dos seguintes procedimentos (SANTOS; LOUZADA; EUGÊNIO, 2010): aquisição de feições (arquivos vetoriais) de curvas de nível com equidistância de 5 m, geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), correção do MDE no intuito de preencher possíveis falhas que poderiam interromper o fluxo hídrico, obtenção dos fluxos de direção (*flow direction*) e acumulação (*flow accumulation*), extração da malha hidrográfica e delimitação do exutório. Para auxiliar na demarcação do exutório, foi adquirido um arquivo vetorial referente aos cursos hídricos da região, junto à ANA. Através da preparação do banco de dados abordado, foi possível realizar a análise hidrológica da BHCBS. Nesta pesquisa, foram levantadas, por meio do ArcGIS®, as seguintes características morfométricas: 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, extensão média do escoamento superficial, densidade de drenagem e densidade hidrográfica.

As altitudes máxima, média e mínima foram estimadas através da geração do MDE, observando, assim, os valores por meio dos recursos estatísticos da tabela de atributos. Para determinar as declividades, foi gerado um mapa de declividade a partir do MDE, com auxílio dos recursos da aba *symbology*, nas propriedades do arquivo. A área de drenagem e o perímetro foram obtidos a partir da delimitação da bacia hidrográfica estudada e da edição deste arquivo, em formato shapefile, na tabela de atributos. O comprimento total dos cursos d'água foi obtido a partir da edição de uma feição de cursos d'água, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) e a partir também de estimativas feitas na tabela de atributos dos arquivos. O comprimento total dos canais de drenagem foi estimado através do recurso *summarize*. As equações utilizadas para determinar os demais parâmetros, bem como a literatura consultada, são descritas a seguir:

Coeficiente de compacidade (Kc): Relaciona o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (GEORGIN; OLIVEIRA; ROSA, 2015). De acordo com Villela e Mattos (1975), esse é um coeficiente que varia com a forma de uma bacia, que independe do seu tamanho. É estimado pela equação (1):

$$KC = 0{,}28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \qquad (1)$$

Em que: KC = coeficiente de compacidade (adimensional); P = perímetro da bacia (Km); A = área da bacia (Km²). Quanto mais próximo de 1 estiver o KC, mais circular será a forma da bacia. Portanto, menor será o tempo de concentração de suas águas até o canal principal, aumentando a probabilidade de enchentes (CORREIA; BETTINE, 2015).

Fator de forma (Kf): Relaciona a forma de uma bacia com um retângulo. Significa a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, desde sua foz até o ponto mais distante (SANTOS et al., 2012). Esse valor foi estimado através da equação (2).

$$Kf = \frac{A}{L^2} \qquad (2)$$

Sendo: Kf = fator de forma; A = área (Km²); L = comprimento axial (Km) (SANTOS et al., 2012).

Índice de circularidade (Ic): Quanto mais perto da unidade, mais próxima da forma circular será a bacia, sendo também mais propensa ao desenvolvimento de cheias. Valores menores que 0,51 correspondem a bacias de formato alongado, que favorece o escoamento, ao passo que valores maiores que 0,51 correspondem a bacias de formato circular, que favorecem o desenvolvimento de inundações (MOURA et al., 2018). Este índice relaciona a área da bacia (A) e o perímetro (P), ou seja (equação (3)):

$$Ic = 12{,}57 \times \frac{A}{P^2} \qquad (3)$$

Densidade de drenagem (Dd)**:** Indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. É o índice que indica o grau de desenvolvimento da drenagem (CURTARELLI, 2009). Esse valor é obtido por meio da equação (4):

$$Dd = \frac{LTC}{A} \qquad (4)$$

Em que: Dd = densidade de drenagem (Km^{-1}); LTC = comprimento total dos cursos

d'água (Km); A = área da bacia (Km²).

O Coeficiente de Manutenção (Cm) representa um índice que visa calcular a área mínima que a bacia precisa dispor para a manutenção de um metro de canal fluvial (SILVA et al., 2018). Este coeficiente evidencia áreas de recarga, podendo ser associado à impermeabilização do solo e ao tipo de substrato rochoso. Permite avaliar o risco de disponibilidade hídrica (MACHADO et al., 2011). É estimado a partir da equação (5):

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (5)$$

Extensão média do escoamento superficial (Lm): é a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre a área de uma bacia hidrográfica, se o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde houve precipitação pluviométrica até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer (GUARIZ, 2008). É obtido através da equação (6):

$$Lm = \frac{A}{4 \times LTC} \quad (6)$$

Sendo: Lm = extensão média do escoamento superficial (Km); A = área da bacia (Km²); LTC = comprimento total dos cursos d'água (Km).

Extensão do percurso superficial (EPS): É a distância média percorrida pelas enxurradas do interflúvio até o canal permanente, sendo uma das variáveis mais importantes que afeta nas partes hidrológica e fisiológica das bacias de drenagem. Considera, para sua obtenção, o valor da densidade de drenagem (Dd) (ROMERO; FORMIGA; MARCUZZO, 2017). Esse valor, dado em Km, pode ser estimado através da equação (7).

$$EPS = \frac{1}{2 \times Dd} \quad (7)$$

Coeficiente de massividade (Cm): representa a divisão da altitude média (Am) da sub-bacia pela área da sub-bacia (A). Este índice indica a caracterização da sub-bacia quanto a distribuição de terras baixas e altas. Valores menores que 0,5 m/km² correspondem a bacias com distribuição maior de terras baixas (BORSATO, 2005). É expresso pela equação (8):

$$Cm = \frac{Am}{A} \quad (8)$$

Coeficiente orográfico (Co): estimado através do produto da altitude média (Am) da sub-bacia com o coeficiente de massividade (Cm) (TSCHIEDEL; PICKBRENNER; MARCUZZO, 2012), através da equação (9):

$$Co = Am \times Cm \quad (9)$$

Índice de rugosidade (Ir): relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, expresso pela declividade média, ou seja, quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (SILVA et al., 2018). É dado pela equação (10):

$$IR = \Delta a \times Dd \quad (10)$$

Em que: Δa = amplitude altimétrica (m) e; Dd = densidade de drenagem (km/km²). O índice de rugosidade pode caracterizar o relevo quanto à declividade. Neste trabalho, o referido

índice foi classificado conforme Sousa e Rodrigues (2012). As informações foram estimadas através do Excel. Posteriormente, as mesmas foram analisadas conforme a literatura considerada e as observações feitas.

4. Resultados

A BHCBS possui área e perímetro de drenagem iguais a 22,215 km² e 22,2 km, respectivamente. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos para cada parâmetro morfométrico considerado.

Tabela 1 – Resultados estimados para cada parâmetro

Parâmetros morfométricos	Resultado
Área de drenagem	22,215 km²
Perímetro	22,2 km
Coeficiente de compacidade	1,319
Fator de forma	0,582
Índice de circularidade	0,567
Coeficiente de manutenção	373,692 m²
Coeficiente de massividade	38,372 m/km² ou 3,8372 x 10^{-5} m^{-1}
Coeficiente orográfico	32709,828 m²/km²
Densidade de drenagem	2,676 km/km²
Extensão do percurso superficial	0,187 km ou 187 m
Índice de rugosidade	555,109 m

A altimetria da BHCBS varia de 645 m a 1440 m, com amplitude de 207,44 m, média aritmética de 852,44 m e desvio padrão igual a 143,27 m. Já a declividade varia de 0% a 319%, com média aritmética igual a 38,147% e desvio padrão de 20,852%. As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, os mapas altimétrico e clinométrico da sub-bacia estudada.

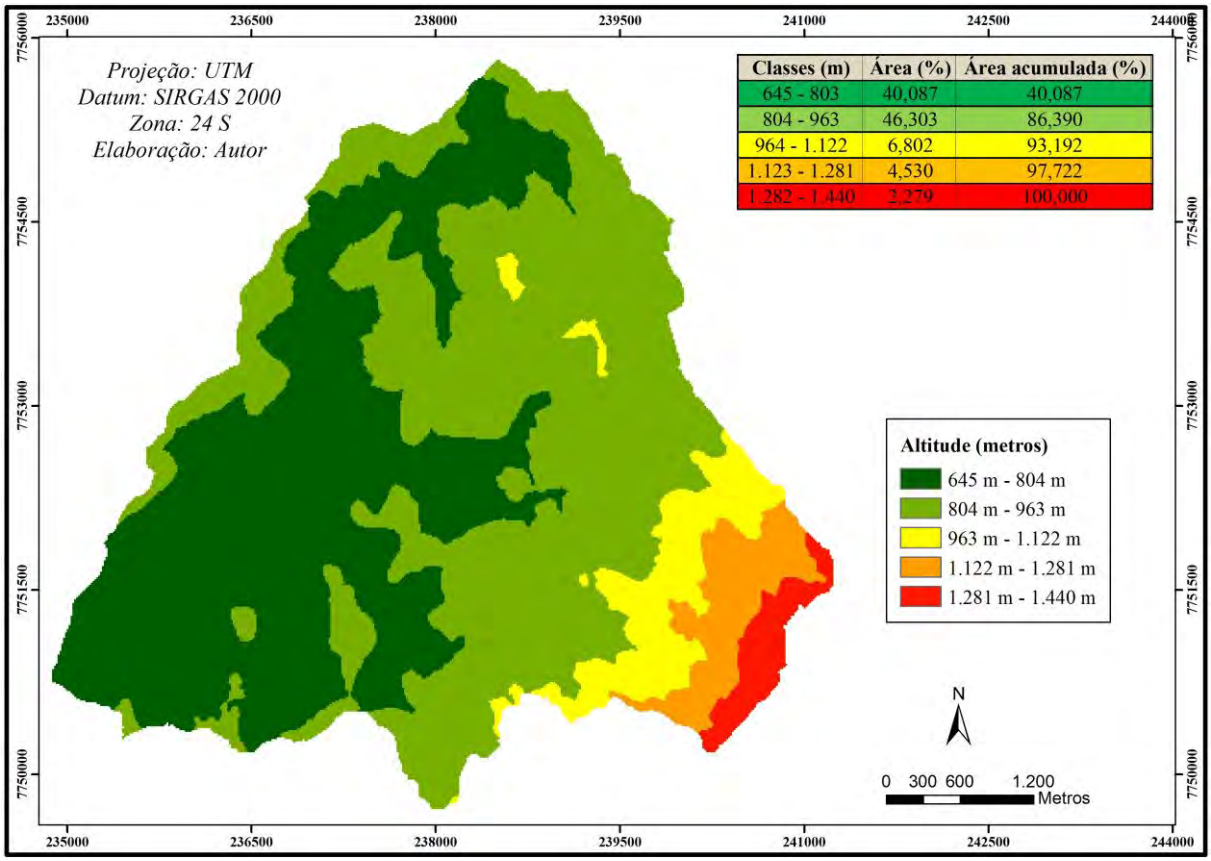


Figura 2 – Mapa de altimetria. Fonte: O Autor.

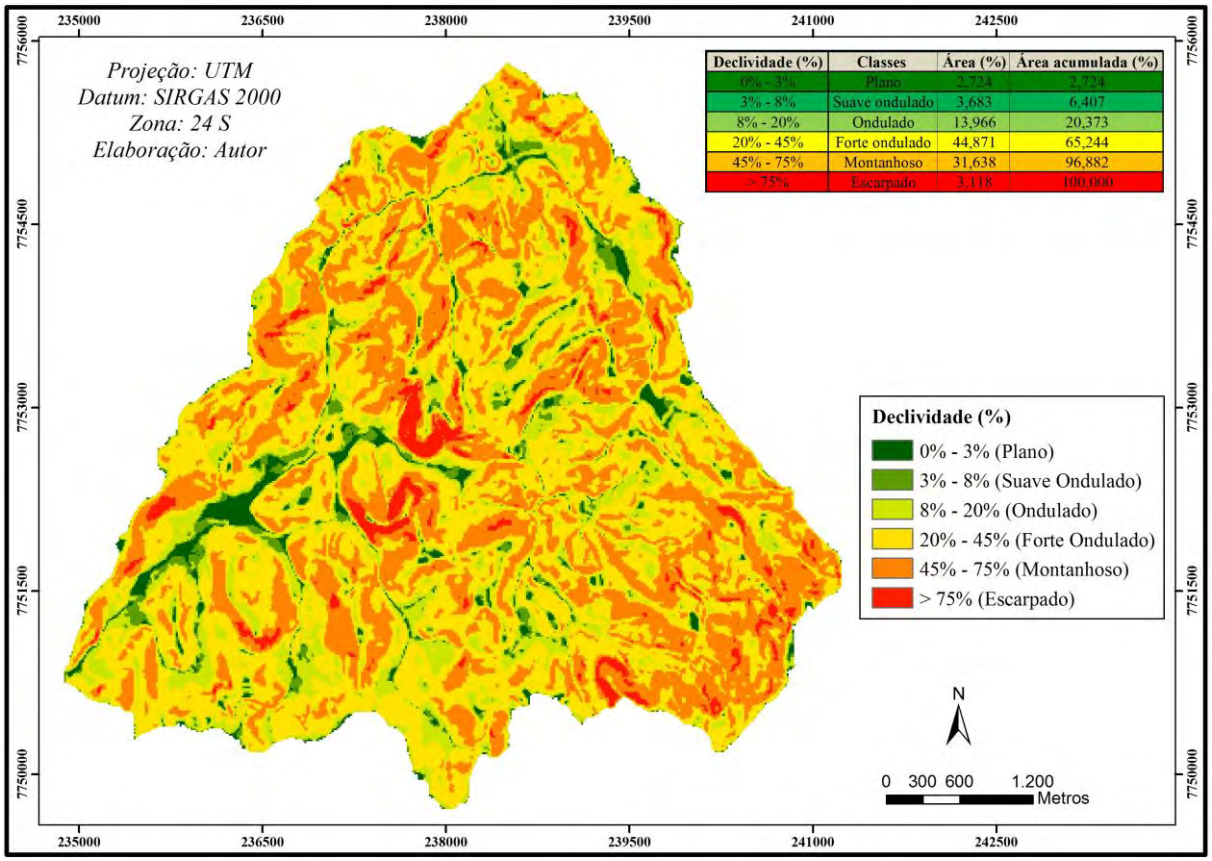


Figura 3 – Mapa de declividade. Fonte: O Autor.

5. Conclusões

O coeficiente de compacidade estimado, assim como o fator de forma, indica que a BHCBS possui formato ovalado, com tendência mediana à ocorrência de picos de enchentes, segundo a classificação de Villela e Mattos (1975). Isso ocorre porque os valores obtidos estão próximos de 1. Quanto mais próximos de 1 esses índices estiverem, mais circular será o formato da sub-bacia. Bacias hidrográficas com formato mais circular tendem a ser mais vulneráveis a enchentes, pois, em uma bacia com formato irregular, há menor probabilidade de uma precipitação pluviométrica cobrir toda a sua extensão (VILLELA; MATTOS, 1975). Já referente ao índice de circularidade, quanto mais próximo de 1 for seu valor, próxima da forma circular será a bacia, sendo também mais propensa ao desenvolvimento de cheias (MOURA et al., 2018). O índice de circularidade obtido, por ser maior que 0,51, também indica que a BHCBS possui tendência à ocorrência de enchentes. Com base nos três parâmetros discutidos, entende-se que a BHCBS possui potencialidade a enchentes, embora não muito elevada.

O coeficiente de manutenção obtido evidencia que a BHCBS necessita de uma área igual a 373,692 m² para manter cada metro de canal de drenagem. Esse valor é bem inferior ao obtido em estudos semelhantes feitos em outras bacias hidrográficas, como a bacia hidrográfica do rio Taquara (1022,642 m², segundo Stipp, Campos e Caviglione (2010)). Porém, é ligeiramente

superior ao obtido na sub-bacia hidrográfica do córrego Amorim (355,872 m², segundo Fiorese e Torres (2019)). Assim, deduz-se que o coeficiente de manutenção na BHCBS indica que não são necessárias extensas áreas para abastecer cada metro de canal hídrico, sendo um fator positivo na manutenção de canais perenes e no abastecimento hídrico dessa sub-bacia hidrográfica.

O coeficiente de massividade estimado foi muito superior a 0,5 m/km² e, assim, indica que a BHCBS possui grande distribuição de terras muito elevadas. Isso é justificado, principalmente, por ser uma bacia hidrográfica localizada em cabeceiras, com altitudes maiores. Segundo Sousa e Rodrigues (2012), o coeficiente orográfico representa o volume rochoso atual, enquanto que o coeficiente de massividade significa a massa rochosa remanescente. Portanto, a BHCBS possui alto volume rochoso, pois o coeficiente orográfico estimado também é considerado muito elevado, sendo superior ao de várias bacias hidrográficas, como a sub-bacia do córrego Amorim (5765,454 m²/km², segundo Fiorese e Torres (2019)).

A densidade de drenagem obtida indica que a BHBS apresenta drenagem alta, ou seja, é bem drenada, conforme a classificação de Sousa e Rodrigues (2012). Áreas densamente drenadas tendem a ter processos erosivos mais intensos e por isso merecem mais atenção com relação as suas práticas de manejo e conservação de mata ciliar. Teoricamente, quanto maior a densidade, menor o comprimento dos rios (MACHADO et al., 2011). Portanto, a BHCBS possui potencialidade à erosão, o que requer medidas conservacionistas adequadas na região. Por se tratar de uma bacia localizada em cabeceira, um manejo adequado da terra e a manutenção da cobertura vegetal nativa são medidas indispensáveis para favorecer à infiltração de água no solo em detrimento ao escoamento superficial.

A extensão do percurso superficial (EPS) indica que, na BHCBS, o fluxo d'água vindo de precipitações pluviométricas percorre cerca de 187 m para atingir um canal hídrico mais próximo. Na BHCBS, o valor estimado é classificado como alto, segundo a classificação de Sousa e Rodrigues (2012). Ainda de acordo com Sousa e Rodrigues (2012), valores de EPS classificados como mediano a baixo favorecem à infiltração, ao passo que valores de alto a muito alto favorecem o escoamento superficial. Assim, a BHCBS possui tendência ao escoamento superficial das águas pluviais, o que favorece à ocorrência de erosão e pode interferir, ainda, na ocorrência de enchentes.

O índice de rugosidade estimado indica que a BHCBS possui classe de rugosidade caracterizada como "forte", segundo a classificação de Sousa e Rodrigues (2012). Levando em conta que o índice de rugosidade influencia na infiltração e no escoamento superficial, valores classificados de "fraco" a "médio" indicam tendência à infiltração, ao passo que valores classificados como "médio" a "alto" indicam favorecem o escoamento superficial, impulsionando os processos erosivos (SOUSA; RODRIGUES, 2012). Portanto, esse parâmetro também ressalta a elevada tendência à erosão das terras da BHCBS e a tendência ao escoamento superficial, além de enfatizar a importância da adoção de técnicas que favoreçam à infiltração de água no solo.

O mapa clinométrico da BHCBS revela que a maior parte das terras possui relevo caracterizado como "forte ondulado", segundo a classificação proposta pela Empresa Brasileira

de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013). A declividade média da BHCBS permite também caracterizar a susceptibilidade erosiva como "muito forte", conforme a classificação proposta por Ramalho Filho e Beek (1995). A declividade pode ser influenciada pela relação entre a precipitação e o deflúvio da bacia hidrográfica, o que pode interferir na velocidade de escoamento superficial e infiltração de água no solo, e que pode ser amenizado pela cobertura vegetal (SILVA et al., 2018). Além do mais, a declividade está diretamente associada ao tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento, menor é o tempo de concentração das águas pluviais e maior as perspectivas de picos de enchentes (PALARETTI, 2020). Portanto, a BHCBS possui relevo com altas irregularidades, o que pode influenciar na infiltração de água no solo e favorecer o escoamento superficial. No entanto, Palaretti (2020) afirma que a magnitude desses picos de enchente e a infiltração da água dependem da declividade média da bacia associada, por exemplo, à cobertura vegetal e ao tipo de uso da terra. Sendo assim, a manutenção da cobertura vegetal nativa nas áreas mais declivosas é uma medida que favorece à infiltração de água e minimiza o fenômeno da erosão.

A BHCBS possui a maior parte de suas áreas com altitudes que variam de 645 m a 963 m. A elevação média e a variação de uma bacia são fatores importantes com relação à precipitação e à temperatura. Grandes variações de altitude acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração e precipitação anual GERBER, et al., 2018). Na BHCBS, as altas irregularidades altimétricas e clinométricas ocasionam a ocorrência dos fenômenos mencionados.

De maneira geral, a BHCBS possui potencialidade à ocorrência de fenômenos naturais que podem comprometer a sua qualidade ambiental. Como fenômenos, podem ocorrer em grandes proporções a erosão dos solos, enchentes, escoamento superficial da água e variações na temperatura média, evapotranspiração e precipitação pluviométrica anual. No entanto, a BHCBS possui ótima capacidade de abastecer seus cursos hídricos e uma drenagem boa. Assim, os objetivos traçados neste trabalho foram atendidos, embora seja de grande relevância a continuidade de estudos voltados à análise ambiental na BHCBS referentes a temas como, por exemplo, vulnerabilidade natural à perda de solos e dinâmica de uso e ocupação do solo. Também se sugere a continuidade desta pesquisa associando os resultados obtidos com a realidade vista na sub-bacia estudada.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2020. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços**. In: http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home (acessado em 28 de Junho de 2020).

ATAIDE, L. C. P. de.; RODRIGUES, R. S. S.; PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n. 1, p. 130-138, jan./dez. 2017.

BORSATO, F. H. **Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan./jun, 2020.

CORREIA, L. E.; BETTINE, S. do C. Caracterização física da bacia hidrográfica do córrego Brandina, Campinas – SP. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: PUC, 2015.

CURTARELLI, M. P. SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009.

EMBRAPA. 2020. **Clima**. In: https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm (acessado em 2 de Outubro de 2020).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

FIORESE, C. H. U.; TORRES, H. Morfometria da sub-bacia hidrográfica do córrego Amorim, em Muniz Freire-ES, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 157-172, 2019.

GEOBASES. 2020. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. In: https://geobases.es.gov.br/links-para-mapes1215 (acessado em 1 de Junho de 2020).

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. D. da. 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**, v. 19, n. 2, p. 1357-1364, 2015.

GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. de. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí – Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 1, p. 72-83, jan./abr. 2018.

GUARIZ, H. R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do córrego Jaqueira – Alegre, ES**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. 2020. **Shapefiles**. In: http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/ (acessado em 1 de Junho de 2020).

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. do.; SOUZA, A. P. M. J. de. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais…** Curitiba: INPE, 2011.

MOURA, D. M. B. de.; OLIVEIRA, R. M. de.; OLIVEIRA, I. J. de.; NASCIMENTO, D. T. F. do.; ALVES, W. dos S. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia

hidrográfica do ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil. **Revista Internacional de Ciencia y Tecnologia de la Información Geográfica**, n. 21, p. 19-37, 2018.

OLIVEIRA, É. D. de.; BORSATO, V. A. Propriedades morfométricas da bacia hidrográfica do córrego Marumbizinho, Jandaia do Sul/PR. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 76-94, jun. 2011.

PALARETTI, L. F. **Bacia hidrográfica**. 2020. In: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/luizfabianopalaretti/bacia-hidrografica.pdf (acessado em 14 de Outubro de 2020).

PEREIRA, L. C. F.; BRITO, G. H. M.; VESPUCCI, I. L.; ROCHA, I. J. de F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio dos Patos, GO. **Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 5-13, 2019.

PEREIRA, P. R. M.; RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C. Diagnóstico ambiental e caracterização morfométrica das Microbacias Hidrográficas de Pedro do Rosário, Amazônia Maranhense (Brasil). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 5, p. 153-163, 2016.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017.

SANTOS, A. M. dos.; TARGA, M. dos S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, A. R. dos.; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C. **ArcGIS 9.3 total:** aplicações para dados espaciais. 2.ed. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.

SILVA, G. C. da.; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; ALVES JUNIOR, J. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 244-258, 2018.

SOUSA, F. A. de.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010.

TAGLIANI, F. de S. N.; RODRIGUES, M. T.; CAMPOS, S. Geoprocessamento de variáveis morfométricas para caracterização da microbacia córrego do Petiço. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, p. 117-132, 2014.

TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Ánálise hidromorfológica da sub-bacia 87. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.