



CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO – BRASIL

**Morphometric characterization of the Alto Santa Maria da Vitória Sub Hydrographic
Basin, Espírito Santo - Brazil**

Olga Letícia Lacerda Dias¹

Gemael Barbosa Lima²

Maycon Patricio de Hollanda³

1. Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela FARESE.

E-mail: leticiaolga53@gmail.com

2. Professor da FARESE.

E-mail: gemaelbarbosalima@professorfarese.com.br

3. Professor da FARESE.

E-mail: mayconpatricio@professorfarese.com.br

Instituto de Ensino Superior da Região Serrana.
Rua Jequitibá, 121 – Centro
Santa Maria de Jetibá – ES – Brasil – CEP 29645-000

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Morphometric characterization of the Alto Santa Maria da Vitória Sub Hydrographic Basin, Espírito Santo – Brazil

RESUMO

A bacia hidrográfica é um sistema físico caracterizado como uma área de captação da água oriunda de precipitação, delimitada por divisores topográficos, na qual todo o fluxo é direcionado para o exutório, sendo este o único ponto de saída. Conhecer o ambiente físico de uma bacia é essencial para elucidar áreas de fragilidade natural e áreas potencializadas por atividades antrópicas, planejando meios de garantir a sua preservação. Assim, a bacia hidrográfica torna-se a unidade apropriada para o estudo de diversos processos que ocorrem na superfície terrestre. Neste sentido, este estudo teve como objetivo compreender o comportamento hidrológico da Sub Bacia Hidrográfica do Alto Santa Maria da Vitória (ASMV), localizada na porção Central do Estado do Espírito Santo (Brasil), através da obtenção e análise das suas características morfométricas por meio de técnicas de geoprocessamento realizadas com auxílio do programa computacional livre Qgis® 3.10.6. Os resultados demonstram que a Sub Bacia em questão possui área de 365 km² com perímetro de 142 km, formato alongado, evidenciado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, e conseqüentemente, não propensa a grandes enchentes em condições normais de precipitação; padrão de drenagem dendrítico, grau 5 de ramificação. Os resultados obtidos contribuem como aporte teórico-metodológico com o planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos. Sugere-se para trabalhos futuros o aprofundamento desta caracterização, considerando individualmente cada micro bacia existente dentro da ASMV, além de outras pesquisas relacionadas a vazão, precipitação, qualidade da água e propriedades do solo.

Palavras-chave: Imagens de satélite; Modelo Digital de Elevação; Enchentes; Escoamento superficial; SIG;

ABSTRACT

The hydrographic basin is a physical system characterized as an area for the capture of water from precipitation, delimited by topographic dividers, in which the entire flow is directed to the exutory, this being the only point of exit. Knowing the physical environment of a basin is essential to elucidate areas of natural fragility and areas enhanced by human activities, planning ways to guarantee their preservation. Thus, the hydrographic basin becomes the appropriate unit for the study of several processes that occur on the Earth's surface. In this sense, this study aimed to understand the hydrological behavior of the Alto Santa Maria da Vitória Hydrographic Sub-Basin (ASMV), located in the Central portion of the State of Espírito Santo (Brazil), by obtaining and analyzing its morphometric characteristics through geoprocessing techniques performed with the aid of the free computational application Qgis® 3.10.6. The results show that the Sub Basin in question has an area of 365 km² with a perimeter of 142 km, an elongated shape, evidenced by the circularity index, compactness coefficient and shape factor, and consequently not prone to large floods under normal precipitation conditions; dendritic drainage pattern, grade 6 branching. The results obtained contribute as a theoretical-methodological contribution to the environmental planning and management of water resources. It is suggested for further work to deepen this characterization, considering individually each micro basin within the ASMV Sub Basin, in addition to other research related to flow, precipitation, water quality and soil properties.

Keywords: Satellite images; Digital Elevation Model; Floods; Surface runoff; GIS;

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos uma grande preocupação da sociedade tem sido a preservação ambiental. O uso indiscriminado do solo, desconsiderando suas potencialidades e o grau de sensibilidade (fragilidade e/ou estabilidade) dos agroecossistemas é uma das principais causas da degradação (MORO NETO, 2017). Em especial os recursos hídricos estão sendo fortemente comprometidos tanto em qualidade quanto em quantidade, igualmente no que diz respeito às alterações das estruturas dos cursos d'água (EMBRAPA, 2012).

Conhecer o ambiente físico de acordo com Rodrigues *et al.*, (2016), é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e áreas potencializadas por atividades antrópicas, planejando meios de garantir a sua preservação. Desta forma a bacia hidrográfica torna-se a unidade apropriada para o estudo de diversos processos que ocorrem na superfície terrestre, bem como, é a unidade ideal para gestão sustentável dos recursos naturais (MOREIRA *et al.*, 2017; CHANDRASHEKAR *et al.*, 2015; FARHAN *et al.*, 2015), uma vez que existe nesta unidade uma relação de interdependência natural, onde um fator interage sobre o outro (GUARIZ, 2008).

A bacia hidrográfica é um sistema físico caracterizado como uma área de captação da água oriunda de precipitação, delimitada por divisores topográficos, na qual todo o fluxo é direcionado para o exutório, sendo este o único ponto de saída (PINTO *et al.*, 2018). De acordo com a lei 9.433/97 a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

O termo “manejo de bacias hidrográficas” está ligado a regularização, controle e manejo dos recursos naturais disponíveis dentro da bacia hidrográfica no intuito de proteger ou até mesmo garantir a permanência e/ou aumento da produção de água; considerando as relações existentes entre utilização do solo, recursos naturais e vegetação (SANTOS, 2001; LIMA, 1986). Segundo Souza (2016) o manejo de bacias hidrográficas pode ser entendido como o conjunto de ações que organizam e orientam o uso e a ocupação do solo e demais recursos existentes na bacia, visando o uso sustentável do solo e da água, assim como a produção de bens e serviços. Neste sentido vale ressaltar que o pilar de uma boa gestão

de recursos hídricos é a disponibilidade de dados confiáveis para avaliar o planejamento e a operação dos sistemas hídricos, desta forma o conhecimento hidrológico deve ser visto como ferramenta fundamental (VILAÇA *et al.*, 2009) e sendo assim, se justifica a necessidade de estudos voltados para o entendimento da dinâmica ambiental das bacias hidrográficas como por exemplo a caracterização morfométrica.

As características morfométricas indicam as relações entre a rede de drenagem e a respectiva área drenada, refletindo a fisiografia e a dinâmica interna da bacia hidrográfica relacionadas à manifestação dos processos de formação e degradação da superfície (PISSARRA *et al.*, 2010; FARIA *et al.*, 2017). Segundo Tonello *et al.*, (2006), as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica possuem papel fundamental nos processos do ciclo hidrológico influenciando, nas taxas de infiltração, quantidade de água produzida como deflúvio, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial. Além disso são de grande importância nos estudos técnicos durante a elaboração de diversos projetos, tais como, projetos hidroagrícolas, construção de barragens, escolha de fontes de abastecimento de água, estudos sobre aproveitamento hidrelétrico, regularização e regionalização de vazões, entre outros; (GUARIZ, 2008).

Nos dias atuais a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas tem sido realizada com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), podendo ser este procedimento realizado de forma manual ou automática. Neste processo são utilizadas, informações de relevo associadas a uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE). Esses modelos podem ser obtidos por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de cartas topográficas ou através de imagens oriundas de sensoriamento remoto. A utilização deste tipo de dado para análises em ambiente SIG apresenta grandes vantagens como os recursos digitais (velocidade, repetibilidade e integração com outras bases de dados), a redução de intervenções manuais e, portanto, subjetividade e a possibilidade de representação paramétrica (DE OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Neste contexto, existem vários trabalhos de caracterização morfométrica de Bacias Hidrográficas na literatura utilizando SIG, como por exemplo Moreira *et al.*, (2017); Santos *et al.*, (2018), Costa *et al.*, (2020);

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória (BHSMV) constitui um dos principais mananciais de abastecimento de água para a Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Ela, juntamente com a bacia hidrográfica do Rio Jucu são consideradas estratégicas sob o ponto de vista socioeconômico e ambiental devido ao fato de serem responsáveis pelo abastecimento da população, das indústrias e pela irrigação agrícola, bem como a manutenção dos ecossistemas deles dependentes (OLIVEIRA, 2011). Dada a importância destas, fazem-se necessários estudos que visem subsidiar ações que garantam o desenvolvimento sustentável na região.

O presente estudo teve por objetivo realizar caracterização morfométrica na Sub Bacia Hidrográfica do Alto Santa Maria da Vitória (ASMV), a qual abrange a parte de cabeceira e nascente da BHSMV, região que ainda não possui estudos voltados para esta área. Espera-se com este trabalho contribuir com informações importantes as quais poderão ser utilizadas para implementação de ações governamentais dentro da bacia, e elucidação de áreas ambientalmente vulneráveis que por consequência necessitem de maior atenção. Os objetivos a serem alcançados com a realização deste estudo fundamentam-se em utilizar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para obtenção das características físicas da Sub Bacia do ASMV; realizar a análise dos parâmetros morfométricos obtidos e identificar a possibilidade de ocorrência de enchentes dentro da bacia.

MATERIAS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BHSMV, localiza-se na região central do estado do Espírito Santo, no quadrante compreendido entre as coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) 286865.00 m E/ 7793965.00 m S e 372666.00 m E/ 7749972.00 m S. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 1.876 km² abrangendo todo o município de Santa Maria de Jetibá e Santa Leopoldina, além de parte dos municípios de Cariacica, Serra e Vitória (AGERH, 2020).

As precipitações pluviométricas anuais da BHSMV variam de 1100 a 1300 mm nas proximidades do litoral e crescem em direção à cabeceira até a ordem de 1800 mm (SALDANHA, 2007; CORREIA JUNIOR, 2003). De acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1900), o clima predominante na região é o tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno e temperaturas médias variando entre 19°C e 28°C (SALDANHA, 2007).

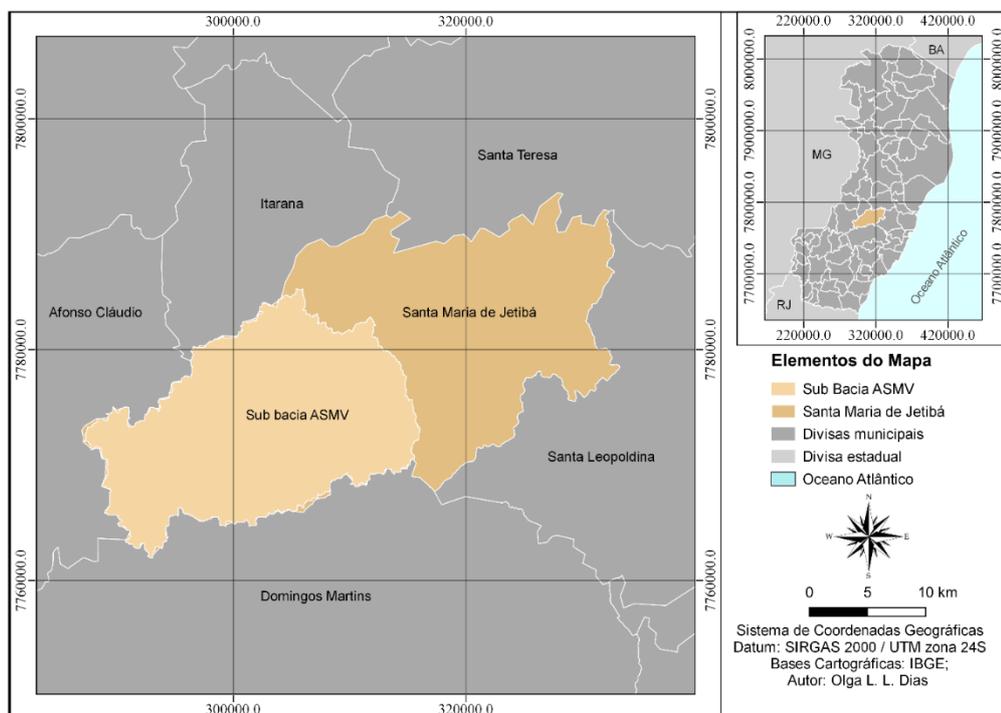
O Rio Santa Maria da Vitória o qual dá nome à bacia, nasce na região serrana, na Serra do Garrafão, no município de Santa Maria de Jetibá (COELHO, 2017). Seus principais afluentes são, pela margem esquerda, os rios Possmouser, Claro, São Luís, Bonito, da Prata e Timbuí e, pela margem direita, os rios Mangaraí, das Pedras, Caramuru, Duas Bocas, Triunfo, Jequitibá, Farinhas, Fumaça e São Miguel (OLIVEIRA, 2011; CSMJ/HABTEC, 1997). Além do rio principal e seus afluentes, a bacia possui três represas: a represa de Duas Bocas, que funciona como reservatório para fins de abastecimento público e, duas represas que atuam como reservatórios para usinas hidrelétricas, a represa de Rio Bonito e a Suíça (COELHO, 2017). Os municípios que compreendem a Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria da Vitória desenvolvem diversas atividades econômicas, como agricultura, pecuária, mineração, indústrias e prestação de atividades comerciais (KOELHERT *et al.*, 2017).

De acordo com a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), a BHSMV é dividida em três Unidades de Planejamento (UPs): Alto Santa Maria da Vitória; Médio Santa Maria da Vitória e Baixo Santa Maria da Vitória (AGERH, 2020), sendo que o presente estudo se desenvolveu no Alto Santa Maria da Vitória (Figura 1).

O solo nesta região é classificado como latossolo vermelho amarelo, sendo normalmente ácido e possui fertilidade natural baixa (INCAPER, 2011). Os latossolos normalmente são solos argilosos, bem estruturados e com alto índice de porosidade, características que favorecem a permeabilidade da água e facilitam o seu movimento em direção ao lençol freático. Nesse aspecto, são também menos suscetíveis à erosão que outros solos (DA COSTA *et al.*, 2015), porém, o preparo e o manejo para fins agrícolas podem influenciar as taxas de erosão hídrica, expondo o mesmo, em maior ou menor intensidade, ao impacto

das gotas de chuva e à ação do escoamento superficial (BRAMORSKI e CRESTANA, 2020).

FIGURA 1 – Mapa de localização da Sub Bacia ASMV.



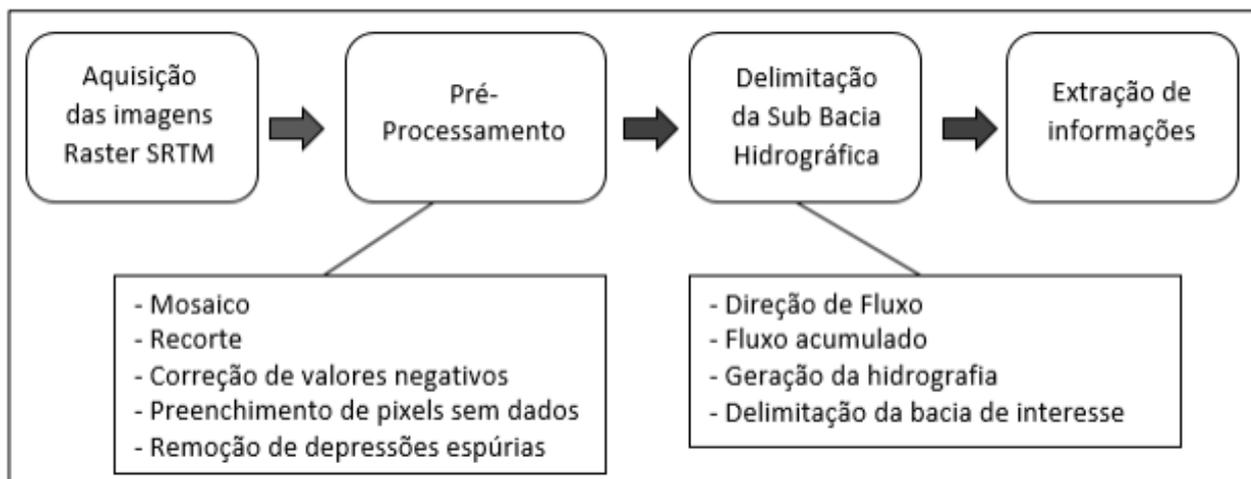
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

DADOS

A delimitação da Sub Bacia do ASMV foi realizada no aplicativo computacional livre Qgis® 3.10.6, com as ferramentas disponíveis no *Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado* (SAGA GIS) integrado ao Qgis®, a partir da utilização de imagens raster MDE, obtidas pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30 metros. Os processos utilizados nesta delimitação estão descritos no fluxograma da Figura 2.

Além das imagens de radar SRTM, foram utilizados arquivos vetoriais, como a malha do estado do Espírito Santo e municípios, disponibilizados gratuitamente no portal de geociências do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do endereço eletrônico <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html>.

FIGURA 2 – Etapas de desenvolvimento do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Após realizada a delimitação da ASMV, foram calculados e/ou medidos os parâmetros morfométricos para a caracterização da mesma, sendo eles: Área de Drenagem (A), Perímetro (P), Padrão de Drenagem, Coeficiente de Compacidade ou Índice de Gravelius (Kc), Fator de Forma (Kf), Índice de Circularidade (Ic), Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh), Extensão Média do Escoamento Superficial (L), Sinuosidade do Curso D'Água Principal (SIN), Índice de Sinuosidade (Is), Razão de Relevo (Rr), Coeficiente de Manutenção do Canal (Cm), Ordem dos Cursos d'água, Tempo de Concentração (tc), Amplitude Altimétrica (Δa) e Declividade Média (S). Tais parâmetros e suas respectivas equações são apresentados a seguir:

O parâmetro A de uma bacia é a área plana (projeção horizontal) inclusa entre os divisores topográficos, e normalmente determinada por planimetria em mapas com escalas razoavelmente grande e expressa em km^2 (VILLELA e MATTOS, 1975). Já perímetro é o comprimento da linha ao longo dos divisores topográficos da bacia (TONELLO, 2005). Ambos são elementos básicos para o cálculo das outras características físicas. Neste estudo tanto a área quanto o perímetro foram extraídas através da ferramenta *calculadora de campo* disponível software Qgis® 3.10.6

O padrão de drenagem é classificado de acordo com Christoletti (1980) citado por Rodrigues *et al.*, (2016), podendo ser do tipo: Dendrítico; Treliça; Paralela; Anelar; Radial; Desarranjadas ou irregulares. Está relacionado ao arranjo formado pelos canais dentro da bacia.

O K_c , é um índice utilizado para determinar a forma de uma bacia hidrográfica procurando relacioná-la com formas geométricas conhecidas, sendo resultado da relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (Equação 1). Quanto maior for o valor do K_c , mais irregular será a forma da bacia. Por outro lado, quanto mais próximo da unidade, mais circular será a mesma, e maior será a probabilidade de ocorrência de enchentes devido que a água oriunda da precipitação alcançará o exutório em um mesmo momento sobrecarregando-o (PINTO *et al.*, 2018; FARIA *et al.*, 2017; VILLELA e MATTOS, 1975).

As bacias podem ser classificadas, de acordo o valor do K_c , em: (SILVA e MELLO, 2008; MOREIRA *et al.*, 2017).

1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

> 1,50 = bacia não sujeita a grandes enchentes.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que K_c : coeficiente de compacidade (adimensional); P: perímetro da bacia (km); A: área da bacia (km²).

O K_f (Equação 2), segundo Villela e Mattos (1975), constitui um outro índice indicativo de tendência a enchentes, de maneira que uma bacia que apresente valor baixo para este índice é classificada como menos sujeita a enchentes quando comparada a outra de mesmo tamanho, porém com valor maior para o mesmo. Isto porque um menor K_f representa uma bacia mais alongada que teoricamente, está menos propícia a uma precipitação em toda a sua área simultaneamente, não sendo, portanto, sujeita a grandes picos de escoamento superficial (DE SOUSA *et al.*, 2016).

Segundo Silva e Mello (2008) o K_f pode assumir os seguintes valores:

$K_f \geq 0,75$ = bacia sujeita a enchentes;

$0,50 < K_f < 0,75$ = bacia com tendência mediana a enchentes;

$K_f < 0,50$ = bacia não sujeita a enchentes.

$$K_f = \frac{A}{L_{ax}^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: K_f fator de forma (adimensional); A : área da bacia (km^2); L_{ax} : comprimento axial da bacia (km) definido comprimento do curso d'água principal mais a distância da sua nascente ao divisor topográfico.

O I_c foi proposto por Miller em 1953 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1974), representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da área total da bacia (Equação 3). O valor de I_c próximo da unidade indica que a bacia se aproxima da forma circular, e quanto mais distante da unidade significa que a bacia possui forma mais alongada. O valor de I_c igual a 0,51 representa um nível moderado de escoamento, não contribuindo na concentração de águas que possibilitem cheias rápidas. Valores maiores que 0,51 indicam que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas); por outro lado, valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento (BORSATO, 2005; GUARIZ, 2008).

$$I_c = \left(\frac{12,57 * A}{P^2} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que I_c : índice de circularidade (adimensional); A : área da bacia (km^2); P : perímetro da bacia (km).

A D_d é calculada obtendo-se o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes, intermitentes ou temporários – e correlacionando com a área total da bacia (Equação 4) (CARDOSO *et al.*, 2006; GUARIZ, 2008).

De acordo com Silva & Mello (2008) a D_d pode ser classificada da seguinte forma:

$D_d \leq 5 \text{ km}/\text{km}^{-2}$ - baixa densidade de drenagem;

$5 \text{ km/km}^{-2} < D_d < 13 \text{ km/km}^{-2}$ - média densidade de drenagem;
 $D_d \geq 13 \text{ km/km}^{-2}$ - alta densidade de drenagem.

$$D_d = \frac{L_{tot}}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que D_d : densidade de drenagem (km/km^2); A : área da bacia (km^2); L_{tot} : somatório dos comprimentos de todos os canais da bacia (km).

A D_h é a relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia (Equação 5). Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (CHRISTOFOLETTI, 1980). O parâmetro considera a média da quantidade de canais por quilômetro quadrado de uma bacia, demonstrando sua capacidade hídrica e competência na formação de novos canais fluviais (DOS SANTOS, 2012).

$$D_h = \frac{N}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que D_h : densidade hidrográfica; (cursos d'água por km^2); N : número de cursos 'água.
 A : área da bacia (km^2);

O parâmetro L como a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento ocorresse em linha reta, desde o ponto onde a chuva caiu até o ponto mais próximo no leito de um curso d'água qualquer (GUARIZ, 2008). Segundo Christofolletti (1980), a extensão do escoamento superficial (L), representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes, que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Pode ser calculada a partir da Equação 6, conforme Barros *et al.*, (2004).

$$L = \frac{A}{4 * L_{tot}} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que L : extensão média do escoamento superficial (km); A : área da bacia (km²); L_{tot} : somatório dos comprimentos de todos os canais da bacia (km).

A relação entre o comprimento do canal principal e o comprimento de seu talvegue, é denominada sinuosidade do curso d'água (VILLELA e MATTOS, 1975). A SIN (Equação 7) é um fator que influencia na velocidade do escoamento superficial e ao mesmo tempo é influenciado pela quantidade de sedimentos que transporta (DE SOUSA *et al.*, 2016). Valores de sinuosidade próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo e valores maiores que 2,0 indicam canais tortuosos. Valores entre 1,0 e 2,0 apontam para formas transicionais, regulares e irregulares (ALVES & CASTRO, 2003; GUARIZ, 2008).

$$SIN = \frac{L_p}{L_t} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que SIN : Sinuosidade do curso d'água principal (adimensional); L_p : comprimento do canal principal (km); L_t : comprimento do talvegue principal (km), (comprimento reto do canal do exutório até a nascente medido a partir do fundo do seu leito (GUARIZ, 2008));

O I_s é expresso em porcentagem e relaciona comprimento do canal principal, com comprimento do talvegue principal (CHRISTOFOLETTI, 1981; EPAGRI, 1997; GUARIZ, 2008). É calculado através da Equação 8, e recebe as seguintes classificações:

$I_s < 20\%$ - canal muito reto;

$20\% \leq I_s < 30\%$ - canal reto;

$30\% \leq I_s < 40\%$ - canal divagante;

$40\% \leq I_s < 50\%$ - canal sinuoso;

$I_s \geq 50\%$ - canal muito sinuoso.

$$I_s = \frac{100(L_p - L_t)}{L_p} \quad (\text{Equação 8})$$

Em que I_s : Índice de sinuosidade do curso d'água principal (%); L_p : comprimento do canal principal (km); L_t : comprimento do talvegue principal (km);

A R_r é definida como a relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento axial da bacia, indicando que quanto mais elevado o valor de Razão de relevo (R_r), maior o desnível entre a cabeceira e a foz. Dessa forma, esse índice (Equação 9) mede a declividade geral de uma bacia de drenagem e é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da bacia (STRAHLER, 1964; GUARIZ, 2008). Quanto maior a R_r , maior será a quantidade de água a escoar superficialmente e, conseqüentemente, maior será a velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia. A R_r pode ser classificada de acordo com os seguintes parâmetros (ROSSI & PFEIFER, 1999):

Razão de relevo baixa = 0,0 a 0,10;

Razão de relevo média = 0,11 a 0,30;

Razão de relevo alta = 0,31 a 0,60.

$$R_r = \frac{\Delta_a}{L_{ax}} * 100 \quad (\text{Equação 9})$$

Em que R_r : Razão de relevo (adimensional); Δ_a : amplitude altimétrica (km); L_{ax} : comprimento axial da bacia (km);

O C_m foi proposto por Schumm (1956) e visa a determinação da área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de drenagem permanente, sendo expresso em m^2/m . É calculado através da Equação 10:

$$C_m = \left(\frac{1}{D_d}\right) * 1000 \quad (\text{Equação 10})$$

Em que C_m : Coeficiente de manutenção do canal (m^2/m); D_d : Densidade de drenagem (km/km^2);

Conforme apresentado por Tucci (2001), a ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação ou bifurcações do sistema de drenagem da bacia, e pode ser classificado de acordo com a metodologia proposta por Strahler (1952). Neste contexto, a ordem dos canais é definida de forma que aqueles que não possuem tributários são chamados canais de primeira ordem. Canais resultantes da junção de dois canais de primeira ordem são definidos como canais de segunda ordem. Canais resultantes da junção de dois canais de

segunda ordem são classificados como canais de terceira ordem, e assim sucessivamente até o exutório da bacia (DE SOUSA *et al*, 2016; FARIA *et al.*, 2017).

O tempo de concentração (t_c) de acordo com Collischonn (2013), é o tempo necessário para que uma gota de água de chuva que atinge a região mais remota da bacia, chegue ao exutório. Este tempo depende tanto da distância de percurso da água como também da velocidade do escoamento. Sendo maior em bacias grandes ou planas, e menor em bacias pequenas ou montanhosas. O t_c para a Sub Bacia do ASMV foi calculado utilizando-se a equação de Dooge (Equação 11). A escolha para utilização da mesma partiu do princípio proposto por collischonn (2013), onde deve-se comparar as características da bacia em estudo, com as características da bacia considerada no desenvolvimento da equação. A equação de Dooge para o tempo de concentração foi estimada com base em dados de 10 bacias rurais na Irlanda, com áreas na faixa de 140 a 930 km², e, portanto, pode ser aplicada para cálculo do tempo de concentração em bacias desta mesma ordem de grandeza (COLLISCHONN, 2013).

$$t_c = 21,88 \cdot \left(\frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \right) \quad (\text{Equação 11})$$

Em que t_c : tempo de concentração (minutos); A : área da bacia (km²); S : declividade do curso d'água principal (adimensional);

A Δa é a diferença de altura em relação ao nível do mar, entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da bacia. Está intimamente ligada com a energia potencial que a água pode alcançar ao escoar dentro da bacia; com a velocidade de escoamento e com as taxas de erosão que pode causar (COLLISCHONN, 2013).

$$\Delta a = (Z_{maior} - Z_{menor}) \quad (\text{Equação 12})$$

Em que Δa : amplitude altimétrica (km); Z_{maior} : cota de altitude do início da rede de drenagem principal; Z_{menor} : cota de altitude do final da rede de drenagem principal;

No presente estudo, a declividade média (Equação 13) foi calculada de acordo com o apresentado por Collischonn (2013), sendo o resultado da diferença entre a cota de altitude do início da rede de drenagem principal, e a cota de altitude do final, dividida pelo comprimento do canal principal. A mesma foi utilizada para cálculo do tempo de concentração. Utilizando as ferramentas disponíveis no Qgis® 3.10.6 foi elaborado também um mapa de declividade da bacia de acordo com intervalos de classes propostos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA).

$$S = \frac{(Z_{100} - Z_0)}{L_p} * 100 \quad (\text{Equação 13})$$

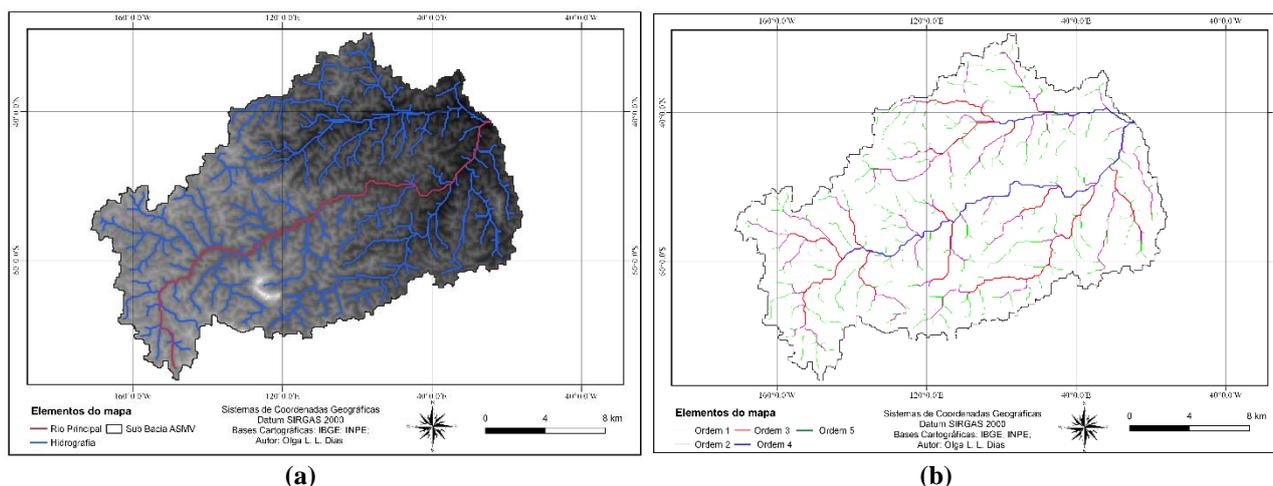
Em que S: Declividade média do canal principal (%); Z_{100} : cota de altitude do início da rede de drenagem principal; Z_0 : cota de altitude do final da rede de drenagem principal; L_p : comprimento do canal principal (km);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de drenagem da Sub Bacia do ASMV totaliza 365 km² com perímetro de 142 km. A Figura 2.a. apresenta o MDE utilizado para a delimitação da sub bacia e a hidrografia gerada a partir do mesmo, com auxílio do aplicativo computacional. Quando comparado o resultado obtido a partir do MDE com a malha hidrográfica disponível do site do Geobases observou-se que o resultado é bastante satisfatório pois os arquivos gerados são semelhantes e o comprimento de canais muito próximos. Observa-se ainda nesta imagem a ocorrência do padrão dendrítico de drenagem (CHRISTOLETTI, 1980), onde a distribuição dos canais dentro da bacia assemelha-se à configuração de uma árvore;

O sistema de drenagem, de acordo com a metodologia proposta por Strahler (1952), apresentou grau 5 de ramificação (Figura 2.b.). De acordo com Strahler, (1957) e citado por Moreira *et al.*, (2017), quanto mais ramificada a rede de drenagem, mais eficiente será o sistema de drenagem.

FIGURA 2 – MDE e rede hidrográfica (a); Mapa de ordem dos canais (b).



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os resultados obtidos para os outros parâmetros morfométricos estudados Sub Bacia do ASMV estão representados na tabela 1.

TABELA 1: Parâmetros morfométricos da Sub Bacia do ASMV.

Características geométricas	
Área de drenagem total (A)	365 km ²
Perímetro total (P)	142 km
Coeficiente de compactidade (Kc)	2,08
Fator de forma (Kf)	0,38
Padrão de drenagem	Dendrítico
Índice de circularidade (Ic)	0,22
Comprimento Axial da bacia (Lax)	31 km
Características da rede de drenagem	
Densidade de drenagem (Dd)	1,15 km/km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	1,33 curso d'água/km ²
Extensão média do escoamento superficial (L)	0,22 km
Sinuosidade do curso d'água principal (SIN)	1,27
Índice de Sinuosidade (Is)	21,1
Coeficiente de manutenção (Cm)	863 m ² /m
Comprimento do canal principal (Lp)	38 km
Comprimento do talvegue (Lt)	30 km
Comprimento total dos cursos d'água (Ltot)	423 km
Ordem dos cursos d'água	5 ^a
Tempo de concentração (tc)	152 min
Características do relevo	

Altitude máxima	1421 m
Altitude mínima	769 m
Amplitude altimétrica (Δa)	652 m
Declividade média (S)	17,16 %
Razão de relevo (Rr)	0,02

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O valor de K_c obtido para a sub bacia estudada foi de 2,08 sendo que $K_c > 1,50$ indica ser uma bacia não sujeita a grandes enchentes em condições normais de precipitação (SILVA e MELLO, 2008; MOREIRA *et al.*, 2017). O valor obtido para o K_f confirma esta classificação sendo que o mesmo apresentou valor de 0,38, onde de acordo com Silva e Mello (2008), $K_f < 0,50$ indica bacia não sujeita a enchentes em condições normais de precipitação.

O fato de os valores de K_c e K_f expressarem que a Sub Bacia do ASMV possui característica de não estar sujeita a grandes enchentes evidencia que a mesma possui formato alongado, o que é confirmado pelo índice de circularidade, o qual apresentou valor de 0,22. De acordo com Borsato (2005) e Guariz (2008) quanto mais distante da unidade for o valor do I_c , mais alongado será o formato da bacia.

A D_d obtida para a bacia do presente estudo foi de 1,15 km/km², e, portanto, a mesma enquadra-se em bacia com baixa densidade de drenagem de acordo com a classificação apresentada por Silva & Mello (2008). Esse índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem (GUARIZ, 2008), indicando dessa forma, que a bacia em estudo apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido.

Com relação a densidade hidrográfica, a Sub-Bacia do ASMV possui uma baixa D_h apresentando 1,33 curso d'água/km².

A extensão média do escoamento superficial foi de 0,22 km o que significa que a rede de drenagem é bem distribuída sobre a área de drenagem da bacia, sendo que a precipitação que ocorre em um ponto qualquer dentro da área da mesma terá que percorrer pouca extensão até encontrar um curso de água mais próximo.

No que diz respeito a sinuosidade do curso d'água principal, a área de estudo apresentou o valor de 1,27. De acordo com Alves & Castro (2003), valores entre 1,0 e 2,0 apontam

para formas transicionais, regulares e irregulares. A SIN apresenta uma importância prática para o caso de haver poluição no canal, pois quanto menor a velocidade, maior será o tempo em que os poluentes demoram para atingir toda a extensão à jusante do lançamento. Além disso, com maior sinuosidade, maior a possibilidade de parte do poluente se depositar ao longo das margens (GUARIZ, 2008) bem como que quanto mais retilíneo o canal menor a probabilidade de ocorrer este depósito e mais rapidamente o poluente alcançará a foz.

O índice de sinuosidade apresentou valor de 21,1% sendo classificado como canal divagante (CHRISTOFOLETTI, 1981; EPAGRI, 1997; GUARIZ, 2008). Este resultado corrobora com o resultado obtido para o SIN, demonstrando que o canal principal se situa na classe intermediária entre as classes de canal reto e sinuoso.

Coeficiente de Manutenção obtido para a área de estudo foi de 863 m²/m, isso equivale dizer que para sustentar 1 metro de canal com fluxo perene são necessários 863 m² de área de drenagem. Schumm (1956), citado em Christofolletti, (1974) considera esse parâmetro um dos mais importantes para a realização de análises hidromorfológicas (DE MOURA *et al.*, 2018). Resultados parecidos para este parâmetro foi encontrado no trabalho realizado por Moreira *et al.*, (2017), realizado na bacia hidrográfica do rio Alegre - ES, Brasil, onde em uma área de drenagem de 204,124 km² obteve um Cm de 659,196 m²/m.

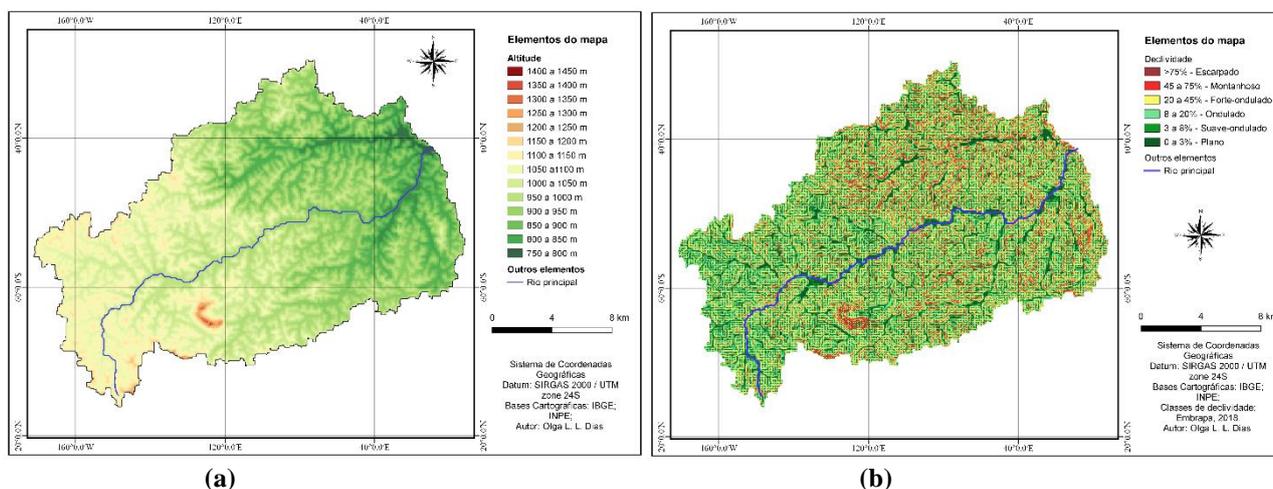
O resultado obtido para o tc da Sub-Bacia do ASMV foi de 152 min, ou seja, esse é o tempo necessário para que a parcela que se precipita no ponto mais remoto da bacia chegue ao exutório. Segundo Guariz (2008), quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, de forma que o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes maiores. Desta forma podemos inferir que quanto maior o tempo de concentração, menor serão os picos de enchentes, devido que a água de precipitação que incide sobre a bacia, alcançará o exutório em momentos diferentes, não sobrecarregando o ponto de saída. Este parâmetro reforça o resultado obtido para os valores de Kc, Kf e Ic, evidenciando o formato alongado da sub bacia estudada e baixa propensão a enchentes.

A Razão de relevo, expressa a relação entre a declividade e o comprimento da bacia e é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da mesma (STRAHLER, 1964; GUARIZ, 2008). O valor obtido para a bacia em estudo foi de 0,02 sendo portanto considerada de baixa Rr, e conseqüentemente as erosões que ocorrem dentro da mesma

serão de baixa intensidade (Razão de relevo baixa = 0,0 a 0,10) (GUARIZ, 2008), isso se dá pois mesmo possuindo uma amplitude altimétrica alta, a sub bacia possui um longo comprimento.

O mapa de altitude da sub bacia foi gerado a partir de curvas de nível distantes entre si 30 metros. As faixas altimétricas foram classificadas entre cotas com equidistância de 50 metros (FIGURA 3.a.). As altitudes na sub bacia variaram de 769 m a 1421 m o que corresponde a uma amplitude altimétrica de 652 m. As maiores cotas são relativas à pedra do garrafão, e em seguida áreas de nascentes. Já as áreas mais baixas próximas ao exutório variam na ordem de 769 a 800 m. Essa variação nos valores de altitude podem influenciar na distribuição da precipitação e na intensidade de escoamento da sub bacia. Este parâmetro está intimamente ligado com a energia potencial que a água pode alcançar ao escoar dentro da bacia, bem como com a velocidade de escoamento e com as taxas de erosão que pode causar (COLLISCHONN, 2013). Além disso, existe também uma diferença no potencial de evaporação dentro da bacia onde nas áreas de alta altitude ocorrerá menor índice de evaporação do que nas áreas de menor altitude (TRAJANO *et al.*, 2012).

Figura 3 – Mapa de altitude (a); Mapa de declividade (b).



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O mapa de declividade (FIGURA 3.b.), também foi gerado através do MDE, utilizando as curvas de nível. Em seguida foi classificada em seis intervalos distintos sugeridos por Embrapa (2018). O resultado desta classificação e a área correspondente a cada classe de declividade está apresentado na Tabela 2. Observa-se que a maior parte da área da sub bacia está classificada como relevo plano, porém existe ainda uma parcela significativa com

declividade localizada entre 3 e 45% (113.286,6 m²). Este fator associado ao perfil de atividades realizadas dentro da sub bacia que em grande parte é voltada para a agricultura pode gerar grandes problemas relacionados à erosão dentro da mesma.

TABELA 2: Classificação da declividade de acordo com Embrapa, (2018)

Declividade (%)	Área (m ²)	Classificação
>75	12.6	relevo escarpado
45 - 75	61.2	relevo montanhoso
20 - 45	382.5	relevo fortemente ondulado
8 - 20	5.282,10	relevo ondulado
3 - 8	107.622,00	relevo suavemente ondulado
0 - 3	252.376,00	relevo plano

Fonte: Elaborado pelos autores (2020), adaptado (EMBRAPA, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo de caracterização morfométrica da Sub Bacia do ASMV, conclui-se que a mesma apresenta formato alongado, sendo evidenciado nos resultados obtidos pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma. Além disso, este formato indica ser uma bacia não sujeita a grandes enchentes em condições normais de precipitação.

Através do mapa de declividade observa-se que existe uma parcela bastante significativa de área com declividade localizada entre 3 e 45% (113.286,6 m²). Este fato associado ao perfil de atividades realizadas dentro da sub bacia que em grande parte é voltada para a agricultura pode gerar grandes problemas relacionados à erosão dentro da mesma. Desta forma, sugere-se ações de preservação dentro da mesma, principalmente próximo aos cursos hídricos e nascentes.

Os resultados obtidos contribuem como aporte teórico-metodológico com o planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos, e a metodologia adotada para este trabalho com foco em apenas uma das três Unidades de Planejamento da BHSMV, se mostrou bastante eficiente, uma vez que a mesma possui uma grande extensão quanto considerada sua área total. Desta forma esta metodologia de trabalho pode ser aplicada para estudos de caracterização morfométrica em outras bacias de grande porte.

Sugere-se para trabalhos futuros o aprofundamento desta caracterização, considerando individualmente cada micro bacia existente dentro da Sub Bacia do ASMV. Entretanto, para um melhor conhecimento da área de pesquisa, faz-se ainda necessário o desenvolvimento de estudos que possam além da caracterização física da bacia, modelar os processos hidrológicos internos como eventos de chuva, vazão, estudos de qualidade da água, além de aprofundamentos acerca das propriedades físicas do solo.

REFERÊNCIAS

AGERH. Agência Estadual de Recursos Hídricos. 2020. Disponível em: <<https://agerh.es.gov.br/cbh-smv>>. Acesso em: 13 de ago. 2020.

ALVES, J.M.P.; CASTRO, P.T.A. Influencia de Feições Geológicas na Morfologia da Bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de Parâmetros Morfométricos e Análise de Padrões de Lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

BARROS, E.O.; MACIEL, G.F.; MAIA, F.G.; SCHMIDT, G. **Caracterização fisiográfica da microbacia hidrográfica do córrego tiúba, município de palmas/TO**. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 29, San Juan, 22-27 Ago. 2004.

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

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da Fisiografia das Bacias Hidrográficas Urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**. V.26, nº2, p.273-285, 2004.

BRAMORSKI, Julieta; CRESTANA, Silvio. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo e chuva simulada. **Revista Sítio Novo**, v. 4, n. 2, p. 73-80, 2020.

BRASIL. **Lei nº 1997, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em:<

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm#:~:text=Na%20implementa%C3%A7%C3%A3o%20da%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,e%20estaduais%20de%20recursos%20h%C3%ADdricos.> Acesso em: 20 de ago. 2020.

CARDOSO, Christiany Araujo et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista árvore**, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K. V.; SAMEENA, M.; ROOPA, J.; RANGANNA, G. GIS–Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. **ScienceDirect**. v. 4, p. 1345-1353, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 21, n. 42, p. 3-22, dez. 1981.

COELHO, Edvar Junior Roncetti. **Respostas fisiológicas e citogenéticas em raízes de *Allium cepa* L. Expostas às amostras de água e Sedimento de três represas da bacia do Rio Santa Maria da Vitória (ES, Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, (UFES), Vitória, 2017.

COLLISCHONN, W. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. - Porto Alegre: Associação Brasileiras de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336p.

CORREA JUNIOR, Y. **Estudo de variação de parâmetros de qualidade de água em pontos da região do estuário do rio Santa Maria da Vitória**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2003.

COSTA, Renata Cristina Araujo et al. Conflito de uso e indicadores morfométricos para a gestão de política de uso do solo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 467-476, 2020.

COSTA, A.; DA COSTA, A. N. Valores orientadores de qualidade de solos no Espírito Santo. 2015.

CSMJ. CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DAS BACIAS DOS RIOS SANTA MARIA DA VITÓRIA E JUCU. Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Volume I – **Ecosistemas Aquáticos Interiores e Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

DE MOURA, Derick Martins Borges et al. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 21, p. 19-37, 2018.

DE OLIVEIRA, Paulo TS et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 819-825, 2010.

DE SOUSA, Francisco Rodrigo Cunha. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 555-564, 2016.

DE SOUZA, Leonardo Andrade; SOBREIRA, Frederico Garcia. **Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo: atributos morfométricos, equação de chuva intensa e tempo de concentração, e análise da suscetibilidade a inundação.** Revista Brasileira de Cartografica, Rio de Janeiro, ano 69, p. 1355-1370, 7 jul. 2017.

DE SOUZA, Marcelo Araújo. **Geotecnologias para caracterização morfométrica e ambiental da bacia do Rio Cricaré.** 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus. 112p, 2016.

DOS SANTOS, Daniel Araujo Ramos; DE MORAIS, Fernando. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão–TO. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 617-629, 2012.

EMBRAPA. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Gestão Territorial. ISSN 2317-8779. Campinas, SP, 2012. 33 p.

EPAGRI – Gerência Regional da E. E. de Urussanga. Plano de gestão e gerenciamento da bacia do Rio Araranguá – Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica. **Análise das Características Físicas.** V. 3. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis – SC, 1997.

FARHAN, Y.; ANBAR, A.; ENABA, O.; AL-SHAIKH, N. Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, using remote sensing and GIS. **Journal of Water Resource and Protection.** v. 7, p. 456-475, abr. 2015.

FARIA, Maola Monique et al. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé Carrapato, Boa Vista, Roraima. **Revista Vértices**, v. 19, n. 2, p. 9-22, 23 out. 2017.

FERREIRA, Armando Luís Mendes. **Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas e áreas inundáveis no concelho de Pombal.** 2011. Dissertação de Mestrado. FEUC.

GUARIZ, Hugo Roldi. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES.** 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre. 275p, 2008.

HORTON, R. E., 1932. **Drainage Basin Characteristics.** Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.

IBGE. Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 23 de ago. 2020.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural. 2020. Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011-2013. Santa Maria de

Jetibá. Disponível em: <
[https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Centro_cerrano/Santa_Maria.p
df](https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Centro_cerrano/Santa_Maria.pdf)> . Acesso em: 15 de set. 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2020. Disponível em:<
<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: 23 de ago. 2020.

KOELHERT, Suely et al. Avaliação de qualidade de água da Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, ES, Brasil. **Natureza online** 15 (2): 008-022. 2017.

KÖPPEN, W. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geographische Zeitschrift**, v. 6, n. 11. H, p. 593-611, 1900.

LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p.242, 1986.

MOREIRA, Giselle Lemos et al. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. ISSN: 1808-6845. Data da publicação: 07 de mar. 2017.

MORO NETO, G. **Caracterização morfométrica e análise do risco a inundação na Sub-Bacia Hidrográfica de Ibitirama-ES**. 2017. Monografia (Engenharia Florestal) - Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro, p. 54. 2017.

MOSCA, Andreia Arruda de Oliveira. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. **Piracicaba–SP: Universidade de São Paulo**, 2003.

OLIVEIRA, Regina de Marchi Lyra. **A Criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Jucu e Santa Maria Da Vitória: Perspectivas e desafios da gestão hídrica capixaba**. Dissertação (Mestrado em Geografia, na área de concentração: Natureza, Técnica e Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2011.

PINTO, Valcir Rogério et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Sararé, Sudoeste de Mato Grosso (Morphometry of the Sararé River Basin, Southwest of Mato Grosso). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1721-1731, 2018.

PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé et al. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 669-676, 2010.

QGIS Development Team, 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em:<<http://qgis.osgeo.org>>

RODRIGUES, Rodrigo Silvano Silva et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 143-150, 2016.

ROSSI, MARCIO; PFEIFER, RUI. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 141-156, 1999.

SALDANHA, Jeanne Cristine Schmidt. **Análise da influência do rio Santa Maria da Vitória na baía de Vitória, através da modelagem computacional: uma contribuição ao processo de enquadramento**. Dissertação (Mestrado Ciências em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2007.

SANTOS, A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrológica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 143f., 2001.

SANTOS, Gilmar Oliveira et al. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 22, p. 17, 2018.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, n. 67, 1956. p. 597-646.

SILVA, A. M. da; MELLO, C.R. de; **Apostila de Hidrologia**. UFLA-MG, 2008.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos...[et al.]. – 5ª. Ed., rev. e ampl. – Brasília. DF: Embrapa, 2018.

STRAHLER, Arthur N. Análise hipsométrica (área-altitude) da topografia erosional. **Boletim da Sociedade Geológica da América**, v. 63, n. 11, pág. 1117-1142, 1952.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te (Ed.). **Handbook of applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1964. p. 4.39-4.76.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

TONELLO, Kelly Cristina et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões-MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TRAJANO, Sâmara Rachel Ribeiro da Silva., et al. Análise morfométrica de bacia hidrográfica: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. 33 p.: il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, ISSN 2317-8779; 2). Campinas, SP, 2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH, 2001.943p.

VILAÇA, M.F.; GOMES, I.; MACHADO, M.L.; VIEIRA, E.M.; SIMÃO, M.L.R. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do Ribeirão Conquista no Município de Itaguara-MG. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, Viçosa, UFV, v.1, p. 42-43, 2009.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.