



MORFOMETRIA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO AMORIM, EM MUNIZ FREIRE-ES, BRASIL

Caio Henrique Ungarato Fiorese¹, Herbert Torres²

¹Graduando em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil. (caiofiorese@hotmail.com).

²Professor assistente dos cursos de Matemática, Engenharia Civil e Engenharia Ambiental do Centro Universitário São Camilo (ES).

Recebido em: 06/04/2019 – Aprovado em: 10/06/2019 – Publicado em: 30/06/2019
DOI: 10.18677/EnciBio_2019A11

RESUMO

Análises morfométricas de determinada bacia hidrográfica são de extrema importância, com vistas a compreender a realidade local e auxiliar em várias tomadas de decisão. Considerando tal relevância, o objetivo deste trabalho foi estudar as características morfométricas (relevo, drenagem e geometria) da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim (BHCA) no município de Muniz Freire/ES, fornecendo subsídios para a sua gestão. Os procedimentos foram realizados no ArcGIS®. Junto ao GEOBASES/ES, foram coletados arquivos referentes a curvas de nível da região para geração do Modelo Digital de Elevação. No programa, foi definido todo o fluxo de drenagem (direção, acumulado e ordenação dos cursos hídricos) da bacia para a sua posterior delimitação e análise morfométrica através das tabelas de atributos e ferramentas, em consonância com a literatura consultada por meio dos valores morfométricos considerados. Para auxiliar nos estudos, foram gerados os mapas altimétricos, de hidrografia e declividade. A BHCA não possui tendência a picos de enchentes em função da geometria local, além de apresentar boa drenagem e distribuição dos cursos hídricos que, por sua vez, apresentam números expressivos quanto aos de ordem 1, indicando a necessidade de preservá-los. Porém, as elevadas amplitudes altimétrica e de declividade, além da predominância de relevo do tipo montanhoso e de outros índices estimados, indicam que a BHCA é vulnerável a processos erosivos, que podem causar, por exemplo, perdas da qualidade do solo e da água. Ações de contenção dos processos erosivos são de fundamental importância.

PALAVRAS-CHAVE: Estudo Ambiental; Hidrologia; Planejamento Territorial.

MORPHOMETRY OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF THE AMORIM STREAM, IN MUNIZ FREIRE-ES, BRAZIL

ABSTRACT

Morphometric analyzes of a given river basin are extremely important, in order to understand the local reality and help in the various decision making. Considering this relevance, the objective of this work was to study the morphometric characteristics (relief, drainage and geometry) of the sub-basin of Amorim Stream (BHCA) in the

municipality of Muniz Freire/ES, providing subsidies for its management. The procedures were performed in ArcGIS®. Next to GEOBASES/ES, files were collected referring to the region level curves for generation of the Digital Elevation Model. In the program, all the drainage flow (direction, accumulation and ordering of the watercourses) of the basin was defined for later delimitation and morphometric analysis through the tables of attributes and tools, in consonance with the literature consulted through the considered morphometric values. To aid in the studies, the altimetric, hydrographic and slope maps were generated. The BHCA does not have a tendency to peaks of flood as a function of local geometry, as well as good drainage and distribution of water courses, which, in turn, present expressive numbers in relation to those of order 1, indicating the need to preserve them. However, the high altimetric and slope amplitudes, as well as the predominance of mountainous relief and other estimated indices, indicate that BHCA is vulnerable to erosive processes, which can cause, for example, soil and water quality losses. Actions to contain erosive processes are of fundamental importance.

KEYWORDS: Environmental Study; Hydrology; Territorial Planning.

INTRODUÇÃO

A preocupação quanto à gestão adequada dos recursos hídricos tem aumentado nos últimos anos em função de problemas relacionados à qualidade e quantidade de água para consumo humano (MIOTO et al., 2014). Outro fator que agravante foi o forte crescimento populacional, que trouxe consigo a falta de organização do espaço antropizado (SILVA et al., 2016). Impactos esses que são mais agravantes, sobretudo quando não é considerada a própria capacidade de suporte dos sistemas ambientais (CRISPIM; SOUZA, 2016).

A ocupação humana pode provocar problemas no que diz respeito à impermeabilização do solo, agravando os riscos naturais associados às inundações (ANDRADE et al., 2014) provocadas pelo escoamento superficial da água pluvial em detrimento ao escoamento subterrâneo. Além disso, gera alterações no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica por meio da supressão da vegetação nativa (SILVA et al., 2016), aumentando o transporte de sedimentos de terra para o leito dos rios (assoreamento). Na zona rural, de acordo com Pereira e Morais (2015), ações antrópicas criam novas áreas de pasto para implantação da pecuária, produzindo desmatamento e queimadas, além de outras alterações ambientais relacionadas à hidrologia e qualidade do meio biótico.

Dessa forma, a evolução de técnicas e métodos de estudos ambientais ganha espaço em várias áreas do conhecimento, com intuito de alcançar resultados mais precisos e condizentes com a realidade do ambiente (BATISTA et al., 2017). Para tal, na gestão dos recursos hídricos, é considerada a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e implantação de ações, como, por exemplo, as contidas na Política Nacional de Recursos Hídricos (CERQUEIRA et al., 2016).

O manuseio de dados oriundos de estudos morfométricos de bacias hidrográficas incrementaram significativamente nas análises geomorfológicas, tendo como intuito a quantificação de atributos do relevo para diversas aplicações (PEREIRA et al., 2016) como, por exemplo, processos erosivos e planejamento de ocupação de terras. Segundo Leal e Tonello (2016), uma descrição física de bacia hidrográfica permite saber, por exemplo, qual a sua vulnerabilidade a enchentes, a situação do escoamento superficial e processos erosivos, indicando, assim, um manejo mais adequado da área estudada para a resolução desses problemas.

Os processos e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto estão avançando significativamente na sua precisão e velocidade na obtenção dos dados que, com o avanço das geotecnologias, é possível unir e integrar vários tipos de dados e informações e, ao mesmo tempo, visualizá-las (PEREIRA; MORAIS, 2015), como é o caso da obtenção de parâmetros morfométricos de determinada bacia hidrográfica, permitindo também a interpretação da realidade local. O uso dos produtos vindos do geoprocessamento promove uma dinâmica de análise em bacias hidrográficas, para acompanhar de perto, através da pesquisa e desenvolvimento, a degradação ambiental nesses locais, a fim de estabelecer novas formas de uso das terras, dando suporte a elaboração de leis (PINTO FILHO et al., 2017).

Considerando a relevância de estudos a nível de bacia hidrográfica e as amplas funcionalidades do geoprocessamento em estudos com essa abordagem, o objetivo desta pesquisa foi fazer uma análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do Córrego Amorim/ES, adicionando subsídios referentes à sua gestão.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada foi a sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim (sigla – BHCA), que está localizada no município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do estado do Espírito Santo. Segundo informações levantadas, esta bacia é caracterizada por estar em área rural onde, mesmo livre de grandes aglomerados urbanos, há predominância da agropecuária e silvicultura (eucalipto, sobretudo), onde residem produtores rurais em pequenas propriedades, além de constituir uma importante unidade territorial da bacia hidrográfica do rio Braço Norte Esquerdo. A Figura 1 apresenta a localização da área.

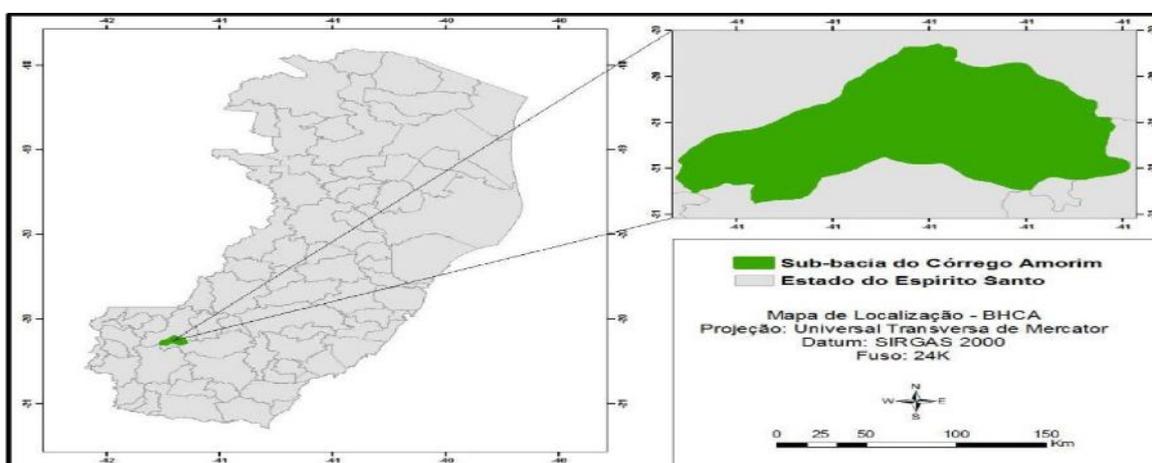


FIGURA 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Amorim. Fonte: Os Autores (2019).

Juntamente ao Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES/ES), foram consultados as curvas de nível referentes à área estudada. Os procedimentos de manipulação de dados ocorreram em layout do ArcMap, na versão 10.2.2. Inicialmente, foi gerado o chamado Modelo Digital de Elevação (MDE), que se constitui de um importante banco de dados para análises espaciais em ambiente SIG. A partir do MDE obtido e transformado em arquivo raster por meio dos recursos do 3D Analyst, com o auxílio dos recursos de análise espacial contidos no Arc ToolBox, foi corrigido o modelo numérico de terreno por

meio da remoção das chamadas depressões fechadas, que interrompem o escoamento da rede hidrográfica (SANTOS et al., 2014).

A partir do MDE corrigido, foi gerada a rede hidrográfica através, a princípio, da delimitação da direção e acumulado de fluxo da drenagem local, obtendo, assim, uma imagem matricial da direção de fluxo d'água. Posteriormente, os canais d'água foram vetorizados, atribuindo um valor de precisão bom ("VALUE" > 400) inserido na janela do recurso *set null*, na tabela de ferramentas do programa, no intuito de detalhar melhor os fluxos de drenagem. Através do recurso *basin*, foi possível delimitar a microbacia hidrográfica do Córrego Amorim por meio da seguida conversão em shapefile do arquivo de bacias hidrográficas geradas a partir do ícone utilizado.

Para auxiliar na identificação correta do curso hídrico principal (córrego Amorim) e, conseqüentemente, da microbacia, foi utilizado um arquivo shapefile, fornecido pela Agência Nacional de Águas (ANA), acerca dos cursos hídricos, através da ferramenta *identify* do ArcMap. Dessa forma, foi gerado um arquivo shapefile com a bacia hidrográfica do Córrego Amorim delimitada, permitindo, assim, o início dos estudos morfométricos. Nos Quadros 1, 2 e 3, estão descritos os parâmetros morfométricos quantificados e analisados, estando agrupados, respectivamente, em características geométricas, de relevo e de drenagem, de acordo com os parâmetros utilizados por Strahler (1952), Schumm (1956), Villela e Mattos (1975), Christofolletti (1980), Tonello (2005) e Romero et al. (2017).

QUADRO 1. Características geométricas da bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

Parâmetros	Equação	Descrição das incógnitas
Área de drenagem	---	---
Coefficiente de compacidade	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$	Kc = coeficiente de compacidade; P = perímetro (m); A = área (m ²)
Coefficiente de massividade	$Cm = \frac{Am}{A}$	Cm = coeficiente de massividade (m ⁻¹); Am = altitude média (m); A = área (m ²)
Coefficiente orográfico	$Co = Am \times Cm$	Cm = coeficiente de massividade (m ⁻¹); Am = altura média (m); Co = coeficiente orográfico.
Fator de forma	$F = \frac{A}{L^2}$	F = fator de forma (adimensional); A = área (km ²); L = comprimento axial da bacia (km)
Índice de circularidade	$F = 12,57 \times \frac{A}{P^2}$	F = índice de circularidade; A = área (km ²); P = perímetro (km)
Perímetro da bacia	---	---
Razão de alongação	$RE = 1,128 \times \left(\frac{A^{0,6}}{L}\right)$	RE = razão de alongação; A = área (km ²); L = comprimento da bacia (km)

QUADRO 2. Características de relevo da bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

Parâmetros	Equação	Descrição das incógnitas
Altitudes: máxima, média e mínima	---	---
Amplitude altimétrica	---	---
Declividades: máxima, média e mínima	---	---
Índice de rugosidade	$IR = \Delta a \times Dd$	a = amplitude altimétrica (m); Dd = densidade de drenagem
Razão de relevo	$Rr = \frac{\Delta a}{Lax}$	Rr = razão de relevo (adimensional); a = amplitude altimétrica (m); Lax = comprimento axial da bacia (m)
Razão de relevo relativo	$Rrl = \frac{\Delta a}{P}$	Rrl = razão de relevo relativo (adimensional); a = amplitude altimétrica (m); P = perímetro da bacia (m)
Sinuosidade do canal principal	$SIN = \frac{Lp}{Lt}$	SIN = sinuosidade do canal principal; Lp = comprimento do canal principal (km); Lt = comprimento do talvegue do canal principal (km)
Textura topográfica	$\log Tt = 0,22 + 1,11 \times \log Dd$	Tt = textura topográfica; Dd = densidade de drenagem

QUADRO 3. Características de drenagem da bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

Parâmetros	Equação	Descrição das incógnitas
Coefficiente de manutenção	$Cm = \left(\frac{1}{Dd}\right) \times 1000$	Cm = coeficiente de manutenção (km ²); Dd = densidade de drenagem (km/km ²)
Coefficiente de torrencialidade	$Ct = Dh \times Dd$	Ct = coeficiente de torrencialidade (adimensional); Dh = densidade hidrográfica (rios/Km ²); Dd = densidade de drenagem (km/km ²)
Comprimento do rio principal	---	---
Comprimento total dos cursos d'água	---	---
Densidade de drenagem	$Dd = \frac{LTC}{A}$	Dd = densidade de drenagem (km/km ²); LTC = comprimento total dos cursos d'água (m); A = área (km ²)
Densidade hidrográfica	$Dh = \frac{N}{A}$	Dh = densidade hidrográfica (rios/km ²); N = número de rios; A = área da bacia (km ²)
Extensão do percurso superficial	$EPS = \frac{1}{2 \times Dd}$	EPS = extensão do percurso superficial (km); Dd = densidade de drenagem (km/km ²)
Extensão média do escoamento	$Lm = \frac{A}{4 \times LTC}$	Lm = extensão média do escoamento superficial (km); LTC = comprimento

superficial		total dos cursos d'água (km)
Índice de sinuosidade	$IS = \frac{100 \times (L_p - L_t)}{L_p}$	IS = índice de sinuosidade (%); L _p = comprimento do rio principal (km); L _t = comprimento do talvegue (km)
Ordem da bacia	---	---
Quantidade total de canais de drenagem	---	---
Relação de bifurcação	$R_b = \frac{Nu}{Nu'}$	R _b = relação de bifurcação; Nu = número de segmentos de determinada ordem; Nu' = número de segmentos da ordem imediatamente superior
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem	$RL_m = \frac{L_{mu}}{L_{ms}}$	RL _m = razão (adimensional); L _{mu} = comprimento médio dos canais de cada ordem; L _{ms} = comprimento médio dos canais de ordem imediatamente superior

No Arc Map, foi estimada a área e o perímetro da bacia hidrográfica por meio dos recursos de edição da tabela de atributos. O comprimento total dos cursos d'água foi obtido através do recorte da rede de drenagem para a área considerada para, em seguida, estimar esse valor também com o auxílio da tabela de atributos. Além disso, foi feita a hierarquização, segundo a metodologia de Strahler (1952), dos canais d'água através da ferramenta *stream order*, do Arc ToolBox, representando toda a rede de drenagem e suas respectivas ordens através da produção de um mapa temático. A quantificação dos canais para cada ordem identificada, bem como valores de comprimento total e comprimento médio, foram estimadas também através das ferramentas estatísticas da tabela de atributos, por meio da criação de um novo campo denominado *comprimento*.

As altitudes máxima, média e mínima da sub-bacia hidrográfica foram determinadas por meio da geração dos recursos do ícone *properties*, do MDE gerado, sendo possível, assim, a geração de um mapa acerca da altitude da BHCA. Os valores de declividade máxima, média e mínima foram estimados, em porcentagem (%) e graus, através da geração de um mapa de declividade considerando o Modelo Digital de Elevação do local e os recursos do ícone *slope*, da tabela de atributos. Os demais parâmetros morfométricos foram estimados através de planilha do Microsoft Excel, utilizando-se apenas dos seus recursos para estimativa dos valores em si. Alguns foram classificados de acordo com a literatura considerada, conforme mostram as Tabelas 1 a 6.

TABELA 1. Classificação para o índice de rugosidade.

Classes de rugosidade	Valor (metros)	Forma de relevo
Fraca	0 – 150	Plano com declividade média até 3%
Média	151 – 550	Suave ondulado com declividade média entre 3 e 8%
Forte	551 – 950	Ondulado, com declividade média entre 9 e 20%
Muito forte	> 950	Forte ondulado a montanhoso escarpado, com declividade média maior que 20%

Fonte: Sousa e Rodrigues (2012).

TABELA 2. Classificação para a razão de relevo.

Razão de relevo	Classificação
0,0 a 0,10	Baixa
0,11 a 0,30	Média
0,31 a 0,6	Alta

Fonte: Rossi e Pfeifer (1999).

TABELA 3. Classificação para a declividade do terreno.

Relevo	Classes de declividade (%)
Plano	0 a 3
Suavemente ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Fortemente ondulado	20 a 45
Montanhoso	45 a 75
Escarpado	Maior que 75

Fonte: Embrapa (2013).

TABELA 4. Classificação para o índice de sinuosidade.

Classes	Descrição	Sinuosidade (%)
I	Muito reto	< 20
II	Reto	20 a 29
III	Divagante	30 a 39,9
IV	Sinuoso	40 a 49,95
V	Muito sinuoso	> 50

Fonte: Marcuzzo et al. (2012).

TABELA 5. Classificação para o fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e coeficiente de compacidade (Kc).

Kf	Ic	Kc	Formato da bacia	Tendência a enchentes
1,00 - 0,75	1,0 - 0,8	1,0 - 1,24	Redonda	Alta tendência
0,75 - 0,50	0,8 - 0,6	1,25 - 1,5	Ovalada	Tendência mediana
0,50 - 0,30	0,6 - 0,4	1,5 - 1,7	Oblonga	Baixa tendência
< 0,30	< 0,4	> 1,7	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Villela e Mattos (1975).

TABELA 6. Classificação para a densidade hidrográfica (Dh), densidade de drenagem (Dd) e extensão do percurso superficial (EPS).

Dh	Dd (km/km ²)	EPS (m)	Classificação
<3	< 0,50	> 1000	Baixa
3 Dh<7	0,50 a 2,00	1000 a 249	Média
Dh 7<15	2,00 a 3,50	248 a 142	Alta
Dh 15	> 3,50	< 142	Muito alta

Fonte: Sousa e Rodrigues (2012)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator de forma, o índice de circularidade e o coeficiente de compacidade apresentaram, respectivamente, valores iguais a 0,256; 0,337 e; 1,71, indicando que esta sub-bacia apresenta formato mais alongado. A área desta sub-bacia é 69,104 km², ou 6.910,4 hectares. O quadro 4 apresenta os valores das características geométricas da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

QUADRO 4. Resultados das características geométricas da bacia.

Parâmetros	Resultado
Área de drenagem	69,104 km ²
Coeficiente de compacidade	1,71
Coeficiente de massividade	9,134 m/km ²
Coeficiente orográfico	5765,454
Fator de forma	0,256
Índice de circularidade	0,337
Perímetro da bacia	50,787
Razão de alongação	1,102

O coeficiente de compacidade obtido não esteve próximo de 1, pois, de acordo com Correia e Bettine (2015), quanto mais próximo de 1 estiver o valor do coeficiente, 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 picos de enchentes. Considerado, assim, um fator positivo, mas não relevante sendo que a bacia hidrográfica estudada não é predominantemente urbanizada. No entanto, esse valor indica que a bacia hidrográfica do Córrego Amorim possui forma irregular, pois apresentou coeficiente mais elevado, conforme visto em Villela e Mattos (1975).

O fator de forma obtido apresentou valor baixo (inferior a 0,5), comprovando, assim, que a BHCA não é suscetível a elevados picos de enchentes. Villela e Mattos (1975) afirmam que um valor baixo do fator de forma indica que a bacia hidrográfica é menos sujeita a enchentes pelo fato de que, numa bacia estreita e longa, há menor possibilidade de precipitações pluviométricas intensas cobrirem toda a região, além de não haver a concentração do deflúvio em um só ponto em comparação com uma bacia mais circular. Resultado satisfatório para sub-bacia do Córrego Amorim que, embora esta área esteja em zona rural, maiores frequências de enchentes e inundações poderiam comprometer com mais agravantes a qualidade ambiental dos recursos hídricos. Esta sub-bacia, caso apresentasse formato mais circular (visto na classificação dos índices), teria maiores probabilidades à ocorrência de enchentes, pois a probabilidade de uma precipitação pluviométrica intensa abranger toda a sub-bacia seria maior. O índice de circularidade estimado também teve valor pequeno (inferior a 0,5), comprovando também que a bacia hidrográfica estudada não apresenta vulnerabilidade a picos de enchentes, assim como a razão de alongação também comprova essa tese. Ambos os índices supracitados indicam, portanto, que a bacia hidrográfica é mais comprida e há tendência a conservação (baixíssimos riscos a enchentes).

Os coeficientes orográfico e de massividade foram, respectivamente, superior e inferior ao observado por Sousa e Rodrigues (2012), em seus estudos acerca de uma bacia hidrográfica. De acordo com os mesmos autores, o coeficiente orográfico significa a representação atual do volume rochoso remanescente de uma bacia hidrográfica, ao passo que o coeficiente de massividade é a massa rochosa ainda

restante na bacia. Dessa forma, a bacia hidrográfica do Córrego Amorim apresenta alto volume rochoso remanescente, tendo em vista que a região possui relevo bem irregular em algumas áreas, além de ser uma bacia localizada em zona rural. A Tabela 7 mostra os resultados referentes às características de relevo da BHCA.

TABELA 7. Resultados das características de relevo da bacia.

Parâmetros	Resultado
Altitude máxima	1085 m
Altitude média	631,202 m
Altitude mínima	309,865 m
Amplitude altimétrica	775,135 m
Declividade máxima	68,488° ou 253,716%
Declividade média	23,657° ou 45,280%
Declividade mínima	0° ou 0%
Índice de rugosidade	2178,129 m
Razão de relevo	0,047 km/km ⁻¹
Razão de relevo relativo	0,015
Rugosidade topográfica	2,178
Sinuosidade do canal principal	1,535
Textura topográfica	5,440

A amplitude altimétrica (diferença entre as altitudes máxima e mínima) é considerada alta, indicando, assim, várias irregularidades no relevo da bacia hidrográfica estudada. Quanto ao valor da declividade, foi observado que a BHCA possui grande variação, classificando, assim, relevos que vão desde plano a (0 a 3%) a escarpado (> 75%), segundo Embrapa (2013). De acordo com a declividade média obtida e seguindo a classificação adotada por Embrapa (2013), o relevo local é predominantemente classificado como montanhoso, por possuir declividade pouco maior que 45%.

O índice de rugosidade estimado indica que a área é caracterizada com rugosidade muito forte (acima de 950 metros), caracterizando a predominância de relevo de forte ondulado a montanhoso e escarpado, com declividade média superior a 30%, confirmando, assim, os valores e as observações feitas em relação à declividade da BHCA. Segundo Sousa e Rodrigues (2012), índices médios a altos favorecem o escoamento superficial, impulsionando a ocorrência de eventos erosivos, desconsiderando, contudo, outras variáveis que afetam.

Quanto à razão de relevo, o valor estimado foi classificado como baixo, porém, ligeiramente superior ao de outros trabalhos, como os de Souza et al. (2017). Segundo os mesmos autores, valores baixos influem baixa relação do relevo com o formato da bacia e baixa amplitude altimétrica, visto também neste trabalho. No entanto, os resultados obtidos para a razão de relevo e razão de relevo relativo foram superiores aos estimados por Soares et al. (2016). Os valores vistos para a BHCA são corroborados com as altas declividades existentes, conforme visto na Tabela 6.

A sinuosidade do curso hídrico principal obtida, também representada pelo índice de sinuosidade da bacia, permitiu a classificação do córrego Amorim como muito sinuoso, pois a declividade foi estimada em 1,535 ou 53,525%. Com isso, a tendência é aumentar o tempo de concentração na calha deste curso hídrico, reduzindo o pico de cheias na bacia (CALIL et al., 2012). Com relação à textura

topográfica, os solos da microbacia estudada podem ser caracterizados, de forma geral, como de textura média, que indicam maior intensidade de entalhamento topográfico realizado pelos cursos hídricos, segundo Pereira et al. (2015). As Tabelas 8 e 9 mostram, respectivamente, os resultados dos parâmetros de drenagem e hierarquia dos canais da BHCA.

TABELA 8. Resultados das características de drenagem da bacia do Córrego Amorim.

Parâmetros	Resultado
Coeficiente de manutenção	355,872 m ²
Coeficiente de torrencialidade	32,570 km
Comprimento do rio principal	19,949 km
Comprimento total dos cursos d'água	194,681 km
Densidade de drenagem	2,81 km/km ²
Densidade hidrográfica	11,591 rios/km ²
Extensão do percurso superficial	0,178 km ou 178 m
Extensão média do escoamento superficial	0,089 km ou 89 m
Índice de sinuosidade	53,525%
Ordem da bacia	5
Quantidade total de canais de drenagem	801

TABELA 9. Resultados quanto à hierarquia dos canais da bacia do Córrego Amorim.

Ordem (STRAHLER, 1952)	Número de canais	Comprimento total (Km)	Relação de bifurcação	Relação entre o comprimento médio dos canais
1	403	91,627	---	---
2	170	47,193	2,371	0,819
3	132	30,830	1,288	1,189
4	49	11,426	2,694	1,002
5	47	13,603	1,043	0,806

O coeficiente de manutenção estimado foi inferior a outros trabalhos como os de Franco e Dal Santo (2015) e Souza et al. (2017), o que é um fator positivo, tendo em vista que esse índice indica a quantidade de área necessária para manter cada metro de canal de drenagem em 1 km² de área (SOUZA et al., 2017). A densidade de drenagem obtida foi classificada como alta, o que, de acordo com Venceslau e Miyazaki (2019), áreas densamente drenadas tendem a apresentar processos erosivos mais intensos e, portanto, merecem mais atenção quanto às práticas de manejo e conservação das matas ciliares. Dessa forma, na BHCA, a elevada densidade hidrográfica ocorre em função do relevo e da declividade, que são fatores também contribuintes nos processos erosivos locais.

A extensão do percurso superficial representa a distância em que o fluxo d'água do escoamento superficial percorre até atingir o curso hídrico mais próximo, sendo que, quanto menor a declividade, maior é o valor da extensão (SOUZA; RODRIGUES, 2012). A sub-bacia estudada possui número de extensão considerado baixo, assim como a extensão média do escoamento superficial, em função da alta declividade predominante, abastecendo rapidamente os cursos hídricos locais. A bacia hidrográfica estudada é de ordem 5 e possui maiores número e comprimento de canais de primeira ordem. Machado et al. (2011) afirmam que o estudo dos

canais dessa ordem está associado à delimitação das chamadas Áreas de preservação Permanente e identificação das áreas de recarga. As Figuras 2 a 4 mostram, respectivamente, os mapas de hierarquia dos cursos hídricos, hipsométrico e de declividade.

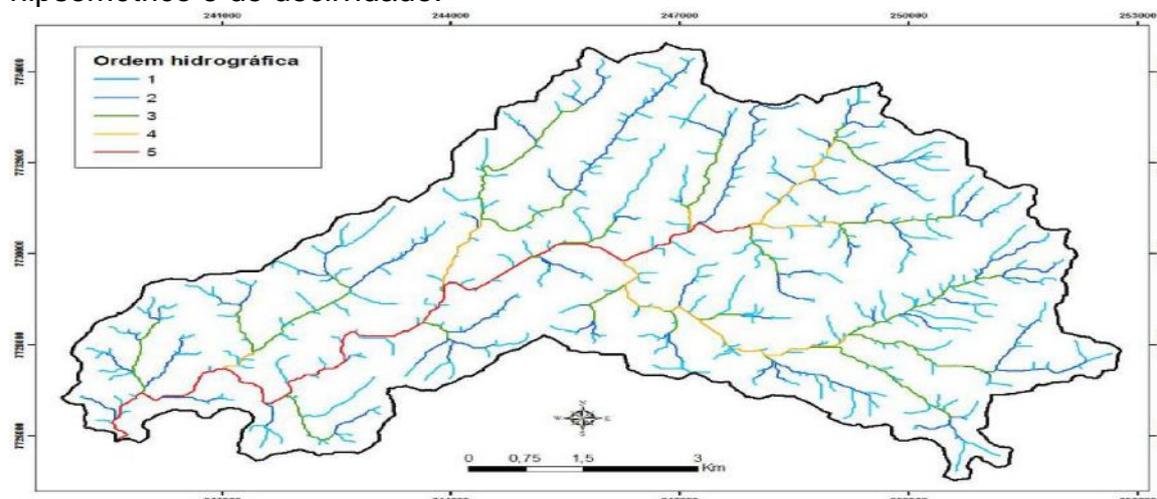


FIGURA 2. Mapeamento da hierarquia dos cursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Amorim. Fonte: Os Autores (2019).

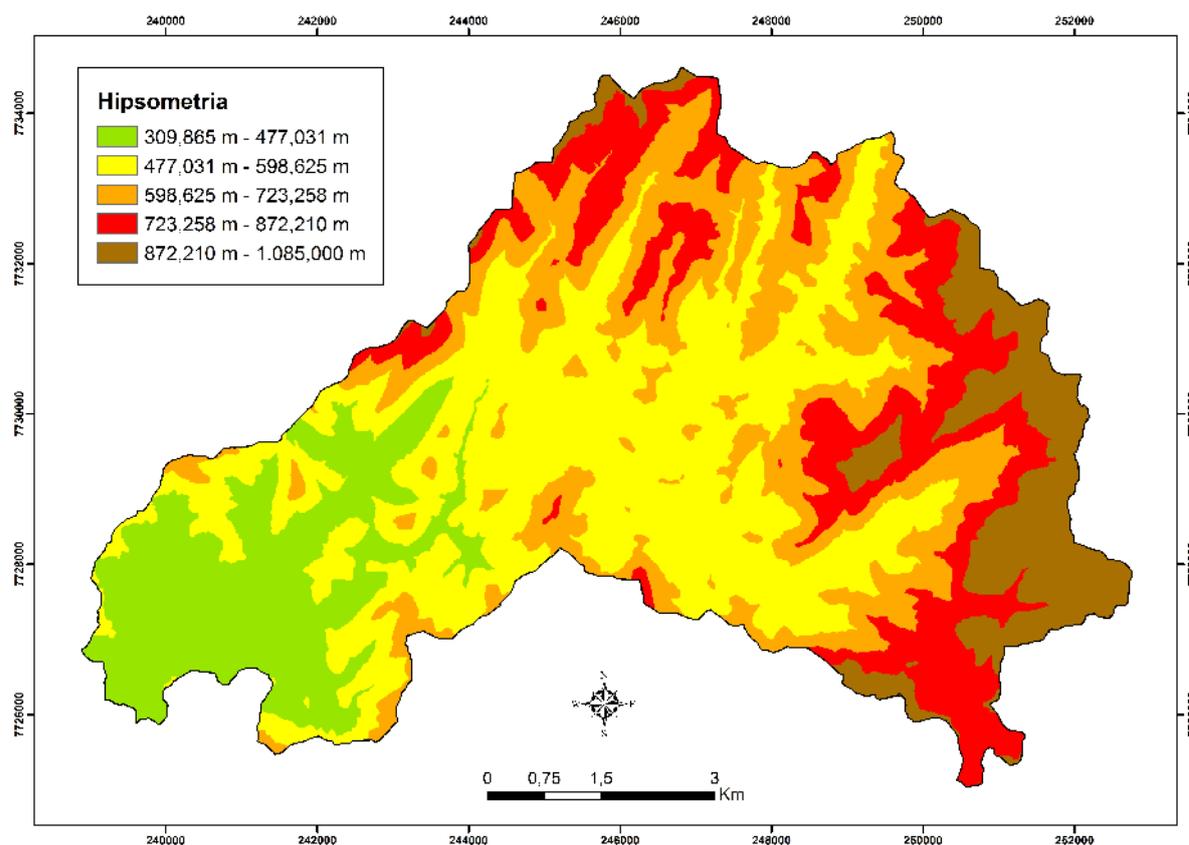


FIGURA 3. Mapa hipsométrico (de altitude) da bacia hidrográfica do Córrego Amorim. Fonte: Os Autores (2019).

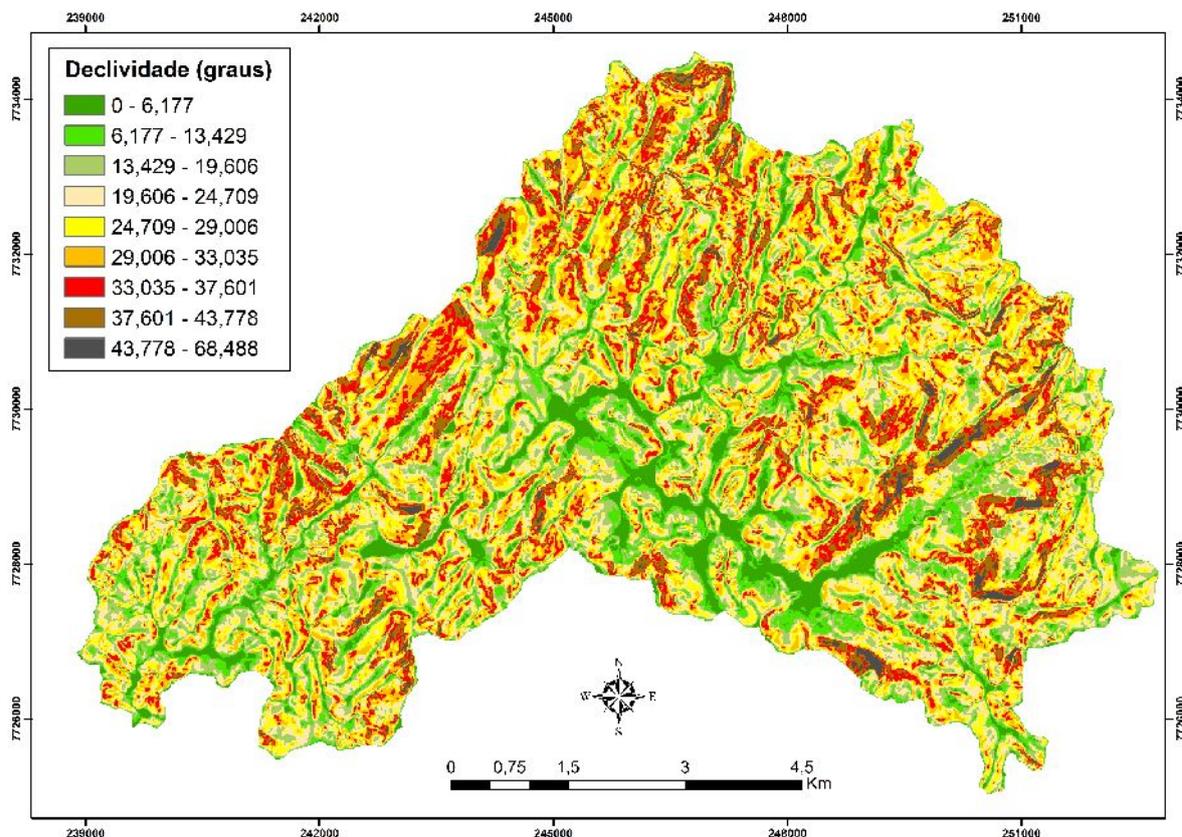


FIGURA 4. Declividade da bacia do Córrego Amorim. Fonte: Os Autores (2019).

Na bacia estudada, há várias ramificações de cursos hídricos de ordem 1, enfatizando, assim, a extrema importância da manutenção da vegetação em áreas ciliares no que tange à preservação da sua qualidade ambiental. Pereira et al. (2015) direcionam o estudo dessas redes hidrográficas à avaliações de impactos ambientais oriundos da ação humana. Na BHCA, podem ser citadas as influências da agropecuária, setor de forte predominância na região. Há maior predominância da faixa altimétrica de 477,031 a 598,625 metros, porém, há presença de áreas com cota maior que 800 metros. Porém, é importante destacar a grande variação de declividade do relevo que, segundo Venceslau e Miyazaki (2019), afeta na formação do solo e nos processos erosivos e fluviais, além de estar associada à velocidade do escoamento e ao transporte de sedimentos, fato este visualizado na BHCA, constituindo um fator preocupante quanto à manutenção do meio físico. Diante desse cenário, Fiorese e Leite (2018) propõem evitar a ocupação desordenada de Áreas de Preservação Permanente e recuperação das matas ciliares, devido a alta densidade de drenagem aliada às características do relevo local.

De maneira geral, a sub-bacia do Córrego Amorim não é vulnerável a picos de enchentes e possui ótima capacidade de manter seus cursos hídricos, mas é suscetível a processos erosivos intensos, podendo comprometer a qualidade ambiental da referida área. Caso não haja um manejo adequado dessas áreas, sobretudo na silvicultura e na agropecuária, a tendência é de ocorrer problemas ambientais severos, com perda da qualidade do solo e danos à biota aquática através do assoreamento de corpos hídricos.

CONCLUSÃO

A sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim não possui tendências a picos de enchentes, visto na descrição geométrica. Quanto ao relevo, as grandes variações de altitude e declividade, além dos índices calculados, evidenciam problemas locais relacionados a processos erosivos. Problemas estes que podem afetar os cursos hídricos locais que, por sua vez, representam números bons, evidenciando uma drenagem muito boa. Dessa forma, a BHCA apresenta alta capacidade de abastecer seus canais d'água, sendo ótimo na manutenção da fauna e flora locais e da agropecuária. Outro fator relevante é a alta presença de cursos hídricos de ordem 1, evidenciando a necessidade de ações que visem a proteção dos recursos hídricos e a contenção dos processos erosivos.

REFERÊNCIAS

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

ANDRADE, S. L. de.; FERREIRA, V. de O.; SILVA, M. M. Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 41, p. 1-16, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/viewFile/4927/5986>>.

BATISTA, D. F.; CABRAL, J. B. P.; ROCHA, T.; BARBOSA, G. R.. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio–GO. **Geoambiente On-line**, Jataí, n. 29, jul./dez. 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/50882/24886/>>.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C. de.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. de. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n4/v16n04a14.pdf>>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000400014>

CERQUEIRA, L. S.; FADUL, E.; VITÓRIA, F. T.; MORAIS, J. L. M. de. Produção científica em gestão de recursos hídricos no Brasil no período de 2002 a 2011: uma análise da sua contribuição para o setor. **Gestão e Planejamento**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 233-251, mai./ago. 2016. Disponível em: <[https://revistas.unifacs.br/index.p hp/rbg/article/viewFile/4158/2934](https://revistas.unifacs.br/index.php/rbg/article/viewFile/4158/2934)>. doi: 10.21714/2178-8030gep.v17i1.4158

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

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.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N. Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da bacia do Pacoti/CE. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 10, n. 22, p. 17-33, jan./abr. 2016. Disponível em: <<https://revista.ufrn.br/acta geo/article/view/2578/1924>>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília, Embrapa solos, 2013. 353 p.

FIORESE, C. H. U.; LEITE, V. R. Dinâmica do uso e ocupação do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 5, n. 10, p. 52-65, 2018. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2018B/dinamica.pdf>>. doi: 10.18677/Agrarian_Academy_2018B6

FRANCO, A. C. V.; DAL SANTO, M. A. Contribuição da morfometria para o estudo das inundações na sub-bacia do rio Luís Alves/SC. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 151-167, set./dez. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n3/1984-2201-mercator-14-03-0151.pdf>>. doi: 10.4215/RM2015.1403.0009

GEOBASES. **lema – mapeamento ES – 2012-2015**. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de Baixo, Sorocaba, SP. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 439-446, out./dez. 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/45809>>. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v46i4.45809>

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11., 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CPRM, 2012.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. de O.; SOUZA, D. M. de Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5996/5504>>. doi: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5996/5504>

PEREIRA, T. K. K.; MORAIS, J. F. de. Técnicas de geoprocessamento aplicadas aos problemas ambientais que afetam o rio Iaco dentro do limite municipal de Sena Madureira-AC. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 11-20, jan./abr. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/13867/pdf>>. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117013867>

PEREIRA, B. W. de F.; MACIEL, M. de N. M.; OLIVEIRA, F. de A. de.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, nordeste paranaense. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 1351-1372, 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/geotecnologias.pdf>>. doi: http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_165

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. Disponível em: <<http://revista.ecogest.aobrasil.net/v3n5/v03n05a05.pdf>>. doi: <http://dx.doi.org/10.21438/rbgas.030505>

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. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/download/26411/pdf>>. doi: 10.5902/2179460X26411

ROSSI, M.; PFEIFER, R. M. 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. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87051999000100014&script=sci_abstract&tlng=pt>. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000100014>

SANTOS, A. R. dos.; EUGÊNIO, F. C.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; MOREIRA, M. A. et al. **ArcGIS 10.2.2 passo a passo: elaborando meu primeiro mapeamento**. Alegre: CAUFES, 2014. 53 p.

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

SILVA, R. F. da.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos da sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26n47p966>>. doi: 10.5752/p.2318-2962.2016v26n47p966

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. de. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715>>. doi: 10.11606/rdg.v31i0.107715

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. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/588>>. doi: 10.4215/RM2012.1125.0011

SOUZA, C. F. de.; PERTILLE, C. T.; CORRÊA, B. J. S.; VIEIRA, F. dos S. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-Paraná. **Geoambiente On-line**, Jataí, n. 29, p. 93-110, jul./dez. 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/50602>>. doi: 10.5216/revgeoamb.v0i29.50602

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Bulletin Geological Society America**, v. 63, n. 9, p. 923-938, 1952.

VENCESLAU, F. R.; MIYAZAKI, L. C. P. Processos, análises e gestão de bacias hidrográficas em ambientes urbanos: o caso do Córrego São José – Ituiutaba/MG. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, v. 2, n. 9, p. 71-92, mar. 2019. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/6342/pdf_1>.

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