

Aplicação do Geoprocessamento na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho - Goiás

Victor Tomaz de Oliveira ¹
Wellington Nunes de Oliveira ²
Emanoelle Pereira da Silva²
Elaine Jacob da Silva Carmo²
Kharen de Araújo Teixeira ²
Hugo José Ribeiro²
Rubens Villar Siqueira²

¹ Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí- IFGoiano
Rodovia Geraldo Silva Nascimento km 2,5
Urutaí - GO, Brasil
victor.tomaz@ifgoiano.edu.br

² Universidade Federal de Goiás - UFG
Av. Esperança, s/n - Chácaras de Recreio Samambaia
74690-900 – Goiânia-GO, Brasil
{wellington.wno, manups3, elaine.jacobcarmo, kharenat, hgribeirogeo, rubens.villar}@gmail.com

Resumo. Este trabalho teve como objetivo caracterizar morfometricamente a Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, a qual abrange onze municípios do Estado de Goiás. A análise morfométrica envolveu a caracterização de parâmetros geométricos do relevo e da rede de drenagem. Os dados demonstraram que a bacia ocupa uma área de 11.001,5 Km² com comprimento do canal principal de 262,2 Km. A rede de drenagem da bacia do Rio Vermelho apresenta uma hierarquia de sétima ordem. O coeficiente de compacidade (Kc) encontrado (1,61) em conjunto com o fator forma (0,44) indicam que, em condições normais de precipitação, a bacia é pouco suscetível a enchentes. Há, ainda, uma indicação de que a bacia apresenta uma tendência à forma alongada e, portanto, uma menor concentração de deflúvio, como evidencia o índice de alongamento (0,57). A densidade de drenagem (0,75) evidencia uma drenagem regular no que diz respeito à capacidade de infiltração. O tempo de concentração é de 77,5 horas, indicando que uma chuva precipitada na nascente pode demorar cerca de três dias para chegar no exutório.

Palavras-chave: recursos hídricos, geotecnologias, caracterização geométrica.

Abstract. The objective of this paper was to characterize morphometrically the Rio Vermelho hydrographic basin, that have eleven cities of Goiás. The morphometric analysis involved the characterization of geometric parameter of ground and drainage network. The data showed that the basin have 11.001,5 km² of area and 262,2 km of channel length. The drainage network of Rio Vermelho hydrographic basin has a hierarchy of seventh order. The compactness coefficient found was 1,61 and the form factor was 0,44. This indicates that, on normal condition of precipitation, the basin is somewhat susceptible to flooding. There is also an indication that the basin has a tendency to elongated shape, thus, a lower concentration of defluvium, as evidenced by stretching index (0,57). The drainage density (0,75) evidence a regular drainage for capacity of infiltration. The concentration time is 77,5 hours. This means that, if had a rainfall at the source of water, would to delay proximity 3 days to arrive in the exudation.

Keywords: water resources, geotechnology, geometric characterization.

1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA, 2001 apud TEODORO et. al., 2007).

Em se tratando do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica essa se dá pela função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986 apud TEODORO et. al., 2007).

Já o estudo morfométrico de bacias hidrográficas pode ser definido como a análise quantitativa das relações entre a fisiografia da bacia e a sua dinâmica hidrológica. Assim, a análise desses parâmetros tem grande importância nesses estudos, pois por meio da abordagem quantitativa, pode-se ter uma melhor noção do comportamento hidrológico, uma vez que os mesmos são bons indicadores da capacidade de escoamento superficial (NUNES et al., 2006 apud SANTOS, 2012).

Nesse contexto, a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica é um procedimento que embasa as análises hidrológicas e ambientais e ajuda no conhecimento das dinâmicas local e regional, bem como subsidia as ações de planejamento para conservação e gerenciamento dos recursos hídricos (FIOREZE et al., 2010; ROCHA et al., 2014). Nesse sentido, o geoprocessamento pode figurar como uma poderosa ferramenta no estudo geométrico da bacia hidrográfica, considerando a capacidade de realizar análises automatizadas com uso de *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e dados espaciais.

Assim, o presente trabalho objetivou analisar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Vermelho a partir de sua caracterização geométrica, características do relevo, e características da rede de drenagem, com uso de dados geográficos e ferramentas de SIG.

2. Objetivo

Analisar a morfometria da bacia hidrográfica do Rio Vermelho a partir de sua caracterização geométrica, com base na utilização de dados geográficos e *softwares* de Sistemas de Informação Geográficas.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho está inserida na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, na porção Centro-Oeste do Estado de Goiás. Suas nascentes localizam-se a 17 km do município Cidade de Goiás, e sua área de drenagem é de aproximadamente 11.000 Km², o que

representa aproximadamente 3,23% da área total do Estado. Os principais afluentes do Rio Vermelho são, pela margem esquerda, Rio Uvã e Rio Água Limpa, e pela margem direita recebe o Rio Ferreira. Fazem parte da bacia os municípios de Cidade de Goiás, Aruanã, Matrinchã, Britânia, Jussara, Santa Fé de Goiás, Fazenda Nova, Novo Brasil, Buriti de Goiás, Faina e Itapirapuã (**Figura 1**).

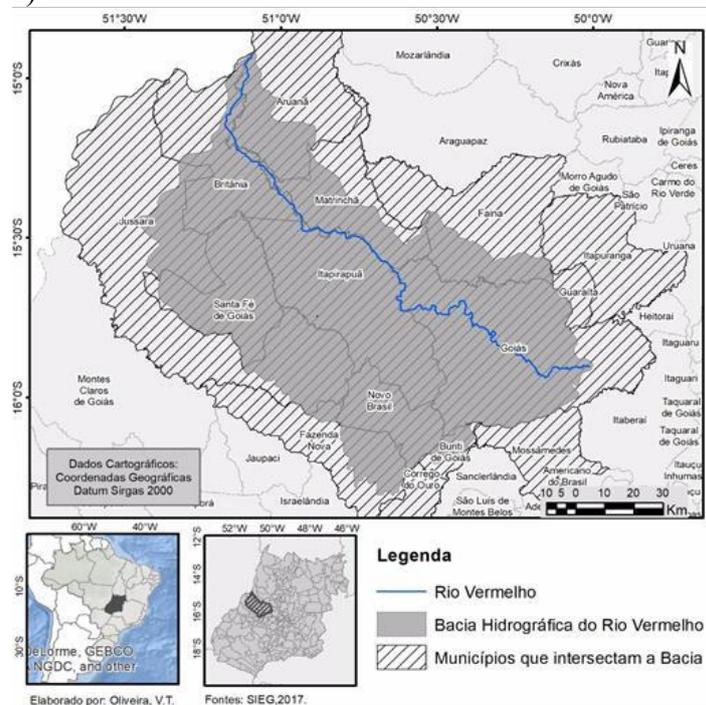


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás.

Em relação às classes de solos, conforme Machado & Lima (2001), a Bacia do Rio Vermelho contempla um complexo mosaico pedológico com o predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelhos laterizados na porção noroeste (região da Formação Araguaia), Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos no centro-leste da bacia; Neossolos Litólicos nas áreas acidentadas das serras Dourada, Geral e São Francisco e Gleissolos ocorrem nas planícies de inundação do Rio Vermelho, Ribeirão Água Limpa e Ribeirão Samambaia (**Figura 2**).

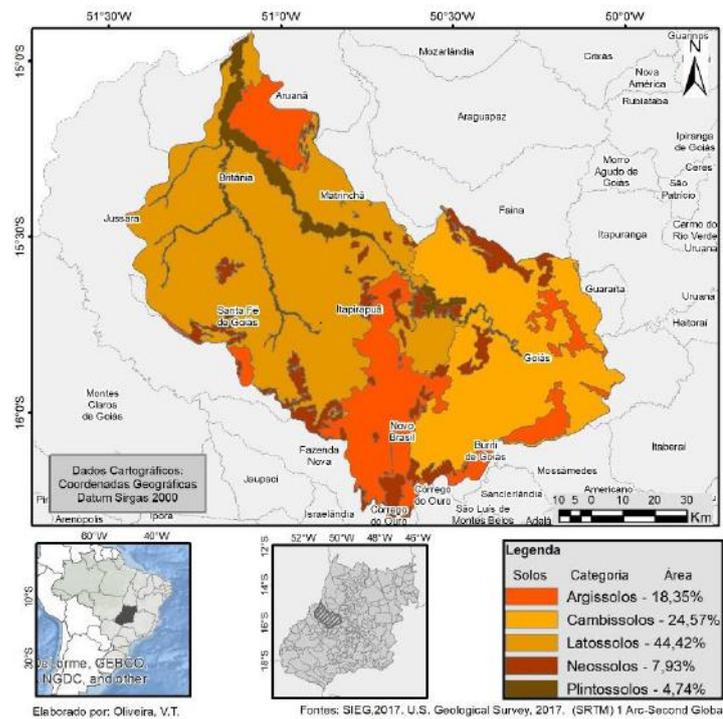


Figura 2 - Mapa de caracterização dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás.

Já quanto ao uso do solo na bacia, Cavalcanti et al. (2008) demonstraram que 25% da área é antropizada, 38% é coberta por vegetação natural, e 37% representa afloramentos rochosos. Eles alertam que quando é realizada uma observação superficial, tem-se a suposição de que a cobertura vegetal é bem preservada (**Figura 3**).

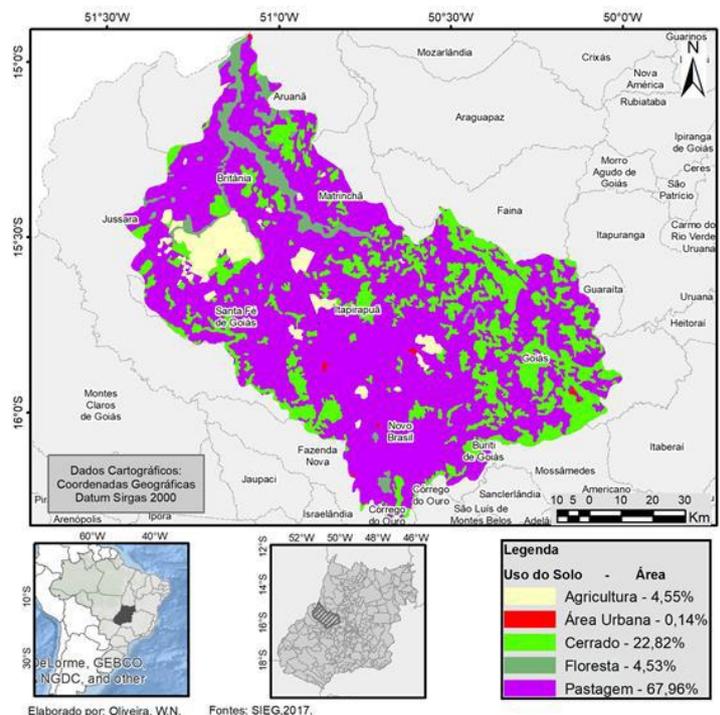


Figura 3 - Mapa de uso dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

3.2. Metodologia

O levantamento cartográfico e a delimitação da bacia hidrográfica do Rio Vermelho foram efetuados com base no mapa topográfico em escala 1:10.000 SIEG (2017). Para a caracterização morfométrica utilizou-se dados de atributos básicos como áreas, perímetros e comprimentos do canal principal e da bacia. A partir destes atributos foram calculados os índices de forma das bacias, traduzidos nos valores de Coeficiente de compacidade (K_c), Fator de forma (K_f). Além destes valores, foram calculados também os índices de declividade, altitude, densidade de drenagem (D_d), índice de alongamento, tempo de concentração e ordem dos cursos d'água. As fórmulas para obtenção dos parâmetros morfométricos são as mesmas utilizadas por Teodoro et. al. (2007) e a hierarquização da drenagem foi realizada por meio dos métodos propostos por Strahler (1952) e magnitude de drenagem, seguindo os parâmetros estabelecidos por Shreve (1966).

Utilizou-se o *software* ArcGIS 9.3 e o ordenamento dos cursos d'água foi realizado de forma automática pela ferramenta *hydrology – stream order*. Para a criação da curva hipsométrica utilizou-se o *software* Excel.

Os dados espaciais que subsidiaram os cálculos dos parâmetros estudados foram obtidos utilizando-se um Modelo Digital de Elevação – MDE, Imagens de Satélite e Dados Vetoriais. Segue detalhamento:

Em relação ao Modelo Digital de Elevação – MDE, para realização desse estudo foram utilizados diferentes dados espaciais. A análise hidromorfológica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho foi realizada por meio de MDE oriundo do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission / Missão Topográfica do *Radar Shuttle*). A extração dos dados necessários para o estudo hidromorfológico do MDE foi realizada utilizando técnicas de geoprocessamento por meio do *software* ArcGIS. As características fundamentais estudadas na análise morfométrica foram: - Declividade; - Área; - Extração e cálculo do Comprimento da drenagem.

Os dados do SRTM foram adquiridos na resolução espacial de 1 arco de segundo. (aproximadamente 30 m), no sistema de coordenadas Lat/Long e Datum WGS84, por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Para cobrir a bacia hidrográfica do Rio Vermelho, localiza-se na região oeste do Estado de Goiás, nos quadrantes SD-22-Z-A, SD-22-Z-C, SD-22-Y-B, SD-22-Y-D, SD-22-X-A, SD-22-V-B.

Ainda com o SRTM foi possível realizar o ordenamento dos rios pelo método de Strahler, para isso foi utilizada a função *Hidrology/ Spatial Analyst* do *software* ArcGIS.

Sobre as Imagens de Satélite, para a geração do mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, foram utilizadas como base imagens do satélite americano Landsat-8 com resolução espacial de 30 metros no modo multiespectral e 15 metros no modo pancromático, cuja fusão de imagens via PDI (Processamento Digital de Imagens) gerou uma imagem colorida com resolução espacial de 15 metros. Essas imagens correspondem a órbita/ponto 223/71, também disponibilizadas pelo INPE. Foi realizada uma classificação dessas imagens, gerando assim o mapa de uso e cobertura do solo da bacia.

Quanto aos Dados Vetoriais, foram adquiridas junto ao Sistema de Geoinformação de Goiás – SIEG, dados vetoriais como a delimitação da Bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Limites Municipais, Solos e Vulnerabilidade Ambiental da bacia.

Todos os dados citados acima, MDE, Imagens de Satélite e Dados Vetoriais, serviram como subsídios para a análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho.

4. Resultados e Discussão

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho possui área de drenagem de 11.001, 5 km² e perímetro de 604,3 km, podendo ser considerada uma bacia de médio porte para estudos de drenagem. Os

resultados da caracterização física da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho estão apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Caracterização física da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

Parâmetro	Valor e Unidade
Área da bacia	11.001,5 Km ²
Perímetro	604,3 Km
Comprimento do canal principal	262,2 Km
Comprimento da bacia	158,9 Km
Comprimento total dos cursos d'água	8,247,3 Km
Declividade baseada nos extremos	0,0021 m/m
Diferença de nível	554 m
Altitude mediana	365 m
Altitude máxima (nascente)	803 m
Altitude mínima (foz)	249 m
Fator forma	0,44
Densidade de drenagem	0,75 km/km ²
Índice de alongamento	0,57
Índice de compacidade	1,61
Tempo de concentração	77,5 h

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do Rio Vermelho, mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, isso pode ser verificado pelo fato de índice de compacidade apresentar o valor afastado da unidade (1,61), e seu fator forma exibir um valor baixo (0,44). Assim, há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência a forma alongada, como evidencia o índice de alongamento (0,57). Esta forma alongada permite que a água escoe em menor velocidade e de maneira mais distribuída até o exutório.

O Índice de compacidade – Kc, relaciona a forma da bacia a de um círculo. Este índice mede a relação do perímetro da bacia e o perímetro que a bacia teria se fosse circular. É dado pela equação: $Kc = 0,28P / A^{0,5}$. Este parâmetro é um número adimensional que varia com a forma da bacia, onde quanto maior o coeficiente de compacidade, a bacia tem menor tendência a grandes enchentes. O coeficiente de compacidade apresentado pela Bacia em estudo é de $Kc = 6,5$.

O Fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão da largura média e o comprimento axial da bacia. O Fator forma ou índice de conformação (I) é usado de maneira conceitual na hidrologia, e é um parâmetro que pode indicar a tendência da bacia a enchentes e inundações, de modo que quanto menor os valores de I menor a tendência a cheias (HORTON (1932) apud SANTOS (2012)). No caso da bacia do Rio Vermelho verificou-se que o fator forma é de 0,44, evidenciando uma baixa tendência da bacia a enchentes.

Na declividade, a princípio foram determinadas cinco classes de representação do relevo de acordo com o sistema brasileiro de classificação do solo da Embrapa (1999), apresentando mais da metade da bacia em uma única classe (plana – 0 a 3%). Todavia, essa metodologia foi substituída por uma determinação das classes de relevo tendo como referência os valores adaptados de Lepsch (1983). Essa alteração se justifica pelo fatiamento mais detalhado da bacia.

Tal fatiamento possibilitou evidenciar que a Bacia do Rio Vermelho possui 16,1% da superfície entre 0 a 2% de declividade, significando um relevo plano, principalmente a medida que se aproxima da foz. Ainda, de acordo com a Lei Federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012), a

bacia apresenta 0,6% de áreas que são de uso restrito ou de preservação permanente, representando 66 km² de área.

Assim, utilizou-se da ferramenta *slope* do *software* ArcGis para fatiamento do Modelo Digital de Terreno - MDT nas faixas pré-determinadas, e a conversão do arquivo matricial em vetorial possibilitou determinar a área ocupada por cada faixa de declividade. Essa caracterização pela declividade da bacia se faz importante na medida em que quanto maior a declividade de um terreno, maior a velocidade de escoamento, o que pode implicar em menor tempo de concentração estando relacionado ainda com os picos de enchentes. Na **Figura 4** está representado um mapa de declividade da referida bacia.

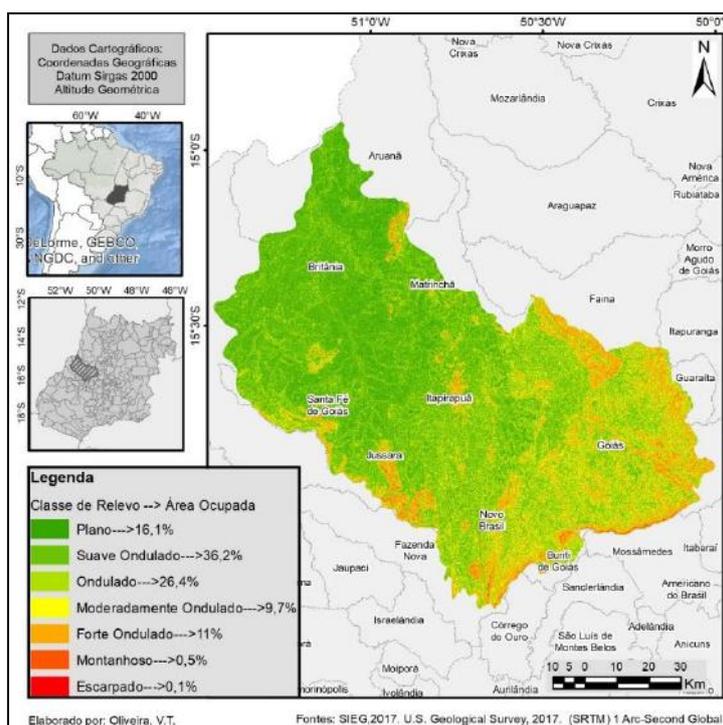


Figura 4 - Mapa de declividade da Bacia hidrográfica do Rio Vermelho.

No que se refere a altitude, a curva hipsométrica representa graficamente o relevo médio de uma bacia, além do estudo da variação da elevação de vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar, ou a um determinado referencial vertical ou datum. Para a obtenção da curva hipsométrica fez-se necessário primeiramente classificar o MDT a fim de obter uma representação das elevações do terreno como pode ser visto na **Figura 5**.

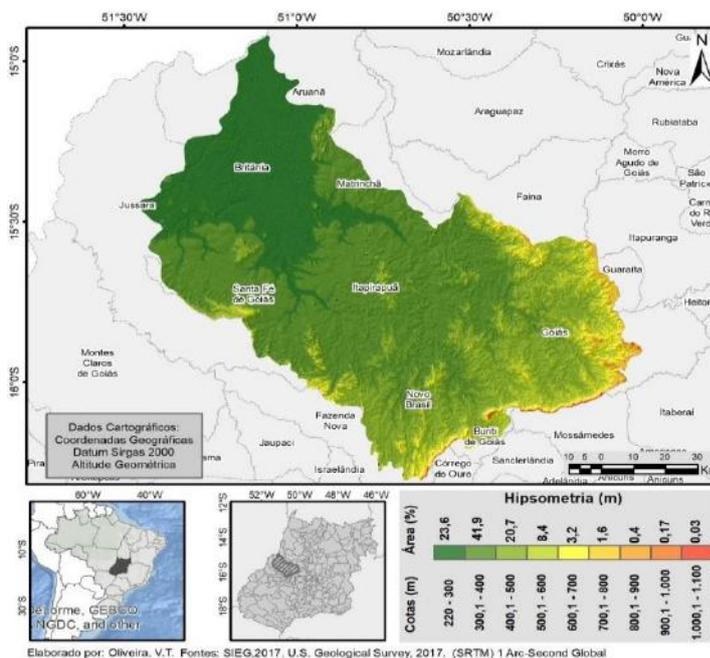


Figura 5 - Mapa de altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

A partir de então, fez-se possível gerar a curva hipsométrica utilizando o *software* Excel, relacionando o fatiamento em cotas e a porcentagem da área de cada faixa de forma acumulada. A curva hipsométrica está representada na **Figura 6**.

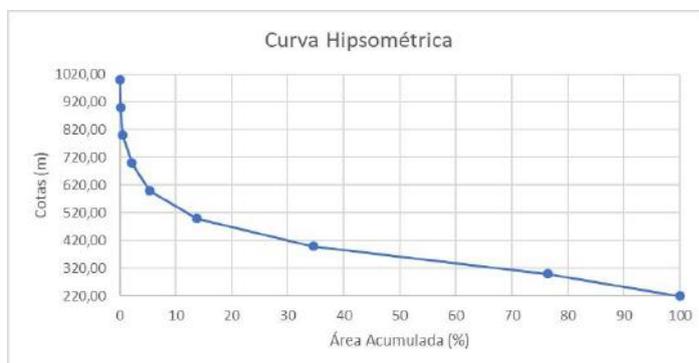


Figura 6 - Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho.

Assim, nota-se que 65,5% do total da bacia possui amplitude altimétrica de 180 metros (cotas de 220 a 400), o que significa dizer que existe pouca diferenciação de altitude na maior parte da superfície da bacia.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Este parâmetro varia de acordo com a precipitação, a geomorfologia e o relevo, fornecendo uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede, sejam eles perenes, intermitentes ou temporários, e a área total da bacia (ANTONELI & THOMAZ, 2007 apud TEODORO, 2007). A densidade de drenagem é de 0,75 km/km², mostrando que a bacia possui uma drenagem regular no que diz respeito a capacidade de infiltração e resistência a erosão conforme indicado na **Tabela 2**. Neste caso, em precipitações normais a Bacia do Rio Vermelho tende a ter escoamentos com velocidades moderadas.

Tabela 2 - Classificação da densidade de drenagem (Dd)

Dd (Km/Km ²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01- 3,50	Alta
> 3,50	Muito alta

Fonte: SANTOS, *et al.*, 2012 *apud* BETRAME (1994).

O Índice de alongamento está relacionado com o fator forma, quanto mais alongada for a bacia, maior será o tempo de escoamento e conseqüentemente menor a tendência da bacia a grandes cheias. É a razão do diâmetro da bacia se ela fosse um círculo, com maior comprimento. A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho apresentou Índice de alongamento igual a 0,57.

O Tempo de concentração (Tc) é um importante parâmetro para planejamento nas bacias hidrográficas. Segundo DNIT (2005), ele é definido como o tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde o ponto mais distante até a seção de interesse. Na caracterização da Bacia do Rio Vermelho, optou-se por utilizar a fórmula de Kirpich modificada (DNIT, 2005), pois ela se mostrou apta para estudos em bacias de médio e grande porte. Encontrou-se um tempo de concentração de 77,5 horas. Isso indica que uma chuva precipitada na nascente pode demorar cerca de três dias para chegar no exutório. Isso quer dizer que em chuvas de curta duração (inferiores ao tempo de concentração), somente parte da bacia estará contribuindo para formar efetiva para o somatório do hidrograma de enchente. A Ordem dos cursos d'água é realizada a partir da hierarquização da drenagem foi possível a análise de índices morfométricos para a bacia hidrográfica em questão. Esse ordenamento possibilita a elaboração de um mapa que configura a espacialização dos cursos d'água da bacia de acordo com sua ordem (Figura 7). No caso específico dessa classificação ordenada de forma automática da Bacia do Rio Vermelho, os corpos d'água variam de ordem 1 até a ordem 7. Na **Tabela 3** estão quantificados todos os cursos d'água de acordo com o ordenamento de Strahler (1952) e suas bifurcações.

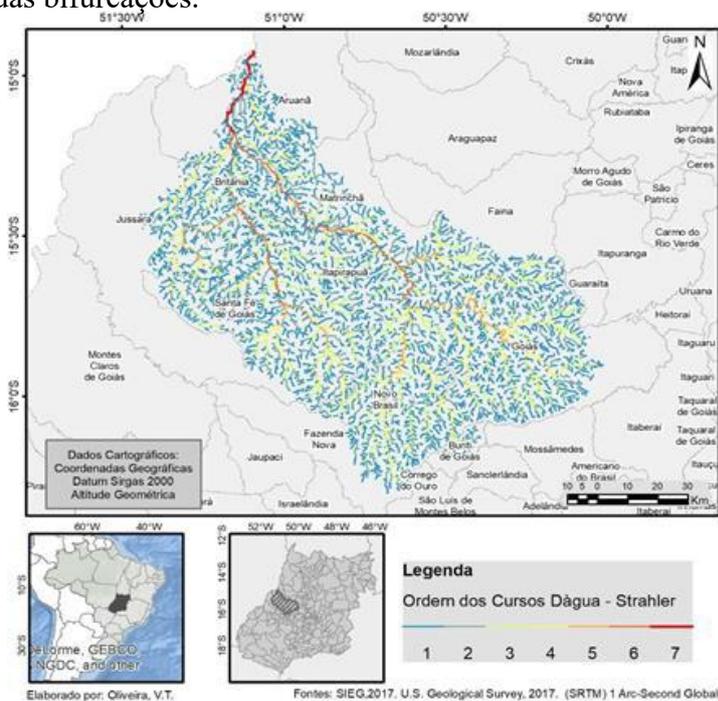


Tabela 3 - Ordenamento dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás

Hierarquia (Strahler)	nº de bifurcações
1	3213
2	1424
3	887
4	443
5	189
6	175
7	34

Figura 7 - Ordem dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Estado de Goiás

5. Conclusão

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho representa 3,23 % da área total do Estado de Goiás, intersectando onze municípios desde sua nascente até sua foz, quando desemboca no Rio Araguaia – Tocantins. Sua área de drenagem é de sétima ordem.

A bacia tem uma tendência à forma alongada, o que permite que a água escoe em menor velocidade e de maneira mais distribuída até o exutório. Em condições normais de precipitação, a bacia tende a ter escoamentos com velocidades moderadas, visto que possui uma drenagem regular no que diz respeito à capacidade de infiltração e resistência à erosão, mostrando-se, nesse caso, pouco suscetível a enchentes.

6. Referências

Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2012.

Cavalcanti, M. A.; Lopes, L.M.; Pontes, M.N.C. Contribuição ao entendimento do fenômeno das enchentes do Rio Vermelho na cidade de Goiás, GO. **Boletim Goiano de Geografia**, 28 (1): p. 167-186, jan./jun, 2008.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2005. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/manuais/manual_de_hidrologia_basica.pdf>. Acessado em: 05 de outubro de 2017.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA-SPI, 1999.

Fiozeze, A.P.; Oliveira, L.F.C.; Franco, A.P.B. **Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás**. Pesq. Agropec. Trop., 40 (2): p. 167-173, abr./jun. 2010.

Lepsch, I.F.; Bellinazzi, R.; Bertolini, D.; Espindola, C. R. 1983. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. SBCS, 175p.

Machado, L. E. G; Lima, C. V. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (GO) utilizando imagens ASTER. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2001, p.8231 - 8239.

Rocha, R.M.; Lucas, A.A.T.; Almeida, C.A.P.; Neto, E.L.M.; Netto, A.O.A. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu. **Revista Ambiente e Água**, 9 (2): p. 276 – 287, 2014.

Santos, M.A.; Targa, M.S.; Batista, G.T.; Dias, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão. **Revista Ambiente e Água**, 7 (3). 2012.

Shreve, R. L. Statistical law of stream numbers. **The Journal of Geology**, 74 (1): p. 17-37, 1966.

Strahler, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, 63 (11), p. 1117-1142, 1952.

Teodoro, V. L. L., Teixeira, D., Costa, D. J. L., Fuller, B.B. O Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UniAra**, 20, 2007.