



## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALGADO, BAHIA, BRASIL

Tâmara Bastos SILVA<sup>1\*</sup>

Recebido em 02/06/2019
Aceito em 16/08/2019
Publicado em 16/12/2019

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo a determinação das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Salgado, utilizando imagens Shuttle Radar Topography Mission – SRTM. A área e o perímetro da bacia foram 1225,61 km<sup>2</sup> e 289 km, respectivamente. A bacia apresentou coeficiente de compactidade 2 e fator de forma 0,39. A densidade de drenagem obtida foi de 0,24 km km<sup>-2</sup>. O sistema de drenagem 2<sup>a</sup> ordem, sendo considerado pouco ramificado. A densidade de drenagem, indicou que a bacia apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido. A bacia apresentou altitude média de 535 m. Após a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a bacia possui formato irregular, baixa densidade de drenagem e baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. As técnicas de geoprocessamento utilizadas mostraram-se eficientes na obtenção das características morfométricas, apresentando-se favorável às ações de planejamento e gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Salgado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Altitude. Hidrografia. Geoprocessamento.

### ENGLISH TITLE

**ABSTRACT:** The present study had an image of the morphometric characteristics of the Salgado river basin through Shuttle Radar Topography Mission – SRTM images. The area and perimeter of the basin were 1225.61 km<sup>2</sup> and 289 km, respectively. A basin presented coefficient of compactness 2 and form factor 0.39. The traction density obtained was 0.24 km km<sup>-2</sup>. The second order drainage system, and consequently little branching. A drainage density indicated that the river has an underdeveloped drainage system. A proposed line average altitude of 535 m. After analyzing the obtained results, it was concluded that the occurrence of an irregular mode, low drainage density and low susceptibility to normal precipitation conditions. The geoprocessing techniques used were advanced in the choice of morphometric characteristics, with emphasis on the planning and environmental management actions of the Salgado river basin.

**KEYWORDS:** Altitude. Hydrography. Geoprocessing.

<sup>1</sup>Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas e Tecnologia (DCHT), Campus XXIV. Rua João Guimarães, s/n, Xique-Xique, BA, Brasil, 47400-000.

\*Autor correspondente: eng.bastos@outlook.com.br

## INTRODUÇÃO

Devido, a exploração dos recursos ambientais que vem acontecendo de forma desordenada, em virtude ao crescimento demográfico desenfreado, a expansão das áreas agrícolas e a intensificação da urbanização (FRAGA et al., 2014). Tais mudanças, como a alteração da cobertura vegetal e topografia do terreno, associadas a outros aspectos podem alterar a estrutura e o funcionamento do ecossistema, afetando a oferta de serviços ecossistêmicos hidrológicos, como a oferta de água potável (MOREIRA et al., 2016).

Sendo assim, o estudo e a análise das bacias hidrográficas são indispensáveis para alcançar o equilíbrio entre a exploração dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental (FRAGA, et al., 2014). Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área da superfície terrestre, responsável pela drenagem da água proveniente da chuva, de sedimentos e de materiais dissolvidos, os quais são convergidos para uma única saída, denominada de foz, por meio de canais fluviais, tributários e, ou, ravinas. Contudo, uma bacia hidrográfica não deve ser vista apenas como uma área captadora de água advinda da precipitação, mas também como uma unidade de planejamento e gerenciamento ambiental (BENATTI et al., 2015).

Desta forma, as técnicas de geoprocessamento são empregadas como ferramentas para o planejamento e gestão ambiental da bacia hidrográfica, devido aos seus diversos procedimentos e a velocidade na geração de resultados (FONSECA et al., 2013). Dentre esses procedimentos e através da análise espacial de bacias hidrográficas o Modelo Digital de Elevação (MDE) constitui uma importante ferramenta para obtenção de dados morfométricos, (RODRIGUES et al., 2016; ATAIDE; RODRIGUES, 2016), como o cálculo de variáveis físicas e relevo (TRENTIN et al.; 2015).

Segundo Fraga, et al. (2014) o Modelo Digital de Elevação é considerado hidrológicamente Consistente (MDEHC) quando por intermédio da representação do relevo, é possível representar precisamente, o caminho do escoamento da água superficial, ou seja, recriando processos hidrológicos superficiais, através de

Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), cujo intuito é facilitar a determinação das características morfométricas das bacias hidrográficas. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo a determinação das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Salgado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

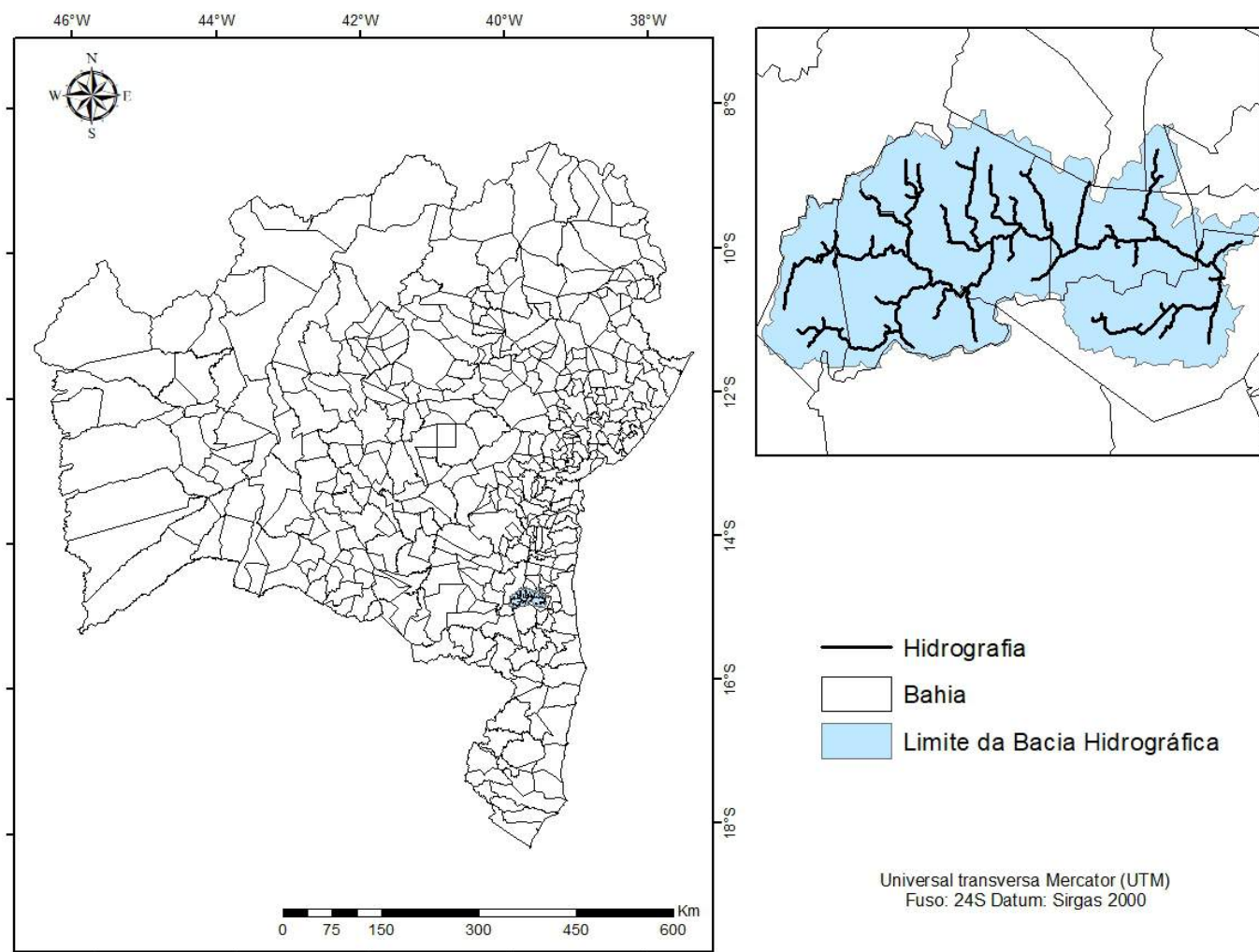
A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do rio Salgado (Fig. 1), pertencente à bacia hidrográfica do rio Cachoeira. Localizada, na região Sul da Bahia. Totalizando uma área de 1225,61 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Firmino Alves, Santa Cruz da Vitória, Floresta Azul, Ibicaraí e Itapé. Considerando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), a bacia está contida na zona 24S.

### Modelo digital de elevação (MDE) e delimitação da bacia do rio Salgado

A imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) utilizada neste estudo foi, obtida na base de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) na plataforma Brasil em Relevo, com resolução espacial de 90m. Primeiramente, realizou-se o download de apenas uma carta (SD-24Y-B) em escala de 1:250.000. Após a obtenção da carta, procedeu-se o pré-processamento dos dados digitais de elevação utilizando o software ArcGIS 10.3/Arc Map® do ESRI. Em seguida, para obter as características morfométricas da bacia do rio Salgado adequou-se o sistema de projeção GCS\_WGS1984 (referência geográfica) para a projeção UTM e Datum SIRGAS 2000 - Zona 24S. Posteriormente, gerou-se arquivos individuais contendo os limites da área de estudo, a hidrografia digital conectada e orientada no sentido do escoamento superficial, gerando o Modelo Digital de Elevação (MDE).

### Correção do modelo digital de elevação (MDE) e obtenção do modelo digital de elevação hidrológicamente consistente (MDECH)

Com o propósito de corrigir as inconsistências do Modelo Digital de Elevação, criou-se um caminho preferencial para a hidrografia a par-



**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do rio Salgado.

tir da obtenção do MDECH. Primeiramente, preencheram-se as depressões espúrias do MDE. Em seguida, determinou-se a direção de fluxo e do fluxo acumulado, respectivamente, utilizando software ArcGIS 10.3/ArcMap®. Posteriormente, gerou-se a drenagem numérica da bacia através do acúmulo de 1000 células. E finalmente, realizou-se o condicionamento do MDE à hidrografia, gerando o MDEHC.

### Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

Com a delimitação da área da bacia e as devidas correções, o próximo passo foi a obtenção das características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma ( $K_f$ ), as características do sistema de drenagem, Densidade de drenagem e a ordem dos

cursos de água e a característica de relevo, a altitude.

A área e o perímetro da bacia hidrográfica foram obtidos automaticamente pelo software ArcGIS 10.3/ArcMap® quando se gerou a bacia de estudo. Utilizou-se o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) indicando a susceptibilidade da bacia hidrográfica à ocorrência de enchentes, calculado pela Equação 1 correspondendo à razão entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo (área igual à da área de drenagem da bacia). O fator de forma, assim como o  $K_c$ , é um indicativo da maior ou menor tendência para a ocorrência de enchentes em bacias hidrográficas, calculado pela Equação 2 correspondente à relação entre a área da bacia pelo seu comprimento axial (da foz até a cabeceira mais distante da bacia).

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

$$\text{Equação 2: } Kf = \frac{A}{L^2}$$

onde:  $Kc$  é o coeficiente de compacidade, (adimensional);  $P$  é o perímetro da bacia hidrográfica (em metros);  $A$  é a área de drenagem (em  $m^2$ );  $Kf$  é o fator de forma (adimensional); e  $L$  é o comprimento axial da bacia hidrográfica (em metros).

A Densidade de drenagem ( $Dd$ ), indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da bacia hidrográfica. Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem varia de 0,5  $km\ km^{-2}$ , classificando as em bacias hidrográficas mal drenadas (pobres) e 3,5  $km\ km^{-2}$ , bacias hidrográficas bem drenadas. A  $Dd$  foi calculada pela Equação 3 que corresponde a razão entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área da bacia hidrográfica. Já a ordem dos cursos d'água foi obtida automaticamente pelo software ArcGIS 10.3/ArcMap®, considerando a metodologia de hierarquização fluvial estabelecida por Strahler (1957).

$$\text{Equação 3: } Dd = \frac{Lt}{A}$$

onde  $Dd$  é a densidade de drenagem (em  $km\ km^{-2}$ ); e  $Lt$  é o comprimento total dos cursos d'água da bacia hidrográfica (em  $km$ ).

A altitude máxima, média e mínima foram obtidas automaticamente pelo software ArcGIS 10.3/ArcMap® por meio do Modelo Digital de Elevação e Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

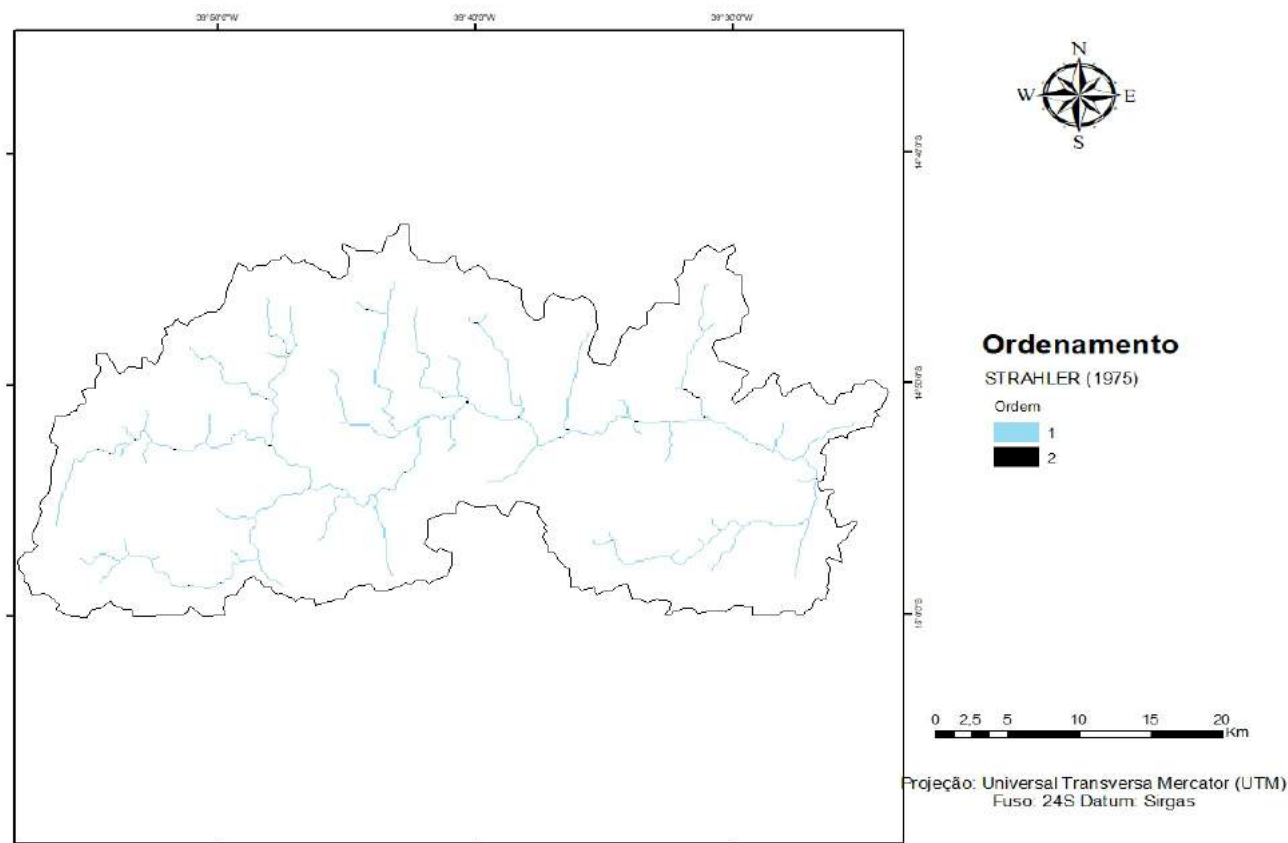
As características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Salgado estão apresentadas na Tabela 1. Conforme, as análises realizadas, a bacia hidrográfica do rio salgado apresentou uma área de drenagem de 1225,61  $km^2$  e perímetro de 250,25  $km$ . De acordo com Tucci (2009) a área da bacia é imprescindível para determinar a sua potencialidade hídrica e também possui grande relevância na sua resposta hidrológica, pois, se desprezarmos os outros aspectos, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes, pois o tempo será maior para que toda a bacia contribua de uma só vez.

**Tabela 1.** Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Salgado.

<b>Características físicas</b>	
Área de drenagem ( $km^2$ )	1.225,6
Perímetro ( $km$ )	250,25
Coefficiente de compacidade ( $Kc$ )	2
Fator de forma ( $Kf$ )	0,39
<b>Características do sistema de drenagem</b>	
Densidade de drenagem ( $Dd$ ) ( $km\ km^{-2}$ )	0,24
Ordem dos cursos de água	2
<b>Características do relevo</b>	
Altitude máxima ( $m$ )	975
Altitude média ( $m$ )	535
Altitude mínima ( $m$ )	95

O coeficiente de compacidade (2) e o fator de forma (0,39) adquiridos demonstram a irregularidade da bacia hidrográfica do rio Salgado, em relação ao seu formato, ou seja, a bacia possui um formato alongado. O coeficiente de compacidade e o fator de forma também indicam a susceptibilidade da bacia à ocorrência de enchentes. Segundo Borsato e Martoni (2004), uma bacia hidrográfica que possui um fator de forma baixo é menos susceptível a ocorrência de enchentes. Quanto ao coeficiente de compacidade quanto, mais irregular for a bacia, a tendência a enchentes será menor (VILELLA; MATTOS, 1975) e, também a contribuição dos afluentes atinge o rio principal em vários pontos, afastando a possibilidade do deflúvio ocorrer em apenas um ponto (VILELLA; MATTOS, 1975). Desta forma, pode-se inferir que a bacia do rio Salgado é menos susceptível a ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação e, em relação ao formato alongado da mesma indica que a possibilidade de precipitações intensas atingirem simultaneamente toda sua área de drenagem é pequena (FRAGA et al., 2014)

De acordo com a metodologia utilizada, a drenagem da bacia é considerada de 2ª ordem (Fig. 2), demonstrando que o sistema de drenagem possui poucas ramificações, quando comparado a sua área. De acordo com Fraga et al. (2014), quanto menos ramificada a rede, menos eficiente será o sistema de drenagem. Quanto a densidade de drenagem (0,24  $km\ km^{-2}$ ) encontrada indica que a bacia hidrográfica do rio Salgado apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido. Corroborando Villela e Mattos (1975), aponta a bacia como, mal drenada. Para Fraga et al. (2014) uma bacia hidrográfica com um  $Dd$  baixa significa que a mesma tem uma superfície maior



**Figura 2.** Hierarquização dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Salgado.

de contribuição com relação à quantidade de canais.

O Modelo Digital de Elevação demonstra uma grande variação de altitude, a bacia hidrográfica do rio Salgado apresentou uma altitude mínima de 95 m e a máxima de 975 m (Fig. 3), sendo a altitude média igual a 535 m. Segundo Santos et al. (2012), a variação da altitude e a altitude média de uma bacia hidrográfica são aspectos relevantes no que se refere à temperatura e à precipitação. Para o autor supracitado altas variações de altitude numa bacia hidrográfica causam alterações expressivas na temperatura média, a qual, acarreta variações na evapotranspiração e precipitação anual. Corroborando Castro e Lopes (2001) afirma que, a altitude média possui influência na quantidade de radiação solar recebida pela bacia hidrográfica. Assim, a evapotranspiração e a precipitação sofrem modificações, que interferem na variação de temperatura e balanço de energia (SANTOS et al., 2012). Segundo Silva e Tonello (2014), em altitudes elevadas, a temperatura é menor, precisando de energia para evaporar a água, em

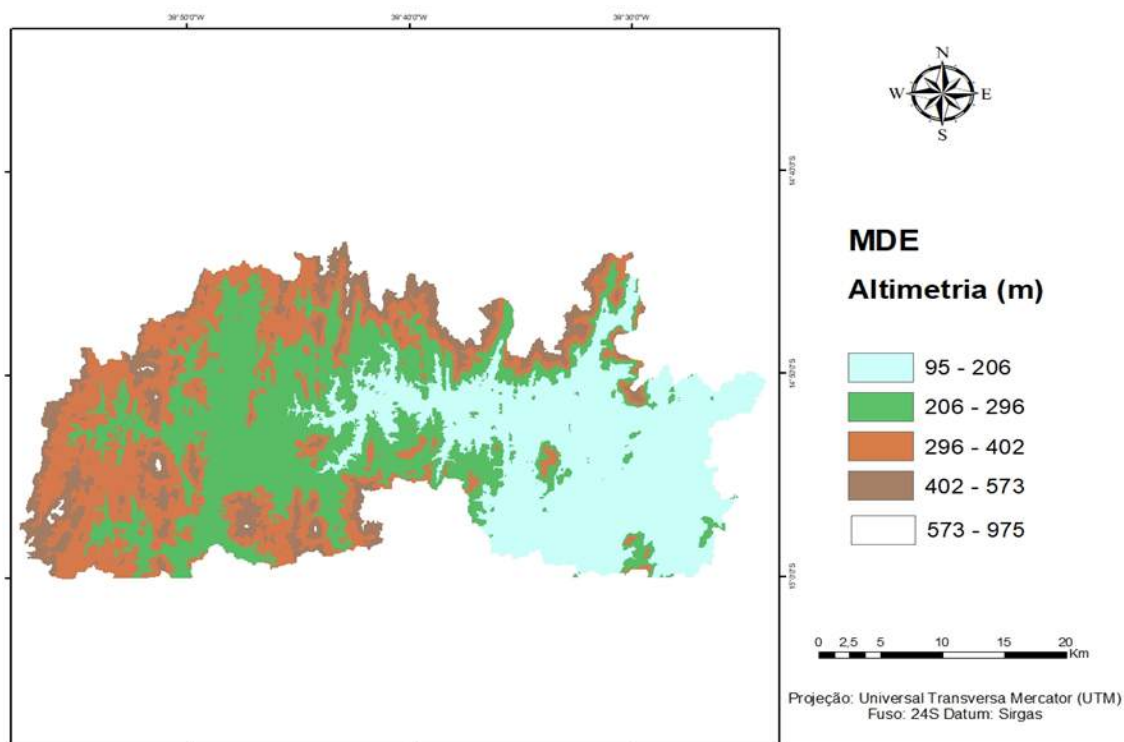
comparação a baixas altitudes. Sendo assim, a precipitação é maior que a evapotranspiração nas regiões de elevada altitude, resultando num excedente hídrico (SILVA; TONELLO, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos a partir da análise morfométrica pode-se concluir que:

- A bacia hidrográfica do rio Salgado possui forma alongada, não sendo susceptível a enchentes em condições normais de precipitação. Tal afirmação foi confirmada pelo coeficiente de compacidade e fator de forma. O sistema de drenagem é de 2ª ordem, sendo considerado pouco ramificado.

- A densidade de drenagem indicou que a bacia apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido. A amplitude altimétrica da bacia sofreu uma variação considerável o que acarreta diferença na temperatura média da mesma, causando variações na precipitação anual.



**Figura 3.** Distribuição espacial da amplitude altimétrica na bacia hidrográfica do rio Salgado.

- As técnicas de geoprocessamento utilizadas mostraram-se eficientes na obtenção das características morfométricas, apresentando-se favorável às ações de planejamento e gestão ambiental da bacia hidrográfica.

## AGRADECIMENTOS

A autora agradece a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela imagem disponibilizada na sua plataforma, que auxiliou na elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- ATAIDE, L.C.P.; RODRIGUES, F.C.L.P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste Paraense. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* 11: 130-138, 2017.
- BENATTI, D.P.; TONELLO, K.C.; LEITE, E.C.; FARIA, L.C. Morfometria e uso e cobertura de uma microbacia no município de Sete Barras, São Paulo. *Irriga*, 21: 21-32, 2015.
- 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*, 26(2): 273-285, 2004.

CASTRO, P.S.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2001. 84p. (Série Saneamento e Meio - Ambiente, n. 296).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Brasil em Relevô**. 2017. Disponível em: <<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/>>. Acessado: 28 de setembro de 2017.

FONSECA, S.F.; SANTOS, D.C.; HERMANO, V.M. Geoprocessamento aplicado à análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. *Revista de Geografia UFPE*, 30(3): , 2013.

FRAGA, M.S.; FERREIRA, R.G.; SILVA, F.B.; VIEIRA, N.P.A.; SILVA, D.P.; BARROS, F.M.; MARTINS, I.S.B. Caracterização Morfométrica da Bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. *Nativa*, 2(4): 114-118, 2014.

MOREIRA, L.G. ARAÚJO, M.S.S.A.; LIMA, M.C.; OLIVEIRA, F.R. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido - ACSA*, 12(4): 403-409, 2016.

RODRIGUES, R.S.S.; FERNANDES, L.L.; CRISPIM, D.L.; VIEIRA, A.S.A.; PESSOA, F.C.L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. *Revista Verde*, 11(3): 143-150, 2016.

SANTOS, D.B. et al. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR. *Revista*

**Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, 5(2): 7-18, 2012.

SILVA, J.L.; TONELLO, K.C. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeirão dos Pinheiros, Brotas – SP. **Irriga**, 19: 103-114, 2014.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union**, 38(6): 913-920, 1957.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S.; SILVEIRA, C.T. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 16(2): 219-237, 2015.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943p.

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