

## XV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe

# CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SIRIRI (SE) UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Danrley Bosco Santos Silva<sup>1</sup>; Maria Gabriela Melo Santos<sup>2</sup>; Milleny Gabrielle Santos<sup>3</sup> & Daniella Rocha<sup>4</sup>

**RESUMO:** As características morfométricas de uma bacia hidrográfica constituem elementos indispensáveis para o planejamento e avaliação do comportamento hidrológico, e auxiliam nas tomadas de decisões. Neste sentido, este estudo objetivou realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri, localizada no Estado de Sergipe. A metodologia baseou-se no uso de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), dados da SEDURBS e aplicação de Modelos Digitais de Elevação, que permitiram quantificar características geométricas, da rede de drenagem e de relevo, resultando em mapas e parâmetros para análise. Os resultados mostram que a sub-bacia apresenta um formato alongado com fator de forma (0,0747), coeficiente de compacidade (2,10), índice de circularidade (0,22) e razão de Elongação (0,049), apresentando valores distante da unidade, ou seja, a bacia apresenta condições satisfatórias de escoamento, não sendo suscetível a enchentes. A declividade foi outro fator que comprovou a não predisposição a enchentes e/ou alagamentos por apresentar um relevo majoritariamente classificado como suavemente ondulado a ondulado. Por fim, o estudo morfométrico por meio de ferramentas SIG mostrou ser uma alternativa viável em recursos e tempo para análise, servindo de excelente subsídio para o gerenciamento e o planejamento de bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Hidrologia; Geoprocessamento; Planejamento da bacia

## INTRODUÇÃO

As características de uma bacia hidrográfica são intrinsecamente ligadas à geomorfologia (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e também ao tipo da cobertura vegetal (SOUZA et al., 2019). Tais características são de suma importância na fase terrestre do ciclo hidrológico, pois influenciam diretamente na infiltração, na evapotranspiração, no escoamento superficial e conseqüentemente, na quantidade e qualidade de água produzida (MELO, 2017).

O estudo morfométrico de bacias hidrográficas constitui uma importante ferramenta para classificação das redes de drenagem e para análise das potencialidades e limitações frente ao uso e ocupação do solo (NOBRE et al., 2020). Esse estudo, também pode auxiliar na identificação do grau de suscetibilidade à erosão e a compreender como a microbacia age ao longo de sua drenagem, sendo um excelente subsídio para o gerenciamento e o planejamento de toda a bacia (SALIS et al., 2019).

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, danrleybosco@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, \_gabimelo@academico.ufs.br (apresentadora do trabalho);

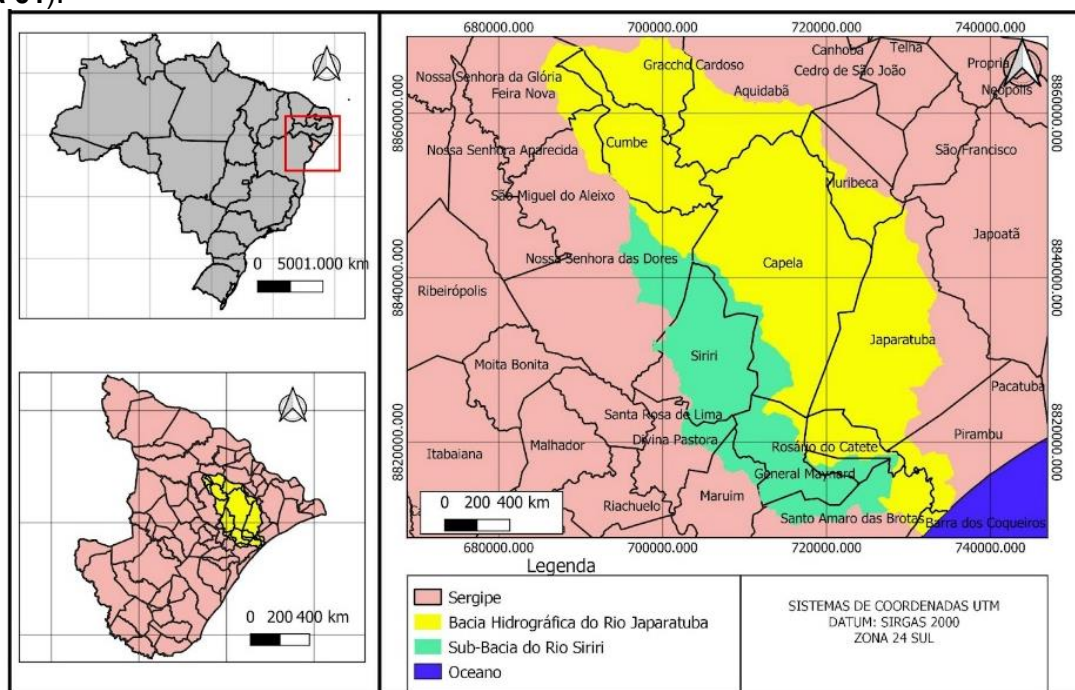
<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, milleny@academico.ufs.br;

<sup>4</sup> Professora, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, danielarocha.ufs@gmail.com.

Diversas técnicas de geoprocessamento vêm sendo utilizadas para inúmeras finalidades e são excelentes ferramentas para a gestão do território e análise ambiental (RIBEIRO et al., 2020). Dessa forma, o presente trabalho objetivou realizar a caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Siriri, por meio do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a fim de identificar e interpretar as potencialidades e as limitações da sub-bacia para fins de planejamento e gerenciamento da mesma.

## MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Japarutuba é uma entre as oito bacias que compõem o Estado de Sergipe. O rio Siriri é o principal afluente do rio Japarutuba pela margem direita, e sua sub-bacia hidrográfica tem uma área de 429 km<sup>2</sup> (representando 23,37% da área total da bacia), localiza-se entre as coordenadas 37° 12' 52" O, 10° 24' 20" S e 36° 54' 22" O, 10° 45' 44" (ARAGÃO et al., 2014) (**Figura 01**).



**Figura 01.** Mapa de localização e acesso da Sub-bacia do rio Siriri.

A sub-bacia do rio Siriri abrange nove municípios sergipanos (Divina Pastora, Maruim, General Maynard, Santo Amaro das Brotas, Carmópolis, Pirambu, Nossa Senhora das Dores, Siriri e Rosário do Catete) com área total ou parcial inseridos em sua área de influência, e caracteriza-se por ser uma bacia de grande importância para o planejamento do rio Japarutuba devido a sua extensão (GONÇALVES, 2016).

Os materiais utilizados para esse estudo foram: (i) dados de estados e municípios do Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe; (ii) dados da sub-bacia do banco de dados HydroSHEDS (iii) dados de altitude obtidos pelo Modelo Digital de Elevação (MDE) no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA);(iv) programa de geoprocessamento QGIS (Versão 2.14) de Código Aberto da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU); e (v) literatura sobre a sub-bacia do Siriri.

Para elaboração do trabalho foram realizadas análises e procedimentos em ambiente SIG utilizando-se o software livre QGIS nas versões 3.16 e 3.28.3 na qual foram confeccionados os mapas (localização, declividade, hipsométrico) com base na projeção vigente UTM/SIRGAS-2000.

Concomitantemente, foi feito um levantamento bibliográfico de outros trabalhos realizados na referida bacia a fim de consubstanciar as discussões acerca das características da mesma.

A caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Siriri foi fragmentada em três grupos: físicos, hidrológicos e de relevo. A identificação dos parâmetros foi realizada por meio do QGIS - SIG (Sistema de Informação Geográfica) e por equações presentes no Quadro 01 e 02. Entretanto, o relevo da bacia estudada foi caracterizado por meio do mapa de declividade realizado com base na classificação do relevo proposta pela EMBRAPA (1979).

**Quadro 01.** Parâmetros físicos utilizados na caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri.

Parâmetro	Descrição	Fonte	Equação
Área de drenagem (A)	Área plana (projeção horizontal) compreendida entre suas partições topográficas, que é o elemento básico para os cálculos morfométricos.	(VILLELA & MATTOS, 1975)	(Km <sup>2</sup> ou ha)
Fator de Forma (Kf)	Razão entre a área de drenagem e o comprimento do eixo da bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.	(VILLELA & MATTOS, 1975)	$Kf = \frac{A}{L^2}$
Coeficiente de compacidade (Kc)	Número adimensional que varia com forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade, estando mais propícia a enchentes	(VILLELA & MATTOS, 1975)	$Kc = \frac{P}{2\pi R} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Índice de Circularidade (IC)	Relaciona uma bacia hidrográfica à área de um círculo de perímetro igual à área da bacia hidrográfica.	(CARDOSO et al., 2006)	$IC = 12,57 \frac{A}{P^2}$
Razão de Elongação (Re)	Relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia. Quanto maior o valor de Re, mais próxima de um círculo a bacia hidrográfica estará e maior a probabilidade de enchentes.	(SCHUMM, 1956)	$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,2}}{L}\right)$

**Quadro 02.** Parâmetros hidrológicos e de relevo utilizados na caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Siriri.

Parâmetro	Descrição	Fonte	Equação
Comprimento do rio principal (L)	Distância que se estende ao longo de um curso d'água desde a foz até uma determinada nascente, isto é, determinado a partir do perfil longitudinal do curso d'água.	(TUCCI, 2004)	(km)
Densidade de drenagem (Dd)	Razão entre o comprimento total de todos os canais e a área de drenagem. Onde indica a eficiência real da drenagem operando em bacias hidrográficas.	(HORTON, 1945)	$Dd = \frac{L}{A}$ (km/ km <sup>2</sup> )
Coeficiente de Manutenção (Cm)	É um dos valores numéricos mais importantes para a caracterização do sistema de drenagem, limitando sua área mínima requerida para o desenvolvimento de um canal. Esse coeficiente pode ser calculado a partir da densidade de drenagem,	(LANA, 2001)	$Cm = 1Dd$ (km/ km <sup>2</sup> )
Densidade hidrográfica (Dh)	Relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água	(CHRISTOFOL ETTI, 1969)	$Dh = \frac{N}{A}$ (rios/ km <sup>2</sup> )
Declividade média	Diretamente associada com a velocidade em que ocorre o escoamento superficial.	(VILLELA & MATTOS, 1975)	(%)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos valores obtidos nas tabelas de atributos geradas no software QGIS, a sub-bacia do Siriri apresentou uma área de 431,36 km<sup>2</sup>, semelhante aos valores relatados na literatura, com circunferência de 156 km e um rio principal com comprimento de 75.964 km. Ainda no software, foi possível determinar o comprimento total de todos os canais e cursos d'água totalizando 271,96375 km, conforme Tabela 01.

**Tabela 01.** Parâmetros morfométricos da Sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri.

Parâmetro	Valor
Área (A)	431,36 km <sup>2</sup>
Perímetro	156 km
Comprimento do rio principal (L)	75,964 km
Comprimento total de todos os canais (Lt)	271,96375 km
Número de canais	390

Com essas variáveis foram calculados os parâmetros relacionados ao Fator de Forma, Fator de Compacidade, Índice de Circularidade, Razão de Elongação, Densidade de Drenagem, Coeficiente de Manutenção e Densidade Hidrográfica, como é possível observar na Tabela 02.

**Tabela 02.** Parâmetros físicos e hidrológicos da Sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri.

Parâmetro	Valor
Fator de forma (Kf)	0,0747
Coeficiente de compacidade (Kc)	2,10
Índice de Circularidade (Ic)	0,22
Razão de Elongação (Re)	0,049
Densidade de drenagem (Dd)	0,63 km/ km <sup>2</sup>
Coeficiente de Manutenção (Cm)	1,59 km/ km <sup>2</sup>
Densidade Hidrográfica (Dh)	0,9041 rios/ km <sup>2</sup>

Segundo Tonello et al., (2006), o índice do fator de forma (Kf) determina a forma da bacia e o resultado encontrado de 0,0747 permite afirmar que a sub-bacia do rio Siriri possui uma forma mais alongada em decorrência do baixo valor encontrado para este parâmetro. De acordo com Soares (2015), uma bacia hidrográfica com fator de forma baixo é menos propensa a enchentes do que uma bacia hidrográfica do mesmo tamanho, mas com fator de forma maior. A validade dessa afirmação se dá pelo fato de que no cenário de chuvas intensas na extensão da bacia, é mais provável que toda a extensão da bacia circular seja percorrida ao mesmo tempo do que no caso de uma bacia alongada. Além disso, numa bacia circular, a concentração do deflúvio se dá em apenas um ponto, enquanto que nas bacias alongadas tem-se presente a contribuição dos tributários em vários pontos ao longo da bacia.

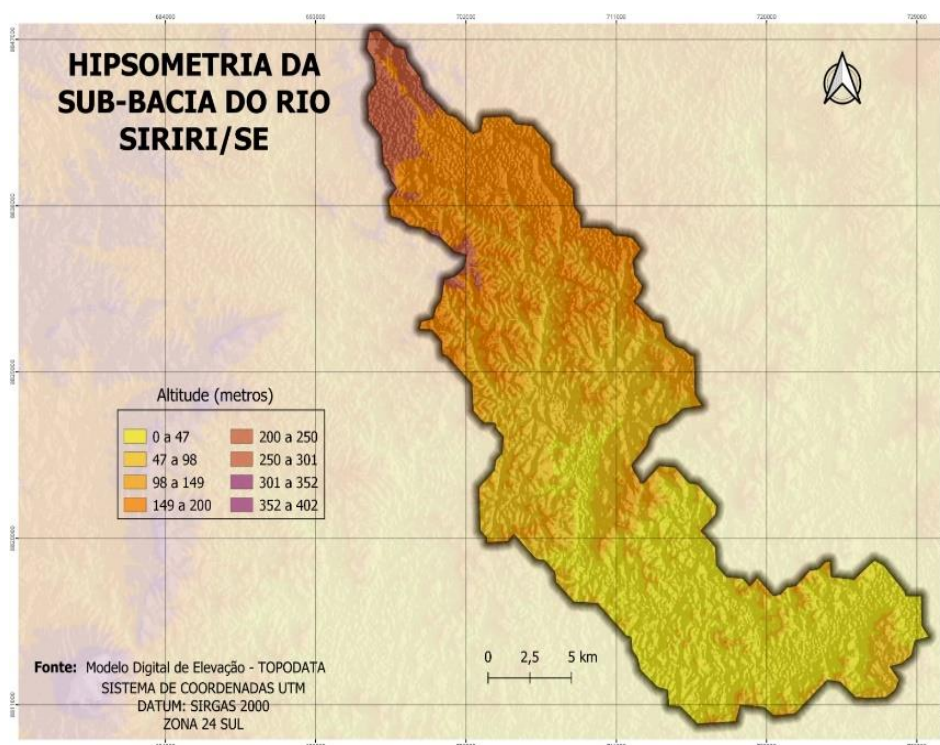
Coeficiente de Compacidade, Índice de Circularidade e Razão de Elongação, os quais representam valores de 2,10, 0,22 e 0,049, respectivamente, estão intrinsecamente ligados, porque todos levam em consideração a proporção do formato da bacia em relação a uma circunferência de igual área. Dessa forma, conforme a classificação levantada por Silva et al. (2022), a sub-bacia do

rio Siriri encontra-se com pouca propensão a enchentes, tendo em vista que há uma maior propensão quanto mais as variáveis apresentadas se aproximam da unidade. Assim, a interpretação desses parâmetros corrobora o que foi levantado também, para o Fator de Forma indicando que a sub-bacia hidrográfica do rio Siriri está pouco sujeita a enchentes.

De acordo com Villela & Matos (1975), a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/ km<sup>2</sup> em bacias mal drenadas a 3,5 km/ km<sup>2</sup> ou mais em bacias bem drenadas. O valor de 0,63 km/ km<sup>2</sup> assim obtido para a sub-bacia do rio Siriri mostra que se trata de uma bacia de média drenagem, ou seja, com uma grande área de contribuição, fazendo com o que o escoamento seja mais lento para os canais da bacia. Já o índice de densidade hidrográfica é de 0,9041 rios/ km<sup>2</sup>, representando a densidade de canais e cursos por área.

Segundo Rodrigues et al., (2017), o Coeficiente de Manutenção representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem e o valor obtido para a sub-bacia hidrográfica do rio Siriri foi de 1,59 km/ km<sup>2</sup>.

Sobre o mapa hipsométrico (**Figura 02**), que representa os dados altimétricos, obteve-se altitudes com valores entre 0 a 47 metros inseridas na região sul da bacia hidrográfica, sendo identificadas como a parte mais baixa da bacia, enquanto as de maiores altitudes estão inseridas na região norte, entre 200 a 250 metros. A altitude é considerada um dado de extrema importância, pois influencia na temperatura média, a qual acarreta diferentes variações de evapotranspiração nas áreas da bacia, além de influenciar na precipitação anual (FIORESE & AGUILAR,2022).



**Figura 02.** Mapa hipsométrico da Sub-bacia do rio Siriri.

Com relação a declividade, a mesma interfere em vários processos hidrológicos como o escoamento superficial, a umidade do solo, a infiltração, dentre outros, além de ser relevante para o planejamento do manejo e da gestão dos recursos hídricos. De acordo com as classes definidas pela Embrapa, como também pela representação no mapa (**Figura 03**), é possível afirmar que a predominância na bacia é de um suavemente ondulado a ondulado, tendo pequenas proporções de declividade plano e forte ondulado. Logo, pode-se inferir que devido a bacia apresentar um relevo majoritariamente suavemente ondulado a ondulado o escoamento superficial é menor e a infiltração é maior (SILVA & FARIAS,2021).

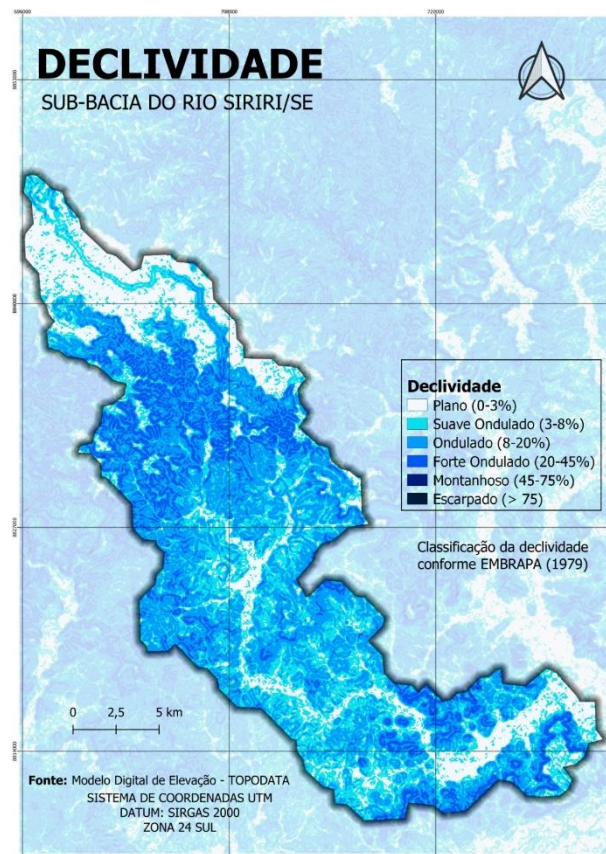


Figura 03. Mapa de declividade da Sub-bacia do rio Siriri.

## CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados e resultados obtidos, para a sub-bacia hidrográfica do rio Siriri, conclui-se que a forma da bacia é alongada, o que contribui para o processo de escoamento superficial e reduz a susceptibilidade à ocorrência de enchentes. Os índices de coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e razão de alongação reforçam a baixa propensão da bacia a enchentes. As declividades predominantes indicam que o relevo varia de plano a fortemente ondulado, resultando em um longo tempo para que o escoamento superficial das águas atinja o rio principal e o exutório após precipitação na bacia. Com base no mapa hipsométrico e considerando que a tendência do curso d'água é seguir da cota mais alta para a mais baixa, é possível concluir que o escoamento superficial da bacia se direciona à porção sul onde apresenta níveis de altitude menores.

Diante do exposto, o software QGIS mostra-se uma ferramenta eficiente na obtenção de características morfométricas e confecção de mapas para a área de estudo. O software permite a compreensão das características da bacia em escala representativa e auxilia na gestão e tomada de decisão no escopo dos recursos hídricos. A utilização desse recurso possibilitou a elaboração dos mapas utilizados no desenvolvimento deste estudo. Além disso, a compreensão dos mapas de declividade e hipsométrico corroboram com os dados encontrados na literatura, dando uma maior precisão nos resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R.; CRUZ, M.A.S.; AMORIM, J.R.A.; PANTALEÃO, S.M.; MENDONÇA, L.C.; FIGUEIREDO, E.E. Avaliação da influência do uso do solo sobre a qualidade da água do Rio Siriri-



Sergipe. In: Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal - RN. Porto Alegre - RS: ABRH, 2014. v. 1.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1979. 412p.

FIGUEIREDO, C. H. U.; AGUILAR, T. O. de. Morfometria da sub-bacia hidrográfica do ribeirão São Domingos, no município de Muniz Freire (ES). *Caderno de Ciências Agrárias*, [S. l.], v. 14, p. 1–7, 2022.

GONÇALVES, A.A. Avaliação da qualidade das águas na sub-bacia hidrográfica do Rio Siriri/SE. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. *REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.

MELO, O.A.G. Modelagens hidrológicas aplicadas a análise do escoamento superficial da Bacia do Rio Ivaí-PR. 2017. 119f. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós Graduação em Geografia, Maringá, 2017.

NOBRE, N. C.; SILVA, C. M.; SANTANA, J. S.; SILVA, W. A. Caracterização morfométrica, climática e de uso do solo da Bacia hidrográfica do rio Farinha-MA. *Acta Iguazu*, v. 9, n. 1, p. 11–34, 2020.

RIBEIRO, K. V.; MAGALHAES, V. R.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Bacia hidrográfica do rio Mulato, Estado do Piauí: a importância da análise morfométrica no planejamento. In: ALBUQUERQUE, F. N. B. de; MONTEIRO, J. B.; LIMA, A. M. M. (Org.). *Bacias hidrográficas e planejamento: teoria e práticas no ambiente semiárido*. 01 ed. Sobral/CE: PROEX/UVA, 2020, v. 01, p. 72-83.

RODRIGUES, T.O; LISBOA, G.S.; SILVA, Q.D. Morfometria das unidades de drenagem do médio curso do Rio Anil, Ilha do Maranhão. Instituto de Geociência - Unicamp, Campinas-SP, 2017.

SALIS, H. H. C. COSTA, A. M.; VIANA, J. H. M.; SCHULER, A. E. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas - MG. *BOLETIM DE GEOGRAFIA (ONLINE)*, Maringá, v. 37, n. 2, p. 186-201, 2019.

SILVA, A.; FARIAS, C. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú utilizando o modelo SWAT. *Revista Semiárido De Visu, Petrolina*, v. 9, n. 2, p. 76-86, 2021.

SILVA, J.F.M. da; CELESTINO, E.F.; SOUZA, G.H.B.de; OBESO, M.P.; MAKRAKIS, M.C.; MAKRAKIS, S. Avaliação múltipla em bacias hidrográficas de grande escala. *RESEARCH SOCIETY AND DEVELOPMENT*, v.11, 18f. 2022.



SOARES, S. de A. Gestão de Recursos Hídricos. 1.ed. Curitiba, InterSaberes ,2015.184p.

SOUZA, V. A. S.; ROTUNNO FILHO, O. C.; MOREIRA, D. M.; RUDKE, A. P.; ANDRADE, C. D. Análise morfométrica com suporte de geotecnologia aplicada na bacia do Rio Madeira. In: XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019. v. 17.

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

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. DE; RIBEIRO, C. A. A. S. R.; LEITE, F. P. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. Revista Árvore, Viçosa, v.5, n.30, p.849-857, 2006.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

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