

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA COMO INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAJABUÇU EM PERNAMBUCO

Leonel Vitório Esteves<sup>1</sup>  
Andressa Maria Silva Leite Esteves<sup>2</sup>  
Edevaldo Miguel Alves<sup>3</sup>  
Diogo Henrique Fernandes da Paz<sup>4</sup>

**RESUMO:** A morfometria das bacias é possibilita identificar o potencial de inundações ou cheias e a fragilidade natural de retenção do corpo hídrico. Este artigo analisa a caracterização morfométrica da sub bacia do rio Cajabuçu com o uso do software QGIS e complementos de processamento. O rio principal possui uma declividade homogênea com alteração altimétrica lenta, densidade de drenagem média, natureza sinuosa moderada com potencialidade tortuosa e tempo de concentração alta comparado ao tempo no talvegue, além disso, a bacia possui predominância de declividade onduladas e forte ondulada. Concluiu-se que a bacia não apresenta tendências a enchentes e grandes cheias, porém com possibilidade de enchimento pontual de alguns trechos.

1088

**Palavras-chave:** GDAL. Gestão. GRASS. Enchentes. Morfometria.

**ABSTRACT:** The morphometry of the basins makes it possible to identify the potential for flooding or flooding and the natural fragility of the water body's retention. This article analyzes the morphometric characterization of the Cajabuçu river sub-basin using the QGIS software and processing complements. The main river has a homogeneous slope with slow altimetric change, medium drainage density, moderately sinuous nature with tortuous potential and high concentration time compared to the time in the thalweg, in addition, the basin has a predominance of undulating and strongly undulating slopes. It was concluded that the basin does not tend to floods and large floods, but with the possibility of punctual filling of some stretches.

**Keywords:** GDAL. Management. GRASS. Floods. Morphometry.

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE (PPGCAM), campus Agreste.

<sup>2</sup>Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela UFPE (PPGCAM), campus Agreste.

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia Civil pela UFPE, Docente do PPGCAM da UFPE, campus Agreste.

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Civil pela UFPE, Docente do PPGCAM da UFPE, campus Agreste.

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma disponibilidade hídrica significativa, porém considerada com uma distribuição irregular, na qual algumas regiões enfrentam problemas com escassez de água para atender os devidos fins, principalmente na região semiárida do nordeste brasileiro, que possui grandes períodos de estiagem e crescimento urbano desordenado. Portanto, para compreender melhor os fenômenos naturais, estudos hidrológicos devem ser realizados para obter melhor eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos e atender as necessidades com segurança hídrica e qualidade ambiental (ABDETA et al., 2020; KROTH; VIEIRA; YKEIZUMI, 2020).

Na gestão dos recursos hídricos é importante o planejamento integrado das bacias hidrográficas, que são áreas delimitadas topograficamente que de maneira natural capta as precipitações nesta região e através do escoamento delas são transportadas pelos cursos de água até convergir para único ponto de saída, denominado de exutório. Para isto, ferramentas de geoprocessamento, como o Sistema de Informações Geográficas (SIG), possibilitam a realização de análises complexas alimentados por banco de dados de modelo digital de elevação (MDE) georreferenciados e com isso elaborar mapas temáticos para realizar os estudos hidrológicos (SANCHEZ, CHAVEZ; GONZALEZ, 2019, SANTOS et al., 2020).

Para identificar a probabilidade do potencial de inundações ou cheias e a fragilidade natural de retenção do corpo hídrico, é fundamental a compreensão da caracterização morfométrica que gera informações geométricas, hipsométricas e da drenagem fluvial das bacias. Com isso, possibilita diagnosticar problemáticas ou melhorias na gestão sustentável dos recursos hídricos (ALVES: BARROS, 2021; SOUZA et al., 2021; ESTEVAM, A. L. D; MAIA, D. C, 2022; ESTEVES et al., 2023; FADU et al., 2023).

Diante desde contexto, para subsidiar melhorias na qualidade ambiental dos recursos hídricos, em específico na sub-bacia do rio Cajabuçu que desagua na bacia do rio Pirapama, Pernambuco, torna-se relevante realizar estudos das sub-bacias para de maneira integrada conhecer o comportamento hidrológico delas interligadas para analisar a gestão hídrica e através de estudos mitigar o fornecimento desses rios nas regiões, sendo fundamental a elaboração de mapas e com o auxílio de modelos matemáticos verificar a situação da morfometria das bacias.

O presente artigo tem por objetivo analisar a caracterização morfométrica da sub Bacia Hidrográfica do Rio Cajabuçu (sBHRC) com o uso do software QGIS para contribuir

com informações hidrológicas na gestão integrada das bacias da região com a identificação da possibilidade de ocorrência de enchentes a partir dos resultados dos parâmetros geométricos, hipsométricos e de drenagem da bacia.

### Metodologia e procedimentos

A Sub-bacia Hidrográfica do Rio Cajabuçu situada aproximadamente nas coordenadas geográficas  $08^{\circ} 16' 26''$  e  $08^{\circ} 10' 12''$  latitude sul e  $35^{\circ} 12' 36''$  e  $35^{\circ} 7' 43''$  longitude oeste (Figura 1), possui uma área de  $43,31 \text{ km}^2$  e perímetro  $55,56 \text{ km}$  com exutório no Rio Pirapama. A sub-bacia está inserida na mesorregião de recife abrangendo 2 municípios do Estado de Pernambuco

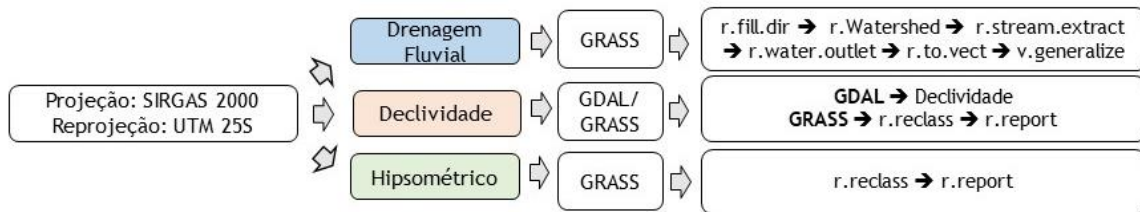
Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia sBHRC.



Fonte: autores (2023).

Para a análise da morfometria, utilizou-se o SIG QGIS 3.22.10 e complementos de processamento GRASS e GDAL para a geração dos mapas temáticos e obtenção dos parâmetros geométricos, relevo e de drenagem (Figura 2). O banco de dado do MDE foi fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com resolução espacial de 30 metros disponibilizado pela quadrícula de altitude o8S36\_ZN. Para a drenagem foram eliminados os pixels sem valores de elevação e extração com reajuste limiar de 100 como acúmulo de fluxo mínimo (SOUZA et al., 2021).

Figura 2 - Fluxograma para geração dos dados e mapas temáticos.



Fonte: autores (2023).

Os parâmetros geométricos analisados pelos coeficientes para verificar a sua forma comparando-os a um círculo ( $Kc$  e  $Ic$ ) e alongamento de um quadrado ( $kf$ ), correlacionando a área, perímetro e comprimento axial da bacia. Para as características de relevo foram registradas as amplitudes e declividades auxiliados pelo programa profile tool e mapas temáticos no QGIS. Já em relação a drenagem, analisou-se a densidade de drenagem, tempo de concentração e sinuosidade do rio principal (AIRES et al., 2021; RAIOL et al., 2022). E auxiliados por modelos matemáticos e intervalos de observação dos dados encontrados, foi verificada a situação da morfometria da bacia.

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos da bacia, sendo I- Villela; Mattos,1975; II- Schumm, 1963; III- Kirpich, 1940; IV- Silveira, 2005

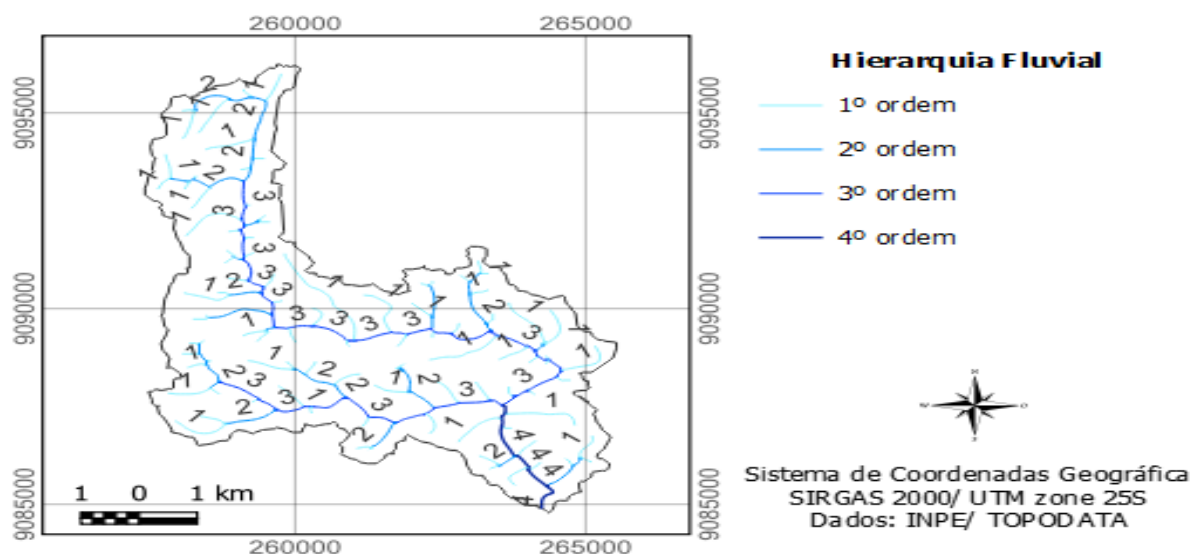
	Parâmetro	Fórmula	Intervalos	Autores
Geométrica	Coeficiente de Compacidade	$kc = \frac{A}{L^2}$	Baixa: >1,50 Média: 1,25 a 1,50 Alta: 1,0 a 1,25	I
	Coeficiente de Forma	$Kf = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	Baixa: < 0,50 Média: 0,50 a 0,75 Alta: 0,75 a 1,0	I
	Índice de Conformidade	$Ic = 12,57 * \frac{A}{P^2}$	Baixa: <0,60 Média: 0,60 a 0,80 Alta: 0,80 a 1,00	I
Relevo	Amplitude de elevação	$\Delta H = H_{max} - H_{min}$	-	II
	Declividade do rio Principal	$I_p = \frac{\Delta H}{L}$	-	I
Drenagem	Densidade de Drenagem	$Dd = \frac{Rd}{A}$	Baixa: <1,5 Média: 1,5 a 2,5 Alta: >2,5	I
	Tempo de Concentração (rio principal)	$Tc = 57 * \left(\frac{L^2}{Ip}\right)^{0,385}$	-	III
	Tempo de Concentração (talvegue)	$Tc' = 5,3 * \left(\frac{L'^2}{Ip}\right)^{\frac{1}{3}}$	-	IV
	Índice de Sinuosidade	$Is = 100 * \frac{(L_p - L_t)}{L_p}$	reto: <30% divagante: 30 a 40% Sinuoso: >40%	II
	Sinuosidade	$S = \frac{L}{L'}$	Baixa: 1,0 a 1,5 Média: 1,5 a 2,0 Alta: >2,0	II

Fonte: autores (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sBHRC possui aproximadamente 77,92 km de drenagem fluvial, que por meio do método de Strahler, foi diagnosticado 51,64% dos rios de 1º ordem, 22,36% de 2º ordem, 22,03% de 3º ordem e somente 3,97% de 4º ordem, portanto esta é a ordem caracterizada do rio principal Cajabuçu, que possui uma extensão de 18,88 km e talvegue de 11,27 km (Figura 3).

**Figura 3** - Rede de drenagem e hierarquia fluvial da sub-bacia sBHRC.



**Fonte:** autores (2023).

1092

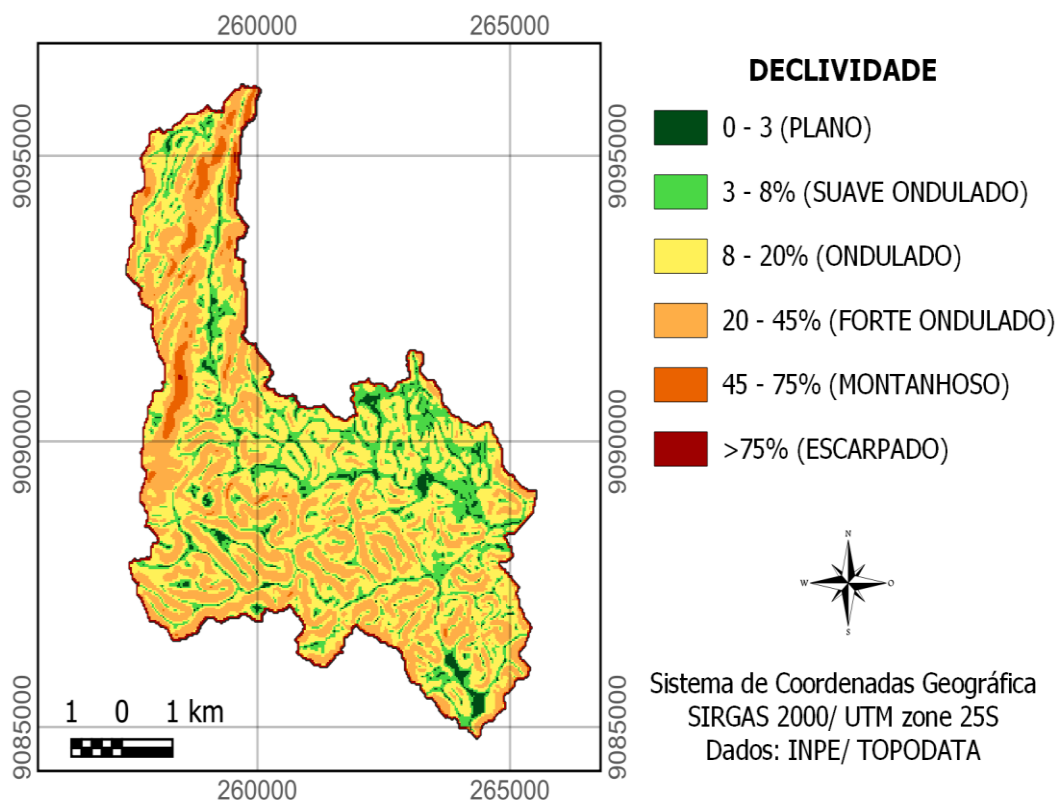
A classe de declividade predominante da bacia é a ondulado e fortemente ondulado, totalizando 73,52% da área total, conforme a Tabela 2, na qual a maior concentração está na parte central e inferior esquerda da bacia, sendo a região mais crítica montanhosa e escarpado ao norte da sBHRC. O trajeto do rio principal predomina em declividades planas e suavemente ondulado, praticamente homogêneo, porém no trecho quase de início da 2º ordem tramita para forte ondulado (Figura 4).

**Tabela 2** - Área das classes de declividade da bacia sBHRC.

Classe de declividade	Declividade (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Plano	0 - 3	1,64	3,79
Suave Ondulado	3 - 8	7,13	16,46
Ondulado	8 - 20	17,40	40,18
Forte Ondulado	20 - 45	14,44	33,34
Montanhoso	45 - 75	1,24	2,86
Escarpado	> 75	1,46	3,37
<b>Total</b>		<b>43,31</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** autores (2023).

**Figura 4** - Mapa de declividade da sub-bacia sBHRC.



**Fonte:** autores (2023).

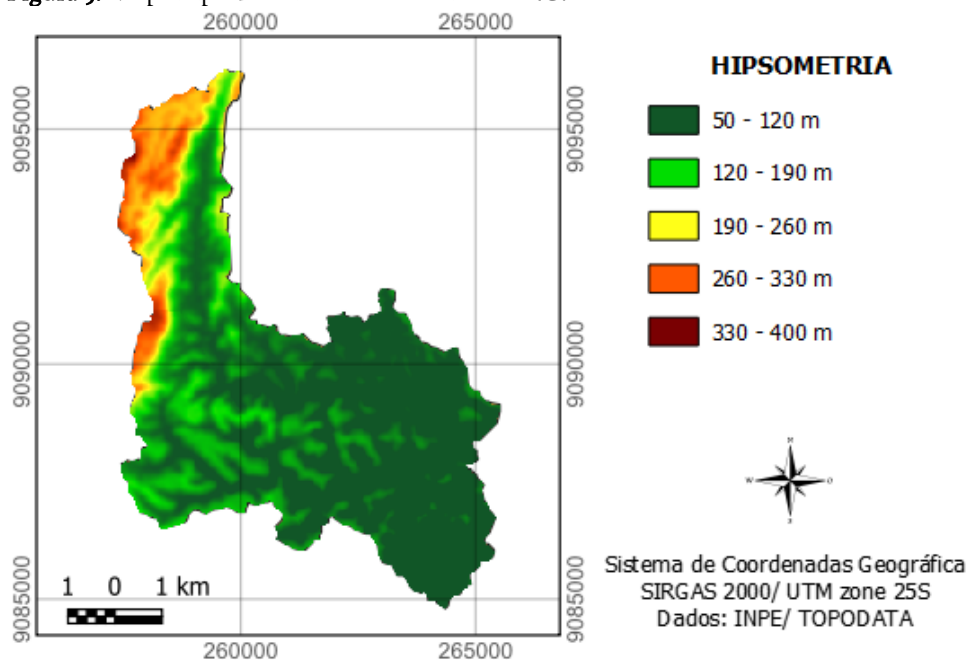
A bacia possui uma variação crítica de altitude, sendo o ponto máximo e mínimo respectivamente de 402,43m e 52,43 m no exultório. Porém possui elevações mais hegemônicas entre 50 a 190 m totalizado 82,75% da área da bacia (Tabela 3). A hipsometria mostra que somente parte superior esquerda possui desconfiguração da predominância, confirmando a declividade alta no início do rio Cajabuçu, com elevações iniciais de 260 a 330 metros, mas aproximadamente 90% do seu percurso encontra-se entre cotas de 50 a 190 metros (Figura 5).

**Tabela 3** - Área das classes hipsométricas da sub-bacia sBHRC.

Classes hipsométricas (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
50 - 120	16,62	38,37
120 - 190	19,22	44,38
190 - 260	2,97	6,86
260 - 330	3,83	8,84
330 - 403	0,67	1,55
<b>Total</b>	<b>43,31</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** autores (2023).

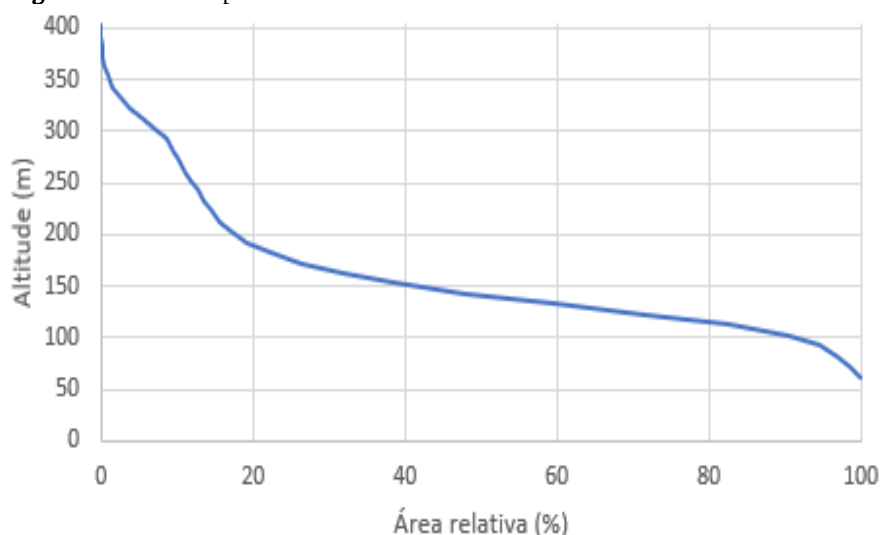
**Figura 5:** Mapa hipsométrico da sub-bacia sBHRC.



**Fonte:** autores (2023).

Para analisarmos a preponderância da hipsometria na bacia, verifica-se a curva hipsométrica (Figura 6) que mostra que em torno de 17% da área relativa possui uma discrepância de elevação e depois percebe-se um gráfico mais suave, caracterizado pelas baixas elevações.

**Figura 6 -** Curva hipsométrica da bacia sub-bacia sBHRC



**Fonte:** autores (2023).

Com os resultados dos dados iniciais gerados pelos mapas temáticos como área, perímetro, altitudes, comprimento axial da bacia, ordem, extensões dos rios e talvegue, instruído por modelos matemáticos associados a intervalos da situação dos parâmetros foram fundamentais para a definição da morfometria da bacia sBHRC (tabela 4).



**Tabela 4:** Demais parâmetros morfométricos da sBHRC.

Parâmetros	valores	Unid.	Situação
Kc	2,36	-	não sujeita a grandes enchentes
Kf	0,29	-	não sujeita a enchentes
Ic	0,18	-	não possibilita cheias rápidas
$\Delta H$	350,00	m	Alta diferença de relevo
Hmax	402,30	m	Cota máxima bem elevada em relação ao exultório.
Hmin	52,43	m	Boa parte da bacia possui cotas próximas do exultório
Ip	13,04	m/km	Declividade média
Dd	1,80	Km/km <sup>2</sup>	Considerada moderada, propiciando acúmulo do curso d'água
Tc	203,72	minutos	1,8Tc'
Tc'	113,18	minutos	Tc'
Is	40,32		Índice com potencialidade tortuosa
S	1,68	-	O rio principal é considerado, moderadamente sinuoso, não favorece no escoamento

**Fonte:** autores (2023).

Os parâmetros de drenagem da hierarquia fluvial mostram que somente uma pequena parte do rio principal possui a 4<sup>o</sup> ordem (3,97%) e que 74% está entre a primeira e segunda pelo método de Strahler, fatores que associados aos índices geométricos (Kc, Kf e Ic) que não apresentaram características circular e nem quadrada e sim um formato mais alongado, indicam que a bacia possui pouca tendência à enchentes e a grandes cheias. Porém, as altas declividades na sBHRC, destacando-se as onduladas e forte ondulado, favorecem no escoamento da água precipitada até os corpos hídricos e os trechos de 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> ordem que possuem baixa variação de altitude, pequenas declividades no trajeto e uma densidade de drenagem moderada, favorecem no escoamento mais lento e consequente em acúmulo do curso d'água em alguns trechos. Outro fator que contribui é que o rio Cajabuçu apresentou natureza sinuosa moderada com potencialidade tortuosa e tempo de concentração 80% superior do que ao talvegue, na qual estes fatores proporcionam na retenção da água analisando o tempo de drenagem pela quantidade de curvas e distância de percurso.

## CONCLUSÃO

A análise da sBHRC indicou uma bacia não propícia a grandes cheias e enchentes devido aos parâmetros geométricos, mas com alta possibilidade de acúmulo de água em alguns trechos favorecidos pela alta declividade do terreno na bacia, baixa variação de altitude e declividade nos rios de 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> ordem, além disso, uma drenagem moderada com



corpo hídrico sinuoso moderado com potencialidade tortuosa e tempo de concentração elevado. Parâmetros encontrados por modelos matemáticos e auxiliados pelo programa QGIS e complementos de processamento GRASS e GDAL.

O estudo teve grande relevância na caracterização da bacia do rio Cajabuçu que contribui para as demais análises de maneira integrada das bacias. Outras pesquisas como uso e ocupação do solo, modelagem hidrológica e estudos de assoreamento podem ser vistos para uma melhor gestão dos recursos hídricos da região.

## REFERÊNCIAS

ABDETA, G. C., TESEMMA, A. B., TURA, A. L. & ATLABACHEW, G. H. **Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia.** Applied Water Science, v.10, p.1-15, 2020.

AIRES et al. **Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica da barragem de Pau dos Ferros/RN.** Revista Geama, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 67-76, 2021. Disponível: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/4557>

ALVES, A.T.A.; BARROS, V.H.de. **Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho das Garças, Pernambuco, Brasil.** Revista Semiárido de Visu. v.9, n.2, p- 131-142, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-051>

FADU, A. DO C. et al. **Caracterização Morfométrica e o Uso da Terra Como Instrumentos De Planejamento E Gestão Da Sub-Bacia Hidrográfica Do Rio Maú No Nordeste Paraense.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 9, n. 4, p. 382-398, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i4.9181>

ESTEVAM, A. L. D.; MAIA, D. C. **Morfometria e enchentes urbanas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, Salvador-BA.** Geopauta, v. 6, p. e10755, 6 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/rg.v6.e2022.e10755>.

ESTEVEZ, L.V.; ESTEVES, A.M.S.L.; MOURA, T.C.C.; OLIVEIRA, C.S.de; ALVES, M.A.; PAZ, D.H.F.da. **Caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho Camaçari, Pernambuco, com uso do software QGIS e complementos de processamento GRASS e GDAL.** Brazilian Journal of Development. v.9, n.1, p- 703-714, jan.2023. disponível: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-051>

KIRPICH, Z.P. **Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds.** Journal of Civil Engineering, v.10, n. 6, p. 362, 1940.

RAIOL, Lucas Lima et al. **Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica.** Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 15, n. 5, p. 2354-2370, ago. 2022. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2354-2370>.

SANTOS, F. M., OLIVEIRA, R. P., MAUAD, F. F. **Evaluating a parsimonious watershed model versus SWAT to estimate streamflow, soil loss and river contamination in two case**

**studies in Tietê river basin, São Paulo, Brazil.** Journal of Hydrology: Regional Studies, v.29, p. 100685, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100685>

SANCHEZ, B.L.M., CHAVEZ, E.S., GONZALEZ, A.Z.D. **Cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geoecológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba).** Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia, v.15, p. 169-194, 2019. Disponível: <https://doi.org/105418/ra2019.1527.0006>

SCHUMM, S.A. **Sinuosity of alluvial rivers on the great plains.** Geological Society of America Bulletin v. 74, p. 1089-1100, 1963.

SILVEIRA, A.L.L. **Desempenho de formulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 10, p.5-23, 2005.

SOUZA, Ênio Gomes Flôr et al. **Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS.** Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 1530-1540, jul. 2021. ISSN 1984-2295. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244836>

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Mc Graw Hill, 1975.