



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**FERNANDA KETYLLE AIRES ANASTACIO**

**USO DAS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA FISIOGRAFIA E  
MORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA-PE**

**SUMÉ - PB  
2021**

**FERNANDA KETYLLE AIRES ANASTACIO**

**USO DAS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA FISIOGRAFIA E  
MORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA-PE**

**Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.**

**Orientador: Dr. George do Nascimento Ribeiro.**

**Co-orientador: Me. Layane Carmem Arruda da Rocha.**

**SUMÉ - PB  
2021**

A534u Anastacio, Fernanda Ketylle Aires.

Uso das geotecnologias na análise da fisiografia e morfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - PE. / Fernanda Ketylle Aires Anastacio. - 2021.

31 f.

Orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro; Co-orientadora: Mestra Layane Carmem Arruda da Rocha.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Geotecnologias. 2. Rio Ipojuca - PE. 3. Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - PE. 4. Fisiografia – Bacia do Rio Ipojuca – PE. 5. Morfometria – Bacia do Rio Ipojuca – PE. 6. Sensoriamento remoto. 7. Sistema de informações geográficas. 8. Software QGIS. 9. Modelagem em sistema de informações geográficas. 10. Caracterização morfométrica. 11. Modelo digital de elevação. 12. Gestão de recursos hídricos. I. Ribeiro, George do Nascimento. II. Rocha, Layane Carmem Arruda da. III. Título.

CDU: 528.8(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**FERNANDA KETYLLE AIRES ANASTACIO**

**USO DAS GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA FISIOGRAFIA E  
MORFOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA-PE**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro**  
**Orientadora – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Engenheira Mestra Layane Carmem Arruda da Rocha.**  
**Co-orientadora – DEA/UFV**

---

**Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.**  
**Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Engenheiro Mestre Maykon Rodrigues Gomes de Barros.**  
**Examinador Interno – DPV/UFT**

**Trabalho aprovado em: 26 de maio de 2021.**

**SUMÉ-PB**

*Dedico esta conquista ao meu pai e  
minha mãe que não tiveram a  
oportunidade de cursar um ensino  
superior e fizeram disso uma  
prioridade para sua filha!*

## **AGRADECIMENTOS**

É chegado ao fim de um ciclo de muito aprendizado, aflições e felicidades. No qual só celebro graças a todo o incentivo que recebi durante esses anos. Meu agradecimento a todos!

Agradeço de maneira especial à Deus, por me iluminar, me dar força e coragem para conseguir essa e todas as conquistas ao longo da minha vida.

Aos meus pais minha gratidão por tudo que sou, particularmente, minha mãe Maria Rejane Aires por acreditar em mim, mais do que eu mesma e meu pai Raimundo Nonato Anastácio por não medir esforços para me ajudar e para meu marido Djair Coelho por apoiar-me e não fazer-me desistir. O amor de vocês é essencial para minha existência.

Ao meu professor orientador George Ribeiro, pelo empenho e paciência durante a elaboração desse trabalho, também pela amizade construída nessa etapa. Levo um pouco de sua personalidade comigo para sempre.

Aos meus familiares e amigos, pois certamente sem vocês a caminhada não seria a mesma. Aos que construí na universidade, em particular Herlanne Campos Porto por todo apoio, companheirismo e afeto que compartilhamos durante todo esse período. Jefferson Barros pelo encorajamento, Maria Lemos, Micaele Arruda, muito obrigada.

Aos professores da banca examinadora pelas contribuições. Aos demais professores, técnicos, funcionários e todos que compõem o CDSA que colaboraram de maneira direta ou indiretamente com minha formação acadêmica.

## RESUMO

O presente estudo tem como escopo principal, analisar as características fisiográficas e morfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – PE. O objetivo deste trabalho é analisar a fisiografia e a morfologia da Bacia Hidrográfica (BHR-IP) do rio Ipojuca, para consolidar uma base de dados referente à BHR-IP com o uso de ferramentas computacionais de sensoriamento remoto e modelagem em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para o manuseio dos dados morfométricos e fisiográficos, foi empregado o Software QGIS versão 2.18. A bacia hidrográfica do referido rio possui área total aproximada de 3420,20 km<sup>2</sup> com perímetro 1002,25 km, ocupa 3,49% da área do estado de Pernambuco. A bacia possui um formato alongado, um grau mediano relacionado à processos de erosão, um relevo ondulado e uma amplitude média preponderante.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto; modelo digital de elevação; gestão de recursos hídricos; sistema de informação geográfica.

## ABSTRACT

The main purpose of this study is to analyze the physiographic and morphological characteristics of the Ipojuca River Basin - PE. The objective of this work is to analyze the physiography and morphology of the Hydrographic Basin (BHR-IP) of the Ipojuca River, to consolidate a database referring to BHR-IP with the use of computational tools for remote sensing and modeling in Geographic Information System (GIS). For the handling of morphometric and physiographic data, QGIS Software version 2.18 was used. The hydrographic basin of that river has a total area of approximately 3420.20 km<sup>2</sup> with a perimeter of 1002.25 km, occupying 3.49% of the area of the state of Pernambuco. The basin has an elongated shape, a medium degree related to erosion processes, a wavy relief and a predominant average amplitude.

**Key-words:** remote sensing; digital elevation model; water resource management; Geographic Information System.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da bacia hidrografia do rio Ipojuca-PE.....	13
<b>Figura 2</b> - Localização da bacia hidrografia do rio Ipojuca-PE.....	15
<b>Figura 3</b> - Hierarquia fluvial na bacia hidrografia do rio Ipojuca..	23
<b>Figura 4</b> - Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Ipojuca.....	24
<b>Figura 5</b> - Mapa de Altimetria da bacia do rio Ipojuca .....	25

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	13
2.2 CLIMA .....	14
2.3 SOLOS .....	14
<b>3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA .....</b>	<b>16</b>
3.1 COEFICIENTE DE COMPACIDADE ( $K_c$ ).....	16
3.2 FATOR DE FORMA ( $F_f$ ) .....	17
3.3 COEFICIENTE DE CIRCULARIDADE ( $I_c$ ).....	17
3.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO ( $T_c$ ) .....	18
3.4 FREQUÊNCIA DOS RIOS (FR) OU DENSIDADE HIDROGRÁFICA .....	18
3.5 ÍNDICE DE SINUOSIDADE DO CANAL PRINCIPAL – $I_s$ .....	19
3.6 DENSIDADE DE DRENAGEM.....	19
3.7 DECLIVIDADE .....	20
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>22</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a água enquanto recurso natural, tem se tornado um bem cada vez mais escasso. Com isso compele-se à sociedade a necessidade de planejar e gerenciar os recursos hídricos de modo a evitar o seu esgotamento ou comprometimento da sua qualidade e distribuição (SANTANA *et al.*, 2016). À importância da gestão das águas, os custos de preservação quali-quantitativa são menores que o tratamento, como no contexto ambiental, na despoluição hídrica (NASCIMENTO *et al.*, 2013) e no enfrentamento das crises de escassez hídricas (FRANÇA; MORENO, 2017) .

Sob uma ótica das ocorrências dos eventos de cheias extremas, o Brasil, sendo um país de clima tropical e com chuvas intensas sazonais, com deficiência em infraestrutura e planejamento urbano dentre outras variáveis, encontra-se vulnerável a esses eventos, contextualmente bem relacionado à drenagem hidrográfica, sendo a análise morfométrica importante recurso para caracterizar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial (CASTRO *et al.*, 2009).

Contudo, a morfometria é o resultado de medições básicas e análises matemáticas da configuração da superfície da terra, forma e dimensões de relevo, da área em que se deseja trabalhar (SRIVASTAVA 2003, JANG *et al* 2013).

De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2021) a bacia do rio Ipojuca possui 320 quilômetros de extensão, tendo na cidade de Arcoverde, no sertão pernambucano, a sua nascente, e sua foz no município de Ipojuca, no litoral sul de Pernambuco.

O rio Ipojuca circunda 25 cidades, tendo grande influência na cultura e economia dos moradores. O processo de urbanização, às margens dos rios, é responsável por gerar impactos ambientais negativos; nesse sentido, as geotecnologias são uteis nas tomadas de decisões e visam uma avaliação de danos causados por esses tipos de impactos (SILVA *et al*, 2018).

A combinação de diversos dados morfométricos possibilita a diferenciação de áreas homogêneas, revelando assim indicadores físicos para um determinado local de forma a qualificarem as alterações ambientais (TEODORO *et al.*, 2007). A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, abrange princípios e normas para o planejamento e gestão das águas, aplicando a definição de bacias hidrográficas e suas subdivisões. Desta maneira, para que a gestão de recursos hídricos seja efetiva, deve-se considerar todos os aspectos físicos, sociais e econômicos localizados na área de sua bacia hidrográfica (CARVALHO, 2020).

Ademais, a análise de parâmetros morfométricos tem grande importância nos estudos de bacias hidrográficas, pois, por meio da abordagem quantitativa, pode-se ter uma melhor noção do comportamento hidrológico, uma vez que os parâmetros morfométricos são bons indicadores da capacidade de escoamento superficial (NUNES *et al.*, 2006).

Outra grande importância diz respeito a drenagem, dado que a morfometria é eficiente na percepção dos processos de formação de relevo, propriedades físicas do solo e característica de erosão (AMERI *et al.*, 2018).

O Geoprocessamento, por sua vez, apresenta-se como uma ferramenta poderosa para a gestão e análise de dados hidrológicos, vindo a ser de grande relevância, pois suas técnicas rápidas e precisas de coleta de dados auxiliam na elaboração de mapeamentos de áreas, delineamento de redes de drenagem, disponibilização de dados altimétricos do relevo, delimitação de bacias hidrográficas e imagens de alta resolução (FRANCO *et al.*, 2016).

Segundo Moura *et al.* (2018) as geotecnologias têm uma grande “facilidade de obtenção dos resultados dos parâmetros morfométricos, extraídos de forma semiautomática a partir de derivações do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, que pode ser obtido por imagens geradas pelo Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ou outras fontes, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os autores ainda explanam sobre o proquê dos produtos SRTM geralmente serem os mais utilizados em pesquisas científicas, visto que fornecem cobertura de imagem para praticamente todo o planeta, por possuírem resolução que atende às escalas de 1:100.000 ou menores e serem disponibilizadas gratuitamente.”

Desta forma, objetivou-se, com este trabalho, analisar a fisiografia e a morfologia da Bacia Hidrográfica (BHR-IP) do rio Ipojuca, para consolidar uma base de dados referente à BHR-IP com o uso de ferramentas computacionais de sensoriamento remoto e modelagem em Sistema de Informação Geográfica (SIG).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do rio Ipojuca (Figura 1), ocupa cerca de 3,49% da área territorial do estado do Pernambuco, além de trespassar 24 municípios, 12 desses com suas sedes localizadas dentro da área da bacia, de coordenadas geográficas  $8^{\circ} 09' 50''$  e  $8^{\circ} 40' 20''$  de latitude sul, e os meridianos  $34^{\circ} 57' 52''$  e  $37^{\circ} 02' 48''$  de longitude a oeste de Greenwich Paraíba (DEUS *et al.*, 2016).

A BHR-IP do referido rio possui uma extensão territorial de 3.433,58km<sup>2</sup>, perímetro de 749,6 km, faz divisa ao norte com a bacia hidrográfica do rio Capibaribe, ao sul com as bacias dos rios Una e Sirinhaém, a leste com o segundo e terceiro grupos de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos e o oceano atlântico e a oeste com as bacias dos rios Ipanema e Moxotó e o Estado da Paraíba (MEDEIROS, 2020).

O Rio Ipojuca tem um regime fluvial intermitente, tornando-se perene a partir do seu médio curso, nas proximidades da cidade de Caruaru. Seus principais afluentes, pela margem direita, são os riachos: Liberal, Taquara e do Mel, e, pela margem esquerda, os riachos do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca (SILVA *et al.*, 2019).

**Figura 1** - Localização da bacia hidrografia do rio Ipojuca-PE.



**Fonte:** Autoria própria, 2021.

## 2.2 CLIMA

Os trechos superior, médio e sub-médio da bacia estão localizados na região Agreste do estado de Pernambuco. Essa região é considerada intermediária entre as áreas de clima úmido e de clima seco. O trecho inferior da bacia, sua maior parte se situa na Zona da Mata, nela incluída a faixa litorânea apresenta características de clima quente e úmido (SILVA *et al.*, 2009).

As chuvas se iniciam em fevereiro, com as chuvas de pré-estação, terminando no final do mês de agosto e sendo capaz de estender-se até a primeira quinzena de setembro. Os meses chuvosos são os de maio, junho e julho; os secos sucedem nos meses de outubro, novembro e dezembro (ARAÚJO *et al.*, 2020).

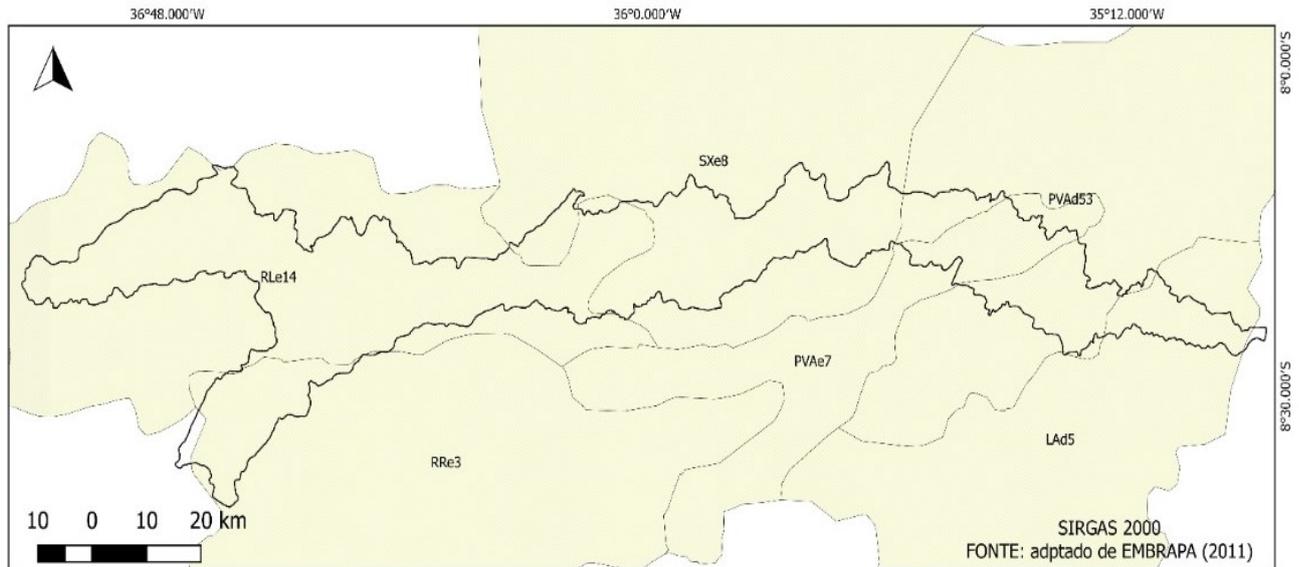
## 2.3 SOLOS

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2011), os solos predominantes na área de estudo são variados, pois a bacia do rio Ipojuca é muito extensa. São encontrados solos Argissolos vermelho-amarelos, Latossolos Amarelos, Planossolos, Neossolos regolítico, Neossolos litólicos, como pode ser observado na Figura 2.

Embrapa (2018) aborda as características de cada solo; diante disso, os solos argissolos são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, são de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa; os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário.

Planossolos são moderadamente profundos a rasos, com desargilização (perda de argila) vigorosa da parte superficial e acumulação ou concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial, imperfeitamente drenados, de baixa permeabilidade e muito susceptíveis à erosão. Os Latossolos apresentam textura argilosa, são muito profundos e porosos, bastante permeáveis e bem drenados (SILVA *et al.*, 2019).

**Figura 2 -** Localização da bacia hidrografia do rio Ipojuca-PE.



### Legenda

- Bacia do Rio Ipojuca
- Classificação de Solo

SXe8 - Planossolos Hápicos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Neossolos Litólicos Eutróficos  
 PVAd53 - Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Planossolos Hápicos Eutróficos + Latossolos Amarelos Distróficos  
 PVAe7 - Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Neossolos Litólicos Distróficos + Planossolos Hápicos Distróficos  
 LAd5 - Latossolos Amarelos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos  
 RLe14 - Neossolos Litólicos Eutróficos + Planossolos Hápicos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos  
 RRe3 - Neossolos Regolíticos Eutróficos + Planossolos Hápicos Distróficos

**Fonte:** Autoria própria, 2021.

### 3 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A partir da base de dados do TOPODATA, e do Modelo Digital de Elevação (MDE), com resolução espacial de 30 m, que por sua vez é dividido em zonas, foram realizados os seguintes passos: o primeiro foi a correção da imagem Raster para eliminar erros atmosféricos que poderiam interferir nos resultados, segundo passo foi obter assim um Modelo Hidrologicamente Consistido (MDT-HC), no qual todas as etapas foram elaboradas no software QGIS versão 2.18.

O Qgis é um software livre, no sentido de não precisar de permissão ao seu proprietário para fazer adaptações ou modificações em seu código, sendo incubado pelo Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) e é empregado em meios acadêmicos e profissionais, marcado por dispor um numero gradual de recursos nativos e plug-ins (BRUNO, 2017).

#### 3.1 COEFICIENTE DE COMPACIDADE (Kc)

Por meio deste coeficiente é possível obter bases sobre o potencial de escoamento, demonstrando a probabilidade de ocorrência de cheias (ARABORI *et al.*, 2021). Quando o valor calculado do coeficiente de compacidade for superior a 1 corresponde a uma bacia alongada, de outro modo, quando o valor for mínimo refere-se a uma bacia circular sendo essa mais vulnerável a enchentes mais acentuadas (CAPUCHO, 2021). Para determinar o coeficiente de compacidade é associado o perímetro da bacia (P) em km e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (A) em km<sup>2</sup>, através da Equação 1.

$$Kc = 0,28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

Sendo,

P: perímetro da bacia (km);

A: circunferência de um círculo de área igual à da bacia (km<sup>2</sup>).

### 3.2 FATOR DE FORMA (Ff)

O fator de forma (Ff) é obtido a partir da Equação 2, sendo relacionado a área da bacia em (km<sup>2</sup>) com o comprimento axial da bacia (km), resultando em um valor adimensional que também pode ser outro parâmetro para indicar a probabilidade de ocorrências de enchentes em uma bacia (RODRIGUES *et al.*, 2016).

Para delinear uma bacia circular o valor encontrado deve ser maior de que 0,78 e valores menores indicam a forma alongada da bacia, valores entre 0,2 e 0,3 demonstram, respectivamente, estreito e canais profundos (KAUR, *et al.*, 2014).

$$F_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Sendo,

A: área da bacia (km<sup>2</sup>);

L: comprimento axial da bacia (km).

### 3.3 COEFICIENTE DE CIRCULARIDADE (Ic)

Por meio da Equação 3 é possível calcular o coeficiente de circularidade (Ic), mediante correlação da área de drenagem (A) em km<sup>2</sup> e P é o perímetro (km), no qual foi descrito por Franco e Souza (2016) como o índice usado para definir a similaridade da bacia com a forma circular. Em que, o resultado obtido mais próximo de 1,0 representa a bacia mais aproximada da forma circular, com maior probabilidade de cheia, por ter o escoamento reduzido.

$$I_c = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Sendo,

A: é a área em km<sup>2</sup>;

P: é o perímetro em km.

### 3.4 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (T<sub>c</sub>)

Como relatado por Kim *et al.* (2019) existem diversas fórmulas para calcular o tempo de concentração, para selecionar deve-se escolher a mais adequada para determinadas características da Bacia em estudo.

Esse parâmetro é um fator positivo em relação às cheias, pois quanto maior for o tempo de concentração menor será a possibilidade de enchentes (CASSETTARIN e QUEIROZ, 2018).

A formulação empírica utilizada para calcular o Tempo de concentração (T<sub>c</sub>) foi a representada na Equação 4, na qual necessita como dados de entrada o comprimento do curso d'água em km (L), a declividade equivalente em m/km (I<sub>eq</sub>).

$$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{I_{eq}} \right)^{0,385} \quad (4)$$

Sendo,

I<sub>eq</sub>: declividade equivalente em m/km;

L: o comprimento do curso d'água em km.

I<sub>eq</sub> = ΔH/L

ΔH: a variação da cota

### 3.4 FREQUÊNCIA DOS RIOS (FR) OU DENSIDADE HIDROGRÁFICA

Conforme esclarece Sartor *et al.* (2018), a frequência dos rios (FR), ou densidade hidrográfica, tem sua definição determinada conforme o fundamento de vários autores, portanto a frequência dos rios é um índice que fornece o número de rios por quilômetro quadrado de área e a extensão da rede hidrográfica, tal como a capacidade da bacia em gerar novos cursos d'água, de acordo com alguns parâmetros do local.

Obtido a partir da relação entre o número total de segmentos de rios e a área da bacia hidrológica, segundo a Equação 5.

$$F_R = \frac{N}{A}$$

(5)

Sendo,

N: número de rios;

A: área da bacia.

### 3.5 ÍNDICE DE SINUOSIDADE DO CANAL PRINCIPAL – $I_s$

O índice de sinuosidade indica os formatos dos canais, correlacionando o comprimento do canal principal e dividindo pela distância vetorial (comprimento em linha reta) desse mesmo canal, sendo calculado a partir da Equação 6 (SARTOR *et al.* 2018). Os resultados mais próximos de 1 mostram que o canal tende a ser retilíneo, mas os resultados superiores a 2 sugerem canais sinuosos e resultados entre 1 e 2 indicam formas transicionais, regulares e irregulares (LANA *et al.*, 2001).

$$I_s = \frac{L}{D_v}$$

(6)

Sendo,

L: comprimento do canal principal;

Dv: comprimento vetorial entre os pontos extremos do canal.

### 3.6 DENSIDADE DE DRENAGEM

É um indicador da proximidade de espaçamento de canais, importante para determinar o tempo de viagem pela água, além disso, a densidade de drenagem está relacionada ao clima, tipos de rochas, relevo, capacidade de infiltração, cobertura vegetal, superfície rugosidade e intensidade do escoamento (KUMAR *et al.*, 2015). Quanto o resultado de Densidade de Drenagem está baixo, indica uma boa capacidade de infiltração da água no solo e de cobertura vegetal, já valores elevados apresentam áreas com pouca infiltração (RODRIGUES *et al.*, 2017).

A densidade de drenagem de uma bacia pode ser considerada de baixa capacidade de drenagem, quando possui um valor abaixo de 0,5 km/km<sup>2</sup> e bacia bem drenada apresenta valor igual ou superior a 3,5 km/km<sup>2</sup>, por outro lado valores entre 0,5 e 3,5 tem bacia de média drenagem, apresentada na Tabela 1 (MIOTO *et al.*, 2014).

Densidade de drenagem é alcançado a partir da razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, motrada na Equação 7.

$$D_d = \frac{L}{A}$$

(7)

Sendo,

Lt: comprimento total dos canais (km);

A: área da bacia (km<sup>2</sup>).

**Tabela 1** - Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia

Dd (km/km <sup>2</sup> )	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 -2,00	Mediana
2,01 - 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

**Fonte:** Beltrame (1994).

### 3.7 DECLIVIDADE

A declividade prejudica a velocidade do escoamento superficial, há relação inversa entre a inclinação da superfície e a infiltração, no qual o aumento na inclinação diminui a infiltração e vica-versa, influenciando a capacidade de transporte de sedimento e colaborando para definir o padrão do canal (MIRANDA, 2019; MONTANHER e MORAIS, 2021).

Desta forma os mapas de declividade auxiliam na análise de relevo, sendo retratado por diferentes níveis de inclinação (BARBOSA *et al.*, 2019). No presente estudo, utilizou-se 6 níveis de inclinação, classificado de acordo com a Embrapa (1979) em: plano (0-3%), suavemente ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), fortemente ondulado (20-45%), (45-75%) montanhoso e (> 75%) fortemente montanhoso (TABELA 2).

**Tabela 2 - Classificação da declividade**

<b>Declividade (%)</b>	<b>Relevo</b>
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

**Fonte:** Embrapa (1979).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante da metodologia abordada, obteve-se os parâmetros morfométricos e fisiográficos da Bacia Hidrográfica (BHR-IP) do rio Ipojuca, estado do Pernambuco (Tabela 3). Nota-se, que a BHR-IP é de ordem 6 e possui uma área de aproximadamente 3420,20 km<sup>2</sup>, com perímetro de 1002,25 e declividade média de 10,88%.

**Tabela 3 - Parâmetros Morfométricos da BHR-IP do rio Ipojuca**

Características	Parâmetros
Área da bacia (km <sup>2</sup> )	3420,20
Perímetro da bacia (km)	1002,25
Comprimento axial da bacia (km)	222,65
Comprimento total dos cursos dos rios (km)	3225,85
Comprimento do rio principal da bacia (km)	292,80
Número de cursos d'água	4307
Amplitude da bacia (m)	1164,00
Comprimento vetorial entre os extremos do curso principal (Lr) (km)	221,22
Cota Média (m)	624,80
Cota Máxima (m)	1171,00
Declividade Média (%)	10,88
Declividade Equivalente (m/km)	3,975
Coefficiente de Compacidade (Kc)	4,7985
Fator de Forma (Ff)	0,0689
Índice de Circularidade (IC)	0,0427
Densidade de Drenagem (Dd) (km/km <sup>2</sup> )	0.943
Tempo de Concentração (min)	2656,8
Ordem da Bacia	6
Frequência de rios (F)	1,26
Índice de Sinuosidade	1,32

O coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de forma (Ff) que foram obtidos foram de 4,7985 e 0,0689, respectivamente, permitindo evidenciar que a bacia não possui um formato circular, mas um formato alongado. Tal veracidade pode ser comprovada pelo índice de

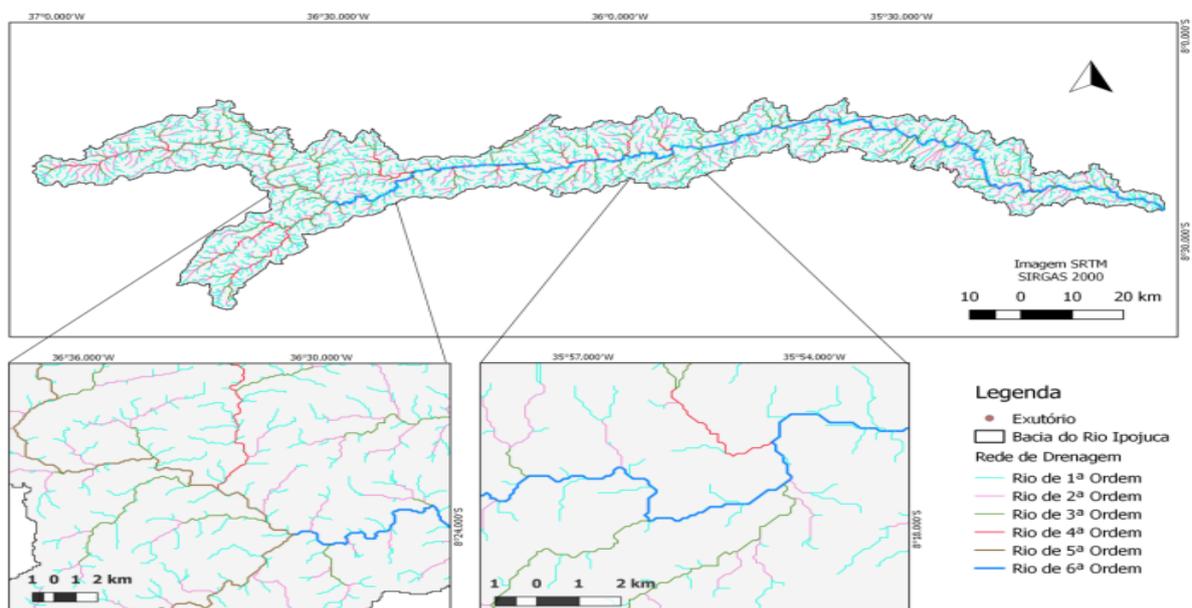
circularidade ser de 0,0427. Bacias alongadas dispõem a ser pouco susceptível a enchentes em condições normais de pluviometria anual.

É retratado por Cardoso *et al.* (2006) e Sousa *et al.* (2016), que bacias circulares tem uma maior probabilidade a ter inundações, pois a ocorrência de chuvas intensas sincronicamente em toda a sua extensão são maiores de que a forma alongada.

A hierarquia fluvial permite conhecer a relevância do tamanho da rede de drenagem dos canais de uma determinada bacia, podendo analisa-la. A hierarquia fluvial descreve os menores canais como de primeira ordem desde a sua nascente até a sua confluência, já os canais de segunda ordem são considerados o encontro de dois canais de primeira ordem, os canais de terceira ordem são o encontro de dois canais de segunda ordem e assim por diante (DORNELLAS *et al.*, 2020; CAIXETA *et al.*, 2020).

Em concordância com essa definição, é possível estabelecer que a BHR-IP apresenta rios que vão até Ordem 6, tal qual demonstrado na Figura 3.

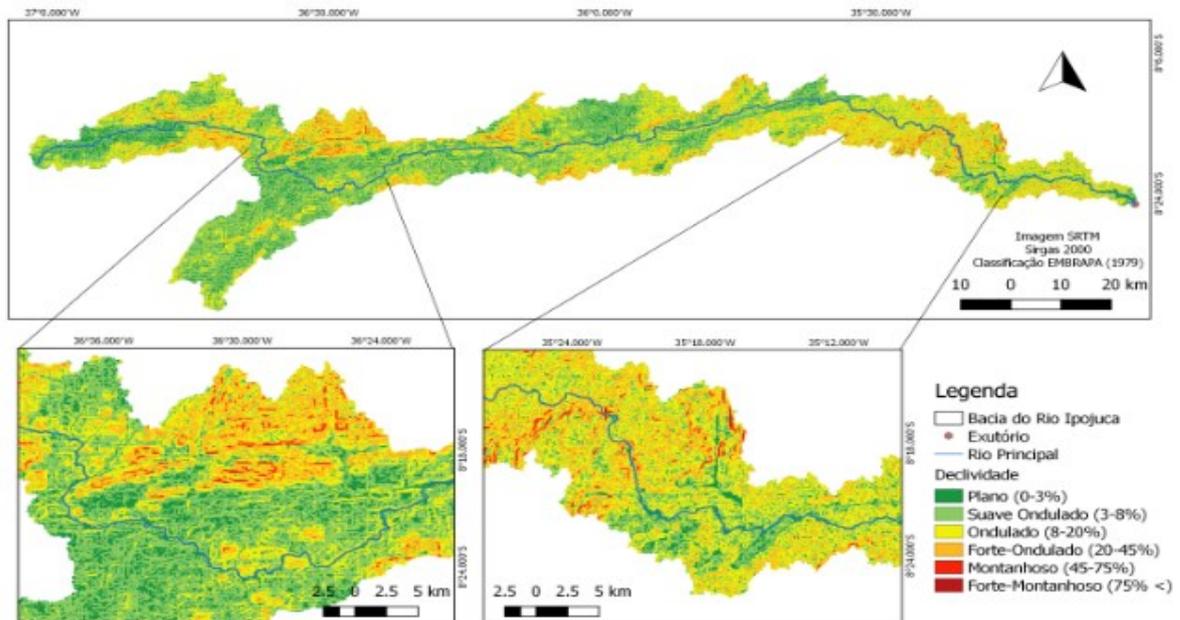
**Figura 3** - Hierarquia fluvial na bacia hidrografia do rio Ipojuca.



Fonte: Autoria própria, 2021.

Outro parâmetro analisado, foi a declividade da bacia hidrográfica, assim, através desse parâmetro identificam-se áreas consideradas planas e outras montanhosas, porém a predominância é de áreas planas a onduladas, ressaltadas nas cores verdes e amarela na Figura 4.

**Figura 4** - Classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Ipojuca.



**Fonte:** autoria própria 2021.

Tendo um resultado de 10,88%, a declividade se encaixa na classificação de relevo ondulado. Pode-se notar que na área litorânea da bacia é predominante o relevo ondulado, mas com presença de montanhas próximas aos rios de ordem 1 e 2 (Figura 5), além do mais com a existência de solos Argissolos distróficos e eutróficos e solos Latossolos amarelos (Figura 2) e uma altitude baixa (Figura 4).

Afastando-se do litoral, pode-se notar um relevo de suave ondulação e altimetria elevada, evidentes nessa área solos Neossolos litólicos e regolíticos; como a nascente do rio Ipojuca está localizada nesse local, nota-se que as ordens presentes nesse trecho, são de 1, 2, 3, 4 e 5.

A declividade de uma bacia afeta a velocidade do escoamento superficial, tal como a ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, assim diminuindo a infiltração da água e afetando a quantidade de água armazenada no solo, que intensifica a erosão, ocorrência de enchentes e a degradação da bacia (FRAGA *et al.*, 2014; GUERRA *et al.*, 2015). A declividade no rio Ipojuca foi especificada através de sistema de classificação em seis faixas distintas.

Conforme Hirata e Burkert (2020) “A densidade de drenagem reflete na propriedade de transmissibilidade do terreno e conseqüentemente na suscetibilidade a erosão. Uma área com um índice elevado de densidade de drenagem é resultante da baixa transmissibilidade do terreno e, portanto, mais sujeita a erosão”.

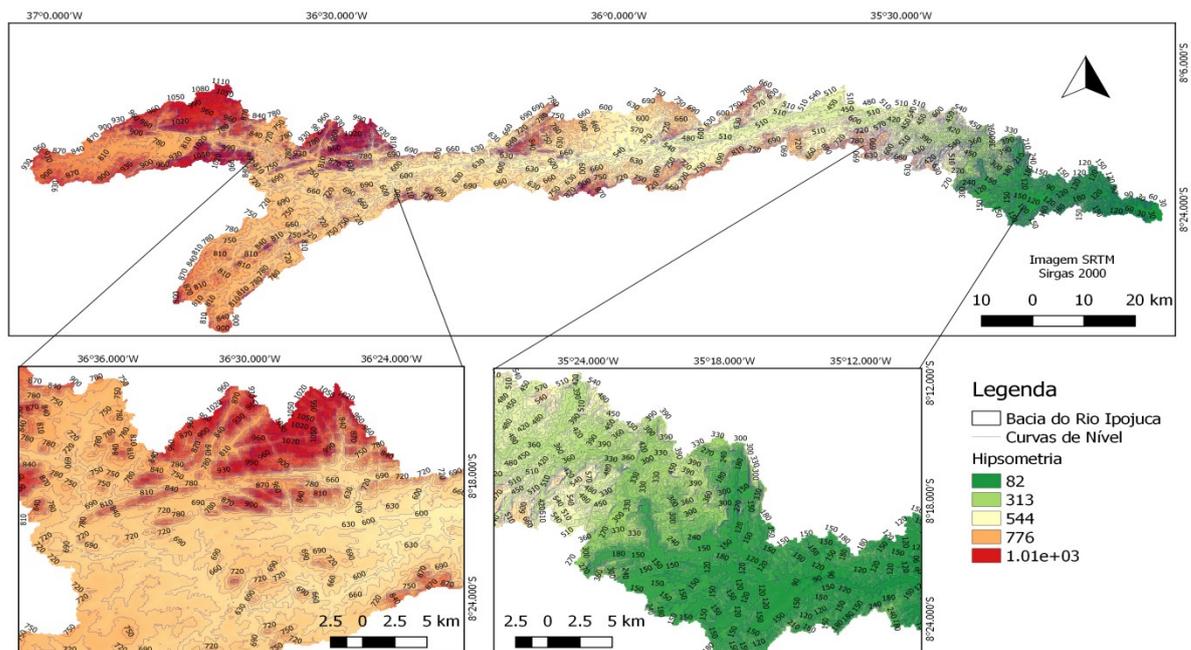
Sendo o resultado da densidade de drenagem encontrado de 0.943 e, verificado na Tabela 1, pode-se assegurar que a BHR-IP do rio Ipojuca é de média capacidade de drenagem, apresentado um grau mediano a processos erosivos.

O índice de sinuosidade, de acordo com Conceição *et al.* (2021), demonstra que as bacias que tendem a ter um índice similar a 1 são canais que podem ser retilíneos, enquanto bacias com valores acima de 2, os canais inclinam-se a ser tortuosos e os resultados entre 1 e 2, a apresentar canais com formas transicional.

O índice de sinuosidade da Bacia do Rio Ipojuca teve um valor igual a 1,32, apontando que seus canais são de forma transicional, reforçando que a bacia possui baixa chance de inundações.

Com relação à amplitude altimétrica, entende-se pela diferença entre a cota superior e a inferior do canal, em outras palavras, a variação entre a cabeceira até a foz e o logaritmo natural da extensão total do curso de água (MONTEIRO *et al.*, 2014). Na Figura 5 encontram-se as amplitudes altas, médias e baixas das regiões da bacia, contudo a maioria das regiões tem média amplitude.

**Figura 5 - Mapa de Altimetria da bacia do rio Ipojuca**



Fonte: autoria própria

Nota-se que a amplitude média de 544 m, prevalece nas áreas de relevo plano e suave ondulado, onde tem uma incidência menor de montanha, por outro lado, as altas amplitudes, de valor 1010 metros, localizam-se perto da cabeceira da bacia, no qual há uma concentração de montanhas. No litoral a amplitude média é baixa, mesmo com a existência de montanha. Para Santos *et al.* (2012) altos valores de amplitude altimétrica, ausência de cobertura vegetal, classe de solo tendem a favorecer o escoamento rápido em uma bacia hidrográfica, favorecendo os processos erosivos superficiais.

## 5 CONCLUSÃO

As pesquisas desenvolvidas neste estudo permitem concluir que a Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca, estado do Pernambuco, possui formato alongado e aponta baixa inclinação à ocorrência de enchentes, constatado pelos parâmetros de coeficiente de compacidade, fator de forma e o índice de circularidade.

Ademais, apresenta um grau mediano à processos erosivos evidenciados pela sua baixa densidade de drenagem. O relevo predominate é ondulado, sendo encontrado em excesso nas áreas litorâneas.

Ressalta-se que essas informações são primárias/fundamentais no contexto de várias áreas correlacionadas ao gerenciamento da bacia hidrográfica. A recomendação de estudos posteriores - sobre o uso e ocupação solo; o contexto ambiental, como as áreas de nascentes e zona estuária; a interconexão entre águas superficiais e subterrâneas, - fortalecem o diagnóstico da unidade de gerenciamento, com forte relação à gestão integrada, destacada dentre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Não obstante, as ferramentas de geotecnologias são eficientes para delimitação e análises de bacias hidrográficas, podendo ser adotadas como suporte para o gerenciamento efetivo dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

AMERI, A.A.; POURGHASEMI, H. R.; CERDA, A. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 613-614, p. 1385–1400, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717325615?via%3Dihub>. Acesso em: 15 maio 2021.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. In: **Bacias Hidrográficas: Bacia do rio Ipojuca**. Pernambuco. Disponível em: [http://old.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5&subpage\\_id=17](http://old.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=17). Acesso em: 16 maio 2021.

ARABORI, M. K. N. *et al.* Análises das características hidrogeológicas da microbacia do Ribeirão Jacutinga em Ibiporã-PR. **Ciência Geográfica**, Bauru-SP, v.25, n.1, Janeiro/Dezembro 2021.

ARAÚJO, W. R. de; MEDEIROS, R. M. de; FRANÇA, M. V. de. Espacialização da evapotranspiração na bacia hidrográfica do rio Ipojuca -PE, Brasil. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 205 - 218, 27 jul. 2020. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/9259/17254>. Acesso em: 15 maio 2021.

BARBOSA, Bárbara Gabrielly Silva *et al.*. O uso das geotecnologias como ferramenta de análise dos parâmetros topográficos de declividade e hipsometria no município de petrolina-pe. Anais I CONIMAS e III CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63723>>. Acesso em: 18/05/2021.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

BRUNO, L. O. *et al.* Aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) livres nas ciências ambientais: o uso do QGIS. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 4, n. 8, p. 321-326, 31 dez. 2017. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v4n8/v04n08a07a.html>. Acesso em: 20 maio 2021.

CAIXETA, A. C. M. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia do córrego da Palha em Diamantina (MG) com a aplicação de sistema de informações geográficas (SIG). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 84845-84858, 4 nov. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19324>. Acesso em: 20 maio 2021.

CAPUCHO, D.N. Morfometria e caracterização do meio físico da Bacia hidrográfica do Rio Piraquê- Açú (ES). Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal do Espírito Santo –

Campus Santa Teresa, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/838?show=full>>. Acesso em: 13 de maio de 2021.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Gestão Hídrica, Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, fevereiro/2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 29 abr. 2021.

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, mar./abr.2006.

CASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. de. Morphometric characterization of the hydrographic basin of jauquara river in the transition between the cerrado and amazon biomes in Mato Grosso-Brazil. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 49, n. 2, p. 325-334, abr/jun 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/58166/37987>. Acesso em: 26 maio 2021.

CASTRO, S. S.; CARVALHO, T. M. Análise Morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia Plena*, Vol. 5, Num. 2, 025401, 2009.

CONCEIÇÃO, A. J. L. da *et al.* **O estudo das características morfométricas da bacia hidrográfica do médio Tocantins**. Separata de: MEIO Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia: Recursos Hídricos. 1. ed. Belo Horizonte - MG: Poisson, 2021. v. 5, cap. 3, p. 19-23. ISBN 978-65-5866-055-2.

DEUS, R. A. S. G.; COSTA, S. O. S; LOURENÇO, E. R. C; GOLDFARB, M. C.; DUARTE, C. C; GOMES, D. D. M. Análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE. Análise Morfométrica, *REGNE*, v. 2, n. especial, p. 1120-1129, 1 out. 2016.

DORNELLAS, P. da C. *et al.* Análise morfométrica da bacia do alto rio Paraíba, região semiárida do estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 601-614, 8 jun. 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Xavier-4/publication/342799886\\_ANALISE\\_MORFOMETRICA\\_DA\\_BACIA\\_DO\\_ALTO\\_RIO\\_PARAIBA\\_REGIAO\\_SEMIARIDA\\_DO\\_ESTADO\\_DA\\_PARAIBA/links/5f1a04ad92851cd5fa420122/ANALISE-MORFOMETRICA-DA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA-REGIAO-SEMIARIDA-DO-ESTADO-DA-PARAIBA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rafael-Xavier-4/publication/342799886_ANALISE_MORFOMETRICA_DA_BACIA_DO_ALTO_RIO_PARAIBA_REGIAO_SEMIARIDA_DO_ESTADO_DA_PARAIBA/links/5f1a04ad92851cd5fa420122/ANALISE-MORFOMETRICA-DA-BACIA-DO-ALTO-RIO-PARAIBA-REGIAO-SEMIARIDA-DO-ESTADO-DA-PARAIBA.pdf). Acesso em: 20 maio 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FRANÇA, J. M. F.; MORENO, J. C.. Uma reflexão sobre os impactos causados pela seca no Rio Grande do Norte de 2012 a 2016. **Parcerias Estratégicas (Impresso)**, v. 22, p. 213-232, 2017. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/853/781](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/853/781). Acesso em: 26 maio 2021.

FRAGA, M. de S. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, Sinop, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014. DOI 10.14583/2318-7670.v02n04a05. Disponível em: <http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/425-nativa/v02n04/3497-caracterizacao-morfometrica-da-bacia-hidrografica-do-rio-catole-grande-bahia-brasil.html>. Acesso em: 18 maio 2021.

FRANCO, V. V.; SOUZA, J. O. P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Jucurutu. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, n. Especial, out. 2016.

GUERRA, S. M. S.; SILVA, A. M. R. B. da.; ARAÚJO, S. P.; CORRÊA, M. M.; SILVA, V. L. da; SANTOS, B. R. T. Caracterização morfométrica e avaliação da qualidade da água da bacia Hidrográfica de Bita, Ipojuca – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 759-775, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/290472984\\_Morphometric\\_characterization\\_and\\_assessment\\_of\\_water\\_quality\\_Hydrographic\\_Basin\\_of\\_Bita\\_Ipojuca-PE](https://www.researchgate.net/publication/290472984_Morphometric_characterization_and_assessment_of_water_quality_Hydrographic_Basin_of_Bita_Ipojuca-PE). Acesso em: 26 maio 2021.

HIRATA, A. A.; BURKERT, D. Morfometria da Bacia do Ribeirão Lajeado-SP. **Formação (Online)**, v. 27, n. 50, p.175-199, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/6449>. Acesso em: 18 maio 2021.

JANG, T. *et al.* Model for Prioritizing Best Management Practice Implementation: Sediment Load Reduction. **Environmental Management**, [s. l.], v. 51, p. 209–224, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-012-9977-4#citeas>. Acesso em: 13 maio 2021.

KIM, V. J. H. *et al.* Análise de fórmulas de Tempo de Concentração (TC) de uma bacia em urbanização: um estudo da Bacia do Mineirinho (São Carlos-SP). **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.8, ago. 2019.

KUMAR, A.; SAMUEL, S. K.; VYAS, V. Morphometric analysis of six sub-watersheds in the central zone of Narmada River. **Arab J Geosci**, [s. l.], p. 5685–5712, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1655-9>. Acesso em: 15 maio 2021.

KAUR, M.; SINGH, S.; VERMA, V.K.; PATERIYA, B. Quantitative geomorphological analysis & land use/ land cover change detection of two sub-watersheds in ne region of PUNJAB, India. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Hyderabad, India, v. XL-8, p. 371-375, 12 dez. 2014.

Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-8/371/2014/isprsarchives-XL-8-371-2014.pdf>. Acesso em: 26 maio 2021.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. Rem: **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, jun. 2001. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672001000200008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200008&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em: 14 maio 2021

MEDEIROS, R. M. de. Análise Climática da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca-PE. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2020. DOI: 10.52719/bjas.v2i1.3087. Disponível em: <http://ead.codai.ufrpe.br/index.php/BJAS/article/view/3087>. Acesso em: 14 maio. 2021.

MIOTO, C. L. *et al.* Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 16-22, 7 ago. 2014.

MIRANDA, N. M. G. *et al.* Processo Hierárquico Analítico (AHP) em Modelagem Espacial da Vulnerabilidade à Inundação em Ambientes Mistos. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 172-181, 17 jun. 2019. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13501>. Acesso em: 18 maio 2021.

MONTANHER, O. C.; MORAIS, E. S. de. Análise da declividade de canais fluviais com uso de cálculo diferencial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 135-148, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1898>. Acesso em: 18 maio 2021.

MONTEIRO, K. de A.; TAVARES, B. de A. C.; CORREA, A. C. de B. Aplicação do índice de Hack no rio Ipojuca para identificação de setores anômalos de drenagem e rupturas de relevo. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 616-628, 2014. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7319>. Acesso em: 20 maio 2021.

MOURA, D. M. B.; DE OLIVEIRA, R. M.; DE OLIVEIRA, I. J.; NASCIMENTO, D. T. F.; ALVES, W. S. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá-Goiás, Brasil. **GeoFocus**, n. 21, p. 19-37, 10 maio 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.493>. Acesso em: 29 abr. 2021.

NASCIMENTO, F, I, C; SANTOS, W, L; LIRA, E, M; ARCOS, F, O. Caracterização Morfométrica como Base para o Manejo da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Acre. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, V.06, N.02 (2013) 170-183, 2013.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba-Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. Artigos... Goiânia: UFG, 2006.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº LEI Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em 13 de maio de 2021.

RODRIGUES, R. S. S. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal- PB, v.11, n.3, jul-set. 2016.

RODRIGUES, T. O.; LISBOA, G. S.; SILVA, Q. D. da. Morfometria das unidades de drenagem do médio curso do rio Anil, ilha do Maranhão. Instituto de Geociências UNICAMP, [s. l.], v. 1, p. 909-914, 2017. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2123>. Acesso em: 15 maio 2021.

SANTANA, F. S.; ALVES, N. M. S.; MELO, I. S. A dinâmica da rede hidrográfica da bacia do rio Sapucaia, Japaratinga/Pirambu-S. **REGNE**, v. 2, n. especial, p. 335-343, 1 out. 2016.

SANTOS, A. M. dos *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. Vol 7, n3, 2012. DOI:10.4136/1980-993X. Disponível em: [http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/945/pdf\\_744](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/945/pdf_744). Acesso em: 14 maio 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **O novo mapa de solos do Brasil**: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 130). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/920267/o-novo-mapa-de-solos-do-brasil-legenda-atualizada>. Acesso em: 14 maio 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. *et al.* 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 14 maio 2021.

SARTOR, M. B.; PIZA, M. W. de T.; SILVEIRA, G. R. P. da; GOMES, E. P.; CAMPOS, S. Caracterização Física da Bacia Hidrográfica do Córrego da Lontra - Cafelândia, SP. **Revista Energia na Agricultura**, [s. l.], v. 33, n. 1, 30 maio 2018. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2474>. Acesso em: 14 maio 2021.

SILVA, C.J.; FRANÇA, M.V.; MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M. O índice de aridez e sua tendência à desertificação na bacia do Rio Ipojuca-PE., **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 21-30, 8 jan. 2019. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1875>. Acesso em: 12 maio 2021.

SILVA, J. R. da; SILVA, J. R. X. da; SILVA, P. S. da. Aplicação da análise fractal para diagnosticar a mata ciliar do rio Ipojuca, na cidade de Sanharó- PE. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES – UNITA), Caruaru – PE, 2018., [S. l.], 2018. Disponível em: <http://repositorio.asc.es.edu.br/handle/123456789/1683>. Acesso em: 1 maio 2021.

SILVA, Í. F.; NÓBREGA, R. S.; GALVÍNCIO, J. D. Impacto das mudanças climáticas nas respostas hidrológicas do rio Ipojuca (PE) – parte 2: cenários de aumento de temperatura. Aumento de Temperatura, **RBGf- Revista Brasileira de Geografia Física** - Recife-PE, v. 2, n. 02, p. 19-30, 31 ago. 2009.

SOUSA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **REGNE**, [s. l.], v. 2, n. especial, p. 555 - 564, 1 out. 2016.

SRIVASTAVA, V.K. Role of GIS in natural resources management. In: Thakur, B. (Ed.), *Perspectives in Resource Management in Developing Countries*. Concept Publishing Company, New Delhi, p. 479–484, 2003.

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**, n. 20, p. 137-156, 2007. Disponível em: [https://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](https://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf). Acesso em: 29 abr. 2021.

TONELLO, K. C. *et al.* Morfometria da Bacia Hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 5 abr. 2006. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000500019&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622006000500019&script=sci_arttext). Acesso em: 18 maio 2021.