



B1

ISSN: 2595-1661

ARTIGO ORIGINAL

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portaldeperiodicos.capes.gov.br)

## Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



### Uso das ferramentas de geoprocessamento na caracterização morfométrica do município de Riachão do Poço - PB

Use of geoprocessing tools in the morphometric characterization of the city of Riachão do Poço-PB

DOI: 10.55892/jrg.v8i18.1837

ARK: 57118/JRG.v8i18.1837

Recebido: 16/01/2025 | Aceito: 12/02/2025 | Publicado *on-line*: 13/02/2025

#### José Vinícius Tavares de Santana<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0009-0000-7616-689X>  
 <http://lattes.cnpq.br/7009640221145885>  
Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil  
E-mail: josevinciusts14@gmail.com

#### Guttemberg da Silva Silvino<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-9199-2732>  
 <http://lattes.cnpq.br/7469382161768585>  
Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil  
E-mail: guttemberg.silvino@gmail.com

#### Felipe dos Santos Silva Diniz<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0009-0002-9995-6848>  
 <http://lattes.cnpq.br/2675981938811796>  
Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil  
E-mail: felipediniz.agro@yahoo.com

#### Bruno Santana da Silva<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0009-0006-1096-151X>  
 <https://lattes.cnpq.br/7804492214252011>  
Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil  
E-mail: agro.bruno.fruit@gmail.com

#### Nivaldo Timóteo de Arruda Filho<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-8480-8047>  
 <https://lattes.cnpq.br/4487558349488728>  
Universidade Federal da Paraíba, PB, Brasil  
E-mail: nivaldo.arruda.filho@gmail.com



### Resumo

Uma das grandes problemáticas quando o tema é o monitoramento de recursos naturais é o tamanho dos territórios a ser analisado. Nesse contexto, a utilização de geotecnologias mostra ser uma boa alternativa para a obtenção desses dados, auxiliando no processo e desenvolvimento de estratégias que melhore a forma de gerir os recursos hídricos. O referido trabalho teve como objetivo usar modelos digitais de elevação e as técnicas de geoprocessamento para delimitação das microbacias hidrográficas, características morfométricas e da rede de drenagem para realizar

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba.

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Civil; Mestre em Engenharia Agrícola; Doutor em Recursos Naturais.

<sup>3</sup> Graduado em Agronomia; Mestrando em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela Universidade Estadual Paulista.

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba.

<sup>5</sup> Graduado em Agronomia; Mestre em Engenharia Agrícola; Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais.

análise comparativa com a base de dados oficial já existente, disponível pela AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. A obtenção dos resultados foi realizada a partir de um modelo digital de elevação para o município de Riachão do Poço – PB, a saber, imagem SRTM que apresentam respectivamente 30 m de resolução espacial, por meio da utilização de um Sistema de Informação Geográfica de uso livre, QGIS versão 3.34. Foram delimitadas 9 microbacias para a área de estudo, onde os resultados mostraram uma média tendência a enchentes, possuindo uma boa densidade de drenagem e hidrográfica. O relevo em sua maioria, apresentou suave ondulado, com uma altitude variando de 40 a 100 metros. A rede de drenagem obtida com o uso dos MDE's, apresentou diferença significativa em relação a rede de drenagem existente disponível pela AESA, comprovando que as ferramentas disponibilizadas atualmente pelas geotecnologias se mostram excelentes alternativas para auxiliar na geração destes resultados.

**Palavras-chave:** geoprocessamento; morfometria; recursos hídricos; hidrologia

### **Abstract**

*One of the biggest problems when it comes to monitoring natural resources is the size of the territories to be analyzed. In this context, the use of geotechnologies proves to be a good alternative for obtaining this data, helping in the process and development of strategies that improve the way of managing water resources. The mentioned work aimed to use digital elevation models and geoprocessing techniques to delimit hydrographic micro basins, morphometric characteristics and the drainage network to carry out comparative analysis with the existing official database, available by AESA – Executive Management Agency of the Waters of the State of Paraíba. The results were obtained from a digital elevation model for the municipality of Riachão do Poço – PB, namely, SRTM image that respectively present 30 m of spatial resolution, through the use of a Geographic Information System for use free, QGIS version 3.34. 9 micro basins were delimited for the study area, where the results showed an average tendency to floods, with a good drainage and hydrographic density. Most of the relief was gently undulating, with an altitude varying from 40 to 100 meters. The drainage network obtained with the use of MDE's presented a significant difference in relation to the existing drainage network available by AESA, proving that the tools currently available through geotechnologies are excellent alternatives to assist in generating these results.*

**Keywords:** geoprocessing; morphometry; water resources; hydrology

## **1. Introdução**

O meio ambiente, em todos os aspectos é fruto de uma constante modificação ao longo de séculos (PADILHA et al., 2008). E diante da situação ambiental global atual e, especialmente em relação aos recursos hídricos, é essencial buscar alternativas para monitorá-los e conservá-los., O Brasil, em particular, enfrenta frequentes crises hídricas, causadas por má gestão e desperdício (TUGOZ et al., 2017).

Um grande desafio quando o assunto é o monitoramento de recursos ambientais de qualquer natureza é o tamanho territorial de determinada região, o que pode dificultar ou até mesmo impedir um controle eficaz. O uso de imagens de satélites é algo cada vez mais recorrente no meio ambiental principalmente para o monitoramento de grandes áreas (PADILHA et al., 2008). Isso destaca como o

geoprocessamento pode auxiliar na gestão dos recursos hídricos, sem a necessidade de ir a campo (COSTA FILHO et al., 2007).

As geotecnologias por meio do geoprocessamento, tem demonstrado ser eficaz para obter dados com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de estratégias e gestão de recursos hídricos (CASTRO et al., 2018). Mostrando cada vez mais eficiência na geração e obtenção de dados, especialmente no contexto ambiental, fornecendo informações de maneira integrada (COUTO, 2007). Com isso, que adoção das geotecnologias permite a geração de rede de drenagens e confecção de microbacias dentro de uma determinada região (LIMA, 2020), além de possibilitar a análise das características morfométricas de cada uma delas.

Conhecer as características morfométricas fornece uma variedade de dados que ajudam a entender a dinâmica ambiental de cada microbacia hidrográfica de forma individual. Essas informações podem apoiar a tomada de decisões e a criação de estratégias para o gerenciamento e a conservação dos recursos hídricos de uma área específica (SOARES, 2016).

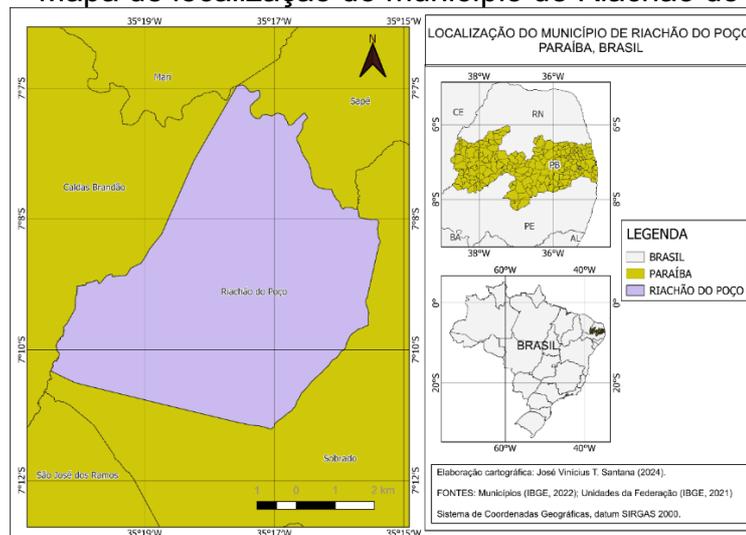
Portanto, este trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município de Riachão do Poço-PB com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento, tendo por finalidade o uso sustentável dos recursos naturais.

## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo

O município de Riachão do Poço, localiza-se no Estado da Paraíba, possui uma área de 40,460 km<sup>2</sup> e está situado entre as longitudes 35° 16' 24,78" e 35° 17' 16" e latitudes 7° 10' 29,24" e 7° 09' 22,79". Ele está situado na mesorregião do litoral paraibano e na microrregião do litoral norte, encontrando-se ainda totalmente inserido na porção baixa da bacia hidrográfica do Rio Paraíba (Figura 1). De acordo com o IBGE (2022), o município conta com uma população de 4.706 habitantes e apenas 19,3% de domicílios possuem esgotamento sanitário adequado.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Riachão do Poço-PB.

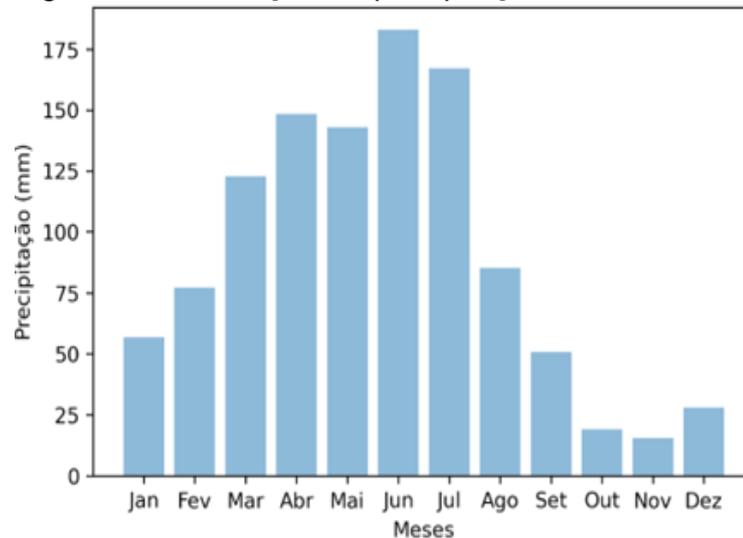


Fonte: Autor (2024), Adaptado IBGE (2022).

Em relação às características climáticas, de acordo com a classificação de Köppen, o município de Riachão do Poço-PB possui clima do tipo tropical de savana

(As), caracterizado por ter pelo menos duas estações bem definidas e equilibradas (ALVARES et al, 2013). Em termos de pluviometria, baseado nos dados do posto de monitoramento mais próximo, localizado no município de Sapé-PB, o Riachão do Poço tem uma precipitação média anual estimada em 1.096,9 mm (período de 1962 a 2017). O período chuvoso do município encontra-se entre os meses de março a julho (Figura 2), quando quase 60% da precipitação média anual ocorre. A temperatura média anual de Riachão do Poço é 25,5 o C, variando de 20 °C a 36 °C.

Figura 2 -Distribuição da precipitação média mensal.



Fonte: Posto pluviométrico mais próximo, localizado no município de Sapé-PB.

## 2.2 Morfometria

A morfometria está relacionada com o estudo matemático de configuração e estilo de uma bacia hidrográfica podendo ter diferentes classificações: característica de relevo, características geométricas e característica de drenagem. O cálculo dessas características morfométricas, também conhecidas como físicas ou morfológicas, são de extrema importância na utilização por técnicos para elaboração de projetos hidro agrícolas, construção de barragens, na seleção de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões (NOVAES et al., 2004). Estes índices são de extrema importância para a idealização de estudo hidrológico, sendo fundamentais na elaboração de planos de ação.

Para definir as microbacias hidrográficas da área de estudo, foi adotada a proposta de Horton (1945), conforme descrita por Christofolletti (1969, 1978, 1980) e Villela e Mattos (1975). A análise morfométrica das microbacias será realizada com base nas características geométricas de relevo e da rede de drenagem. As variáveis analisadas serão baseadas nos trabalhos Santos et al. (2012), Ferrari et al. (2013) e Rocha et al. (2014).

## 2.3 Características da rede de drenagem

*Comprimento total dos canais ( $L_t$ )* - É a soma dos comprimentos dos rios de cada microbacia hidrográfica, em km.

*Comprimento do canal principal ( $L_d$ )* - Delimitação que se estende ao longo do curso de água da nascente principal até o exutório do rio, medida em Km.

*Ordem dos cursos d'água* - A determinação da ordem dos cursos d'água foi determinada conforme Strahler (1957), considerando os menores canais sem tributários como de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem a partir da

confluência de dois canais de primeira ordem, recebendo afluentes apenas de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, recebendo afluentes de segunda e primeira ordens, assim continuamente.

*Densidade de drenagem (D<sub>d</sub>)* - Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), podendo ser calculada pela (Equação 1). Logo D<sub>d</sub> representa a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>) e L<sub>t</sub> o comprimento total dos canais em km e A é a área de drenagem (km<sup>2</sup>). De acordo com Villela e Mattos (1975), D<sub>d</sub> pode ser classificada de acordo com a (Tabela 1).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \tag{1}$$

Tabela 1 – Classificação da densidade de drenagem.

<i>Dd (Km/Km<sup>2</sup>)</i>	<i>Denominação</i>
< 0,5	Pobre
0,5 – 1,5	Regular
1,5 – 2,5	Bom
2,5 – 3,5	Muito bom
>=3,5	Excepcional

Fonte: Villela e Matos (1975).

*Coefficiente de torrencialidade (C<sub>t</sub>)* – Está relacionado a predisposição natural da bacia hidrográfica a sofrer inundações, na qual multiplica-se o valor da densidade de drenagem pela densidade hidrográfica, como demonstrado pela (Equação 2).

$$Ct = Dd \times Dr \tag{2}$$

## 2.4 Características geométricas

*Área da microbacia (A)* – Medida de área drenada por meio de um sistema fluvial, projetada em plano horizontal e expressa em km<sup>2</sup>, é uma variável fundamental para análise, associada a outras variáveis.

*Perímetro da microbacia (P)* - Comprimento da linha imaginária que percorre o divisor de águas, delimitando a área das microbacias, é medido em km.

*Densidade hidrográfica (D<sub>h</sub>)* - Definido por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da microbacia hidrográfica, sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, é representada pela (Equação 3).

Em que D<sub>r</sub> representa a densidade hidrográfica (canais/km<sup>2</sup>), N está ligado ao número de rios ou cursos de água e A representa a área da microbacia em km<sup>2</sup>. Christofolletti (1969) sugere que aplique N como o número de canais de primeira ordem de acordo com a classificação de Strahler (1952), indicando de que isso representa um resultado mais realista sobre o comportamento da hidrologia da bacia.

Lollo (1995) cita uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores, como demonstrado pela (Tabela 2).

$$Dr = \frac{N}{A} \tag{3}$$

Tabela 2 – Classificação de densidade hidrográfica ( $D_h$ ) de bacias.

$D_h$ (Canais de 1ª ordem/km <sup>2</sup> )	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995).

*Coefficiente de compacidade ( $K_c$ )* - Grandeza adimensional que varia conforme a forma da bacia e não depende do seu tamanho, aumenta de acordo com a irregularidade da bacia. Um coeficiente mínimo, igual a uma unidade (1), corresponderia a uma bacia circular; para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior a 1, segundo Villela e Mattos (1975), calculado pela (Equação 4). Onde  $K_c$  representa o coeficiente de compacidade,  $P$  é o perímetro da bacia em km e  $A$  é a área da bacia em km<sup>2</sup>.  $K_c$  tem sua classificação definida de acordo com a (Tabela 3).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (4)$$

Tabela 3 – Classificação do coeficiente de compacidade ( $K_c$ ).

$K_c$	Denominação
1,00 – 1,25	Alta propensão a grandes enchentes
1,25 – 1,50	Tendência mediana a grandes enchentes
>=1,50	Não sujeita a grandes enchentes

Fonte: Villela e Matos (1975).

*Índice de Circularidade ( $I_c$ )* - Grandeza adimensional, se aproxima de 1 quando a bacia se assemelha a um círculo e diminui à medida que a forma se torna alongada, o cálculo é dado pela (Equação 5). Em que,  $I_c$  é o índice de circularidade,  $A$  é a área da bacia em km<sup>2</sup> e  $P$  é o perímetro da bacia em km.

$$I_c = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (5)$$

*Fator de forma ( $F$ )* – Está ligado a forma da bacia comparada à de um retângulo, sendo definida como a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (do exutório ao ponto mais distante do canal principal), podendo ser calculado através da (Equação 6). Onde  $F$  (valor adimensional) é o fator de forma,  $A$  é a área da bacia em km<sup>2</sup> e  $L$  é o comprimento axial da bacia em km, classificado de acordo com a (Tabela 4).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (6)$$

Tabela 4 – Classificação do fator de forma (F).

<i>F</i>	<i>Denominação</i>
1,00 – 0,75	Alta propensão a grandes enchentes
0,75 – 0,50	Tendência mediana a grandes enchentes
<0,50	Não sujeita a grandes enchentes

### 2.5 Características de relevo

*Índice de sinuosidade (I<sub>s</sub>)* – Valor adimensional que mede a relação entre a distância (em km) do exutório até a nascente mais distante, formada pela (Equação 7), em que I<sub>s</sub> representa o Índice de sinuosidade, L<sub>d</sub> é o comprimento do canal principal em km e E<sub>v</sub> é o equivalente vetorial medido em linha reta (km), segundo Christofolletti (1980), o índice de sinuosidade é distribuído por classes (Tabela 5).

$$I_s = \frac{100(L_d - E_v)}{L_d} \tag{7}$$

Tabela 5 – Classificação do índice de sinuosidade (I<sub>s</sub>).

<i>Classe</i>	<i>Descrição</i>	<i>Limites</i>
I	Muito reto	< 20%
II	Reto	20 – 29%
III	Divergente	30 – 39,9%
IV	Sinuoso	40 – 49,9%
V	Muito sinuoso	> 50%

Fonte: Christofolletti (1980).

### 2.6 Obtenção dos dados

Para confecção dos mapas e extração dos dados foi utilizado modelo digital de elevação (MDE) proveniente da Missão de Topografia Radar Shuttle (SRTM), disponível de forma gratuita na plataforma TOPODATA, fornecendo uma resolução espacial de 30 metros. Os arquivos de limites territoriais e solos foram obtidos da base de dados do IBGE, enquanto os arquivos da rede de drenagem foram retirados da plataforma disponibilizada pela SUDENE.

### 3. Resultados e discussão

Usando o software gratuito, QGIS é possível fazer a delimitação das microbacias geradas de forma automática, resultando na divisão do território em 9 unidades. Isso demonstra que com o uso das geotecnologias é possível realizar a divisão de um determinado território em microbacias, facilitando e tornando mais eficiente a gestão do mesmo.

É de grande importância destacar que a imagem SRTM utilizada neste estudo possuía uma resolução espacial de 30 metros, ainda assim proporcionando um resultado satisfatório. No trabalho de (Sabino et al. 2017), intitulado de “Delimitação de pequenas microbacias hidrográficas a partir de um ponto de exutório específico (*pour point*) utilizando dados SRTM” a delimitação de microbacias foi realizada de forma automática, utilizando de uma imagem com a resolução espacial semelhante à desse estudo, porém utilizando outro software, obtendo resultados igualmente satisfatórios.

A divisão em microbacias visa organizar e delimitar áreas com base em suas características específicas (SILVA, 1994). Essa abordagem se mostra uma forma eficiente de gestão de recursos hídricos, especialmente quando comparada aos

conceitos mais amplos de bacias e sub-bacias (CAVALHEIRO e VENDRUSCOLO, 2019).

Permitindo de forma mais concisa e isolada a avaliação dos impactos causados pelas ações humanas (TAMBOSI, et al. 2015). O resultado obtido evidencia como o uso de geotecnologias pode viabilizar a confecção de um plano de ação para a gestão de recursos hídricos.

Isso é possível pela capacidade do geoprocessamento de gerar uma série de informações e a possibilidade da criação de banco de dados, resultando em um zoneamento preciso que leva em conta as características e necessidades reais de uma área específica (CAVALLARI et al., 2007).

### 3.1 Caracterização morfométrica

Na (Tabela 6) estão ilustradas as informações necessárias para uma melhor interpretação dos parâmetros da bacia. MBH refere-se a microbacia hidrográfica, e cada linha apresenta um parâmetro diferente de identificação. Como mencionado anteriormente, no município em estudo foram identificadas 9 MBH. Essas MBH exibem valores bastante distintos; por exemplo, a MBH 8 possui a maior área, enquanto a MBH 6 apresenta a menor área, sendo 7,09 km<sup>2</sup> e 1,30 km<sup>2</sup>, respectivamente (Tabela 6). De forma semelhante, os resultados para o perímetro seguem essa tendência, com as MBH 8 e 6 tendo os maiores e menores valores, respectivamente.

Tabela 6 – Valores obtidos pela caracterização morfométrica das microbacias.

PARÂMETROS	MBH 1	MBH 2	MBH 3	MBH 4	MBH 5	MBH 6	MBH 7	MBH 8	MBH 9
A - (km <sup>2</sup> )	2,99	2,11	6,83	1,65	1,57	1,30	5,19	7,09	2,93
P - (km)	8,65	7,14	13,33	6,36	5,61	5,03	11,66	14,64	9,95
L - (km)	3,25	2,78	5,29	1,68	1,28	1,71	3,35	5,19	3,44
Lt - (km)	3,49	3,06	6,19	1,86	1,41	1,98	3,56	6,11	3,96
Ld - (km)	4,00	3,00	10,00	3,00	3,00	2,00	9,00	11,00	5,00
N (Or)	2	1	2	2	3	2	3	2	2
Dh (canais/km <sup>2</sup> )	0,67	0,47	0,29	1,21	1,91	1,53	0,57	0,28	0,68
Dd - (km/km <sup>2</sup> )	1,45	1,30	1,52	187	1,84	1,91	1,75	1,60	1,57
IC (Ke)-	0,50	0,52	0,48	0,51	0,63	0,64	0,48	0,42	0,37
Is (SIN)-	1,07	-----	1,17	1,11	1,10	1,16	1,06	1,18	1,15
Kc -	1,40	1,37	1,43	1,39	1,25	1,24	1,43	1,54	1,63
F -	0,28	0,27	0,24	0,58	0,95	0,44	0,46	0,26	0,24
Ct - (n/km <sup>2</sup> )	2,01	0,47	1,17	3,63	4,46	2,32	2,50	2,40	2,19

Fonte: Autor (2024).

A média do Índice de Circularidade (IC) foi de 0,51. Esse índice indica que quanto mais próximo de 1,00, mais circular é a forma da microbacia; quanto mais distante de 1,00, mais alongada ela será (BORSATO, 2005). O valor encontrado sugere que a propensão a enchentes é de média a alta (Tabela 4), já que, em geral, as microbacias apresentaram uma forma mais circular, ao contrário das que têm uma forma alongada.

Em relação ao Coeficiente de compacidade (Kc), apresentou uma média de 1,41 (Tabela 6) e seguindo a tabela 3, isso classifica o território, em geral, como sujeito a enchentes médias e grandes. No entanto, é importante destacar as MBH 8 e 9, que apresentam uma alta propensão a grandes enchentes. Segundo Villela e Mattos (1975), quanto mais próximo de 1,0, mais circular é a microbacia, tornando-a mais

suscetível a enchentes. Isso está em linha com os resultados de Azevedo (2017), que classificou uma sub-bacia com formato irregular e valor de 2,45, indicando baixa propensão a enchentes.

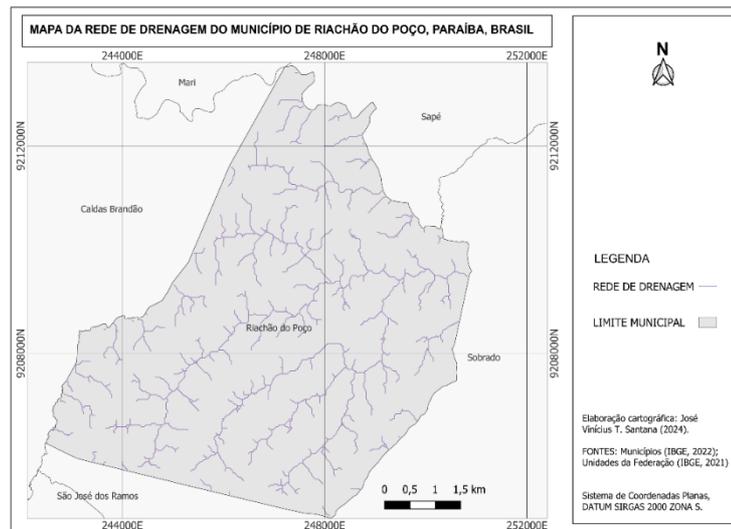
O Fator de Forma é outro parâmetro que complementa o IC e o Kc, representando a relação entre a área da bacia e seu comprimento axial. Ele também compara a forma da bacia com um retângulo para indicar a propensão a enchentes (GOMES, 2016). Para as microbacias de Riachão do Poço-PB, a média foi de 0,41, sugerindo que, de modo geral, não estão sujeitas a grandes enchentes (Tabela 4). Estudos de Azevedo (2017), Costa Jr. (2018) e Gomes (2016) relataram valores de Kf de 0,25, 0,18 e 0,24, respectivamente, mostrando resultados semelhantes. Individualmente, a MBH 5 apresentou alta propensão a enchentes, com um valor próximo a 1,0 (Tabela 6).

O Coeficiente de torrencialidade (Ct) oferece uma ideia diferentemente dos outros parâmetros que forneceram uma ideia sobre a propensão das microbacias a ocorrência de inundação. Enquanto as enchentes são caracterizadas pela elevação do nível da água em corpos d'água devido ao aumento da vazão, as inundações ocorrem quando a água transborda para as áreas marginais (PEITER, 2012). Nesse trabalho a média obtida foi de 2.36, um valor relativamente baixo, indicando uma suscetibilidade moderada a inundações, visto que Gomes (2016), relatou em seu trabalho um valor de 1,07 considerando assim uma baixa probabilidade de inundações.

### 3.2 Características hidrográficas

Usando o geoprocessamento foi viável a geração da rede de drenagem (Figura 3) atribuída as MBH aqui delimitadas de forma automática. De modo geral a média de densidade hidrográfica das MBH foi de 0,85 canais/km<sup>2</sup>, sendo considerada baixa (Tabela 2). A importância desse parâmetro é atribuída a capacidade da rede de drenagem de uma bacia em gerar novos corpos hídricos (Rocha et al. 2014).

Figura 3 – Rede de drenagem extraída do MDE com resolução espacial de 30m.



Fonte: Autor (2024), Adaptado IBGE (2022).

De acordo com Lana et al. (2001), quando o valor é superior a 2,0 canais/km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica possui capacidade para gerar novos canais. porém quando analisamos a tabela 6 olhando de forma isolada nenhuma MBH alcança esse valor. Esse resultado é semelhante ao observado por Guimarães et al. (2018), que

encontraram um valor de 1,123 canais/km<sup>2</sup>, indicando uma baixa capacidade de geração de novos canais em suas bacias hidrográficas. Já Andrade e Machado (2018) encontraram um valor um pouco acima desse de 3 canais/km<sup>2</sup> de média para suas microbacias, e quando analisadas individualmente, a maioria apresentou valores que atendem ao necessário para a formação de novos canais.

A densidade de drenagem apresentou uma média de 1,64 km/km<sup>2</sup> (Tabela 6), sendo classificada como boa (Tabela 1). Mesmo ao analisar de forma isolada, todas as microbacias hidrográficas (MBH) também foram classificadas como boas. Esse parâmetro está associado à capacidade de desenvolvimento da rede de drenagem, fornecendo informações sobre a eficiência das MBH (ANDRADE e MACHADO, 2018). A formação geológica e o tipo de solo influenciam esse parâmetro, uma vez que áreas com alta impermeabilidade são mais propensas à formação de canais, resultando em uma maior densidade de drenagem (SANTOS et al., 2012).

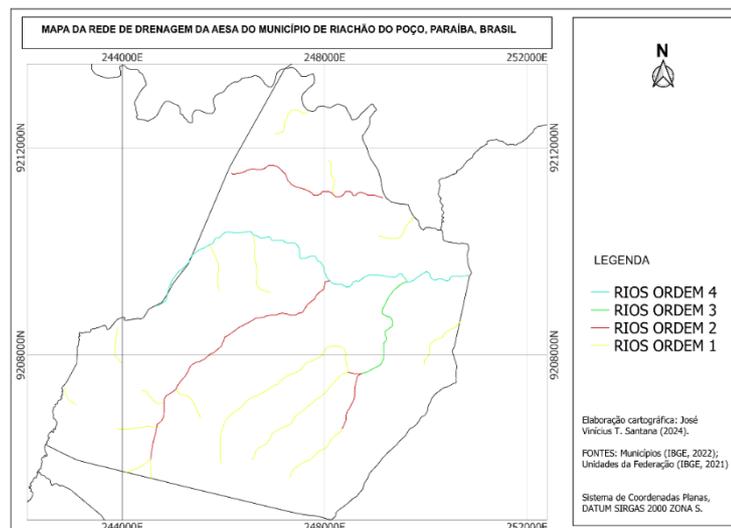
A área de estudo revelou uma média de índice de sinuosidade de 1,12%, classificando-a, conforme a Tabela 5, como "muito reta". Esse índice está diretamente relacionado com a facilidade de escoamento do corpo d'água, indicando que a trajetória do fluxo apresenta poucas interferências ao longo do seu percurso. Como resultado, a rede de drenagem das Microbacias Hidrográficas (MBH) demonstra uma trajetória relativamente livre de obstáculos, o que influencia positivamente a velocidade de escoamento e o tempo de concentração (GOMES, 2016)

### 3.3 Obtenção da rede de drenagem

Para destacar a importância das geotecnologias no gerenciamento de recursos hídricos, foram utilizadas duas abordagens para obter a rede de drenagem: uma usando a rede já existente da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) e outra gerada com o software QGIS. Para a rede gerada no QGIS, foram usados Modelos Digitais de Elevação (MDE) com resolução de 30 metros por pixel. A comparação entre essas redes ajuda a avaliar a precisão e eficiência de cada método.

Em contraste, a rede de drenagem da AESA mostrada na (Figura 4) possui densidade de drenagem menor do que a encontrada neste estudo.

Figura 4 - Rede de drenagem fornecida pela AESA.



Fonte: Autor (2024), Adaptado de AESA (2022), IBGE (2022).

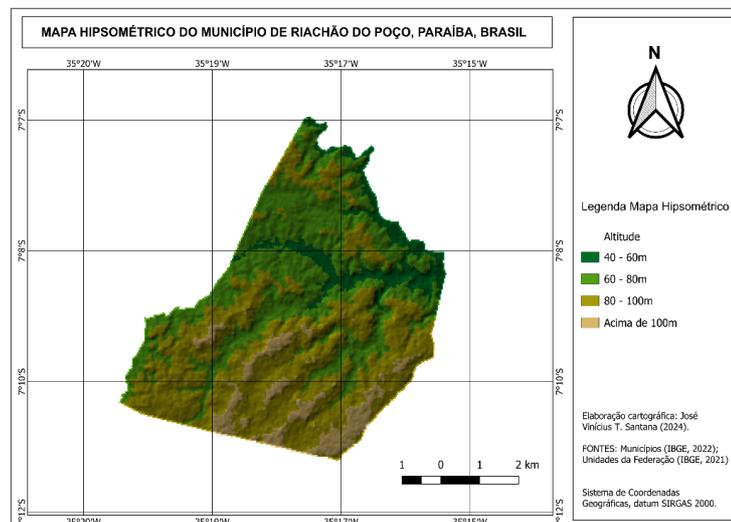
Isso pode ocorrer porque redes de drenagem obtidas por métodos digitais nem sempre refletem com precisão as variações topográficas reais, devido às limitações do sensor utilizado, como interferências de nuvens, vegetação densa e áreas planas (SARAIVA, 2013).

Apesar das diferenças entre a redes de drenagem obtida automaticamente e a rede existentes o uso desses métodos ainda é útil para planejar a gestão dos recursos hídricos, especialmente em municípios onde não há políticas públicas para a gestão de bacias hidrográficas. Paz e Collischonn (2008), destacam a importância da resolução espacial das imagens e da qualidade dos dados, mas afirmam que o uso do geoprocessamento para extrair dados de drenagem e características de microbacias é válido, principalmente porque as imagens podem ser adquiridas gratuitamente, facilitando o processo.

### 3.4 Hipsometria e declividade

A elevação da área de estudo varia entre 40 m e 100 m (Figura 5). Com o uso do QGIS e seus algoritmos, é possível calcular a área correspondente a cada classe de elevação definida neste estudo. Observa-se que a maior parte da área se encontra entre 60 m e 80 m de altitude. Conhecer essa informação é especialmente útil para atividades agrícolas e para a gestão de distribuição e uso de canais de água. Conforme Tonello et al. (2006), a altitude influencia a incidência de radiação em uma bacia hidrográfica, afetando a taxa de evapotranspiração, temperatura e precipitação, parâmetros que podem impactar as chuvas na região (AGEITEC).

Figura 5 – Mapa hipsométrico do município de Riachão do Poço-PB.

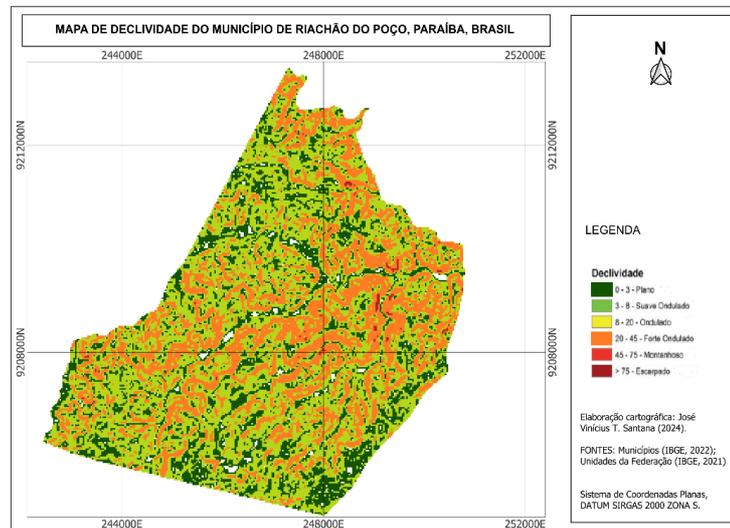


Fonte: Autor (2024), Adaptado IBGE (2022).

Em relação à declividade (Figura 6) da área de estudo, foi possível obter dados semelhantes aos da hipsometria, utilizando a classificação de declividade da EMBRAPA (1979) para determinar a área e a porcentagem de cada classe. De acordo com Cardoso et al. (2006), um aumento na declividade resulta em maior escoamento superficial e menor infiltração de água no solo. Com base nisso, a declividade da área de estudo pode ser classificada como intermediária, uma vez que a segunda classe mais representativa é a de suave ondulado. Outro aspecto importante sobre esse parâmetro na administração de microbacias é que o conhecimento do relevo de uma área específica é fundamental para o planejamento do uso do solo. Isso ajuda a

reduzir a degradação do solo por erosão, em conformidade com a Lei 12.651, conhecida como o novo Código Florestal Brasileiro (AZEVEDO, 2017).

Figura 6 – Mapa de declividade do município de Riachão do Poço-PB.



Fonte: Autor (2024), Adaptado TOPODATA (2024).

#### 4. Conclusão

As ferramentas utilizadas neste trabalho demonstraram como excelente alternativa para auxiliar na gestão de recursos hídricos em nível municipal. Permitindo ter uma variedade de informações que podem ser utilizadas para desenvolver estratégias de uso e conservação do solo e da água. Tanto a delimitação automática de microbacias quanto a definição da rede de drenagem mostraram-se eficazes, facilitando a identificação das características morfométricas e auxiliando em estudos ou na formulação de políticas públicas para o uso sustentável da água.

As microbacias delimitadas no território de Riachão do Poço-PB têm, em sua maioria, uma forma mais circular, o que as torna mais propensas a enchentes. No entanto, o município possui uma boa densidade de drenagem e rede hidrográfica, favorecendo o desenvolvimento de cursos d'água. Isso é resultado de diversos fatores, como o relevo e a composição do solo.

A rede de drenagem gerada a partir do MDE, gerou uma densidade significativa em relação a rede de drenagem existente, essa informação é útil para o conhecimento dos recursos hídricos de uma determinada área.

## Referências

- AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2017-07-20&produto=municipio&periodo=anual>>. Acesso em: 23 mai. 2022.
- AGEITEC. Arvore do Conhecimento - Solos Tropicais. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, L. A.; MACHADO, C. C. C. Diagnóstico geoambiental integrado do município de areia – paraíba, como subsídio para o planejamento e gestão ambiental: **Caracterização Hidrológica e Morfométrica das Microbacias dos Rios Mamanguape e Araçagi Inseridas no Município de Areia-PB**. Areia. 2018.
- AZEVEDO, A. L. **Obtenção de variáveis morfométricas da Sub-bacia do Açude Esguicho, PB/RN, com emprego de geotecnologias**. 2017. 45p. TCC (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.
- BORSATO, F. H. **Caracterização Física Das Bacias De Drenagem Do Município De Maringá E Os Postos De Combustíveis Como Potenciais Poluidores**. 2005. Dissertação (Mestre em Geografia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2005.
- 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.
- CASTRO, E. J. M.; MACEDO, A. O.; SILVA, A. L. R.; TALHARI, T. F.; BEZERRA, D. S.; BRITO, F. S. Uso de geotecnologias para gestão de recursos naturais: caso do macrozoneamento ecológico econômico do maranhão. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 30, n. 1, p. 49, 2018.
- CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Importância de estudos em bacias hidrográficas para o manejo sustentável dos recursos hídricos em Rondônia/Importancia de los estudios en cuencas hidrográficas para el manejo sustentable de los recursos hídricos en Rondônia/Importance of studies in hydrographic basins for the sustainable management of water resources in Rondônia. **Revista Geográfica Venezolana**, n. SI, p. 256-265, 2019.
- CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, p. 7, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacias de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 36, p. 130-142, 1978.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 313, 1980.

COSTA FILHO, J. F., FRANCISCO, P. R. M., ANDRADE, M. V., SILVA, L., DANTAS, L. M. Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na Microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-21. **Congresso Brasileiro de agrometeorologia**, Aracaju, SE, Brasil, v. 5, 2007.

COSTA JÚNIOR, J. S. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica situada no município de Silves, AM**. 2018. 44p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Amazonas, Itacoatiara –AM, 2018.

COUTO, O. F. V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Súmula da 10. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. p. 83.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da subbacia hidrográfica do córrego Horizonte Alegre, ES. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 181–188, 2013.

GOMES, F. A. L. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio farinhas-pb através de dados SRTM**. 2016. 54p. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

GUIMARÃES, H. S.; et al. **Aplicação do SIG na Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Semiárido Brasileiro**. In: FRANCISCO, P. R. M.; SÁ, T. F. F.; BRAGA JÚNIOR, J. M. Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação. Campina Grande: Epgraf, v. 3, p. 88-98, 2018.

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.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal Digital 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/riachao-do-poco/panorama>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TOPODATA 2024: Modelo Digital de Elevação**. São José dos Campos, 2024. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

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. 121126, 2001.

LIMA, S. S. Levantamento de drenagem e de feições estruturais lineares através de técnicas de geoprocessamento na microrregião de Boquim, Sergipe. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 81908-81922, 2020.

LOLLO, J. A. O. **Uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

NOVAES, L. F.; AMARAL, L. G. H.; TERRA, A. A. Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente. In: **congresso nacional de irrigação e drenagem**, 14., 2004, Porto Alegre. Anais XIV CONIRD. 2004.

PADILHA, D. G. et al. Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS. 2008. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. Derivação de rede de drenagem a partir de dados do SRTM. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 84-95, 2008.

PEITER, C. M. **Desastres naturais: enchentes e inundações e o papel do Estado e da sociedade na gestão de segurança pública**. 2012. 176p. Dissertação (Mestrado em ciência jurídica) – Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina, 2012.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; ALMEIDA, C. A. P. D.; MENEZES NETO, E. L.; NETTO, A. D. O. A. Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 276-287, 2014.

SABINO, F. M.; SILVA, C. R.; PAULA S. F. L.; Avaliação da acurácia posicional de redes de drenagem obtidas a partir de modelos SRTM e ASTER com o uso dos softwares ARCGIS e QGIS. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/7, p. 1287-1301, 2017.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SARAIVA, A. G. S. **Avaliação de erros e de efeitos de escala para a rede de drenagem determinada do Modelo Digital de Elevação (MDE) do SRTM**. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SILVA, C. A. Manejo integrado em microbacias hidrográficas. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 2, n. 1, p. 91-104, 1994.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAUJO, G. M. C. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.

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

TAMBOSI, L.; VIDAL, M. M., FERAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

TONELLO, K. C.; DIAS, C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia Hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões –MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TUGOZ, J.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

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