

**TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO DA VAZÃO E DA PRECIPITAÇÃO  
PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE VALENÇA – BA**

TENDENCY AND CORRELATION OF FLOW AND OF RAINFALL IN THE  
MUNICIPALITY OF VALENÇA – BA

TENDENCIA Y CORRELACIÓN DE LO FLUJO Y DE LA PRECIPITACIÓN EN EL  
MUNICIPIO DE VALENÇA – BA

**Andréa Marina Rosário Eichenberger<sup>1</sup>**

**Tailan Santos de Souza<sup>2</sup>**

**Patrícia dos Santos Nascimento<sup>3</sup>**

**Resumo:** O conhecimento da vazão de um corpo d'água é extremamente relevante na elaboração de planos de recursos hídricos sustentáveis, no controle de enchentes, na liberação de outorgas e na solução de conflitos pertinentes, ações de destaque nos casos de escassez de água. Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica da vazão em Valença-BA, um município litorâneo que fica a 123 km da capital Salvador, através da determinação das vazões de referência e da correlação com a precipitação pluviométrica. As vazões de referência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram calculadas a partir da curva de permanência para os dados diários de vazão entre os anos de 2010 e 2018, enquanto a vazão mínima  $Q_{7,10}$  foi calculada pela distribuição de Gumbel. Os dados de vazão foram confrontados com os dados de precipitação por meio de regressão linear, obtendo-se o índice de correlação de Pearson, de fluvio e pluviogramas, que indicam a dinâmica desse fenômeno e do teste de tendência de Mann-Kendall, para o nível de significância de 5 %. As vazões de referência foram 2,38 m<sup>3</sup>/s, 1,48 m<sup>3</sup>/s e 0,16 m<sup>3</sup>/s para  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ , respectivamente. O coeficiente de Pearson e o teste de Mann-Kendall indicaram uma baixa correlação entre os dados de vazão e precipitação. O regime fluvial do município está alinhado com o aumento da vazão após o aumento da precipitação pluviométrica, com um notável retardo, geralmente no primeiro mês de elevação dos índices pluviométricos.

**Palavras-chave:** Permanência; Vazão de Referência; Coeficiente de Pearson; Mann-Kendall.

**Abstract:** The knowledge of the flow of a water body is extremely relevant in the elaboration of sustainable water resources plans, in the control of floods, in the release of water grants and

---

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana/BA. E-mail: [marina.eichenberger@gmail.com](mailto:marina.eichenberger@gmail.com). Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1447614756864409>. Orcid iD: <http://orcid.org/0000-0002-1861-4196>.

<sup>2</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana/BA. E-mail: [tailan\\_santoss@hotmail.com](mailto:tailan_santoss@hotmail.com). Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3616660572883300>. Orcid iD: <http://orcid.org/0000-0002-3536-8740>.

<sup>3</sup>Doutora em Agronomia. Professora Adjunta da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana/BA. Email: [psnascimento@uefs.br](mailto:psnascimento@uefs.br). Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/8251852880455511>. Orcid iD: <http://orcid.org/0000-0002-5051-9981>.

in the solution of pertinent conflicts, outstanding actions in the cases of water scarcity. Based on this, the present work had the objective of analyzing the flow dynamics in Valença-BA, a seaside county that is 123 km from the capital Salvador, through of determining the reference flows and the correlation with the rainfall. The reference flows  $Q_{90}$  and  $Q_{95}$  were calculated from the permanence curve for the daily flow data between the years 2010 and 2018, while the minimum flow  $Q_{7,10}$  was calculated by the Gumbel distribution. The flow data were confronted with the precipitation data through linear regression, obtaining the Pearson correlation index, of fluvio and pluviograms, which indicate the dynamics of this phenomena and of the Mann-Kendall trend test, for the level of significance of 5 %. The reference flow rates were 2.38 m<sup>3</sup>/s, 1.48 m<sup>3</sup>/s and 0.16 m<sup>3</sup>/s for  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  and  $Q_{7,10}$ , respectively. The Pearson coefficient and the Mann-Kendall test indicated a low correlation between flow and precipitation data. The river regime of the municipality is aligned with the increase in flow following the increase in rainfall, with a notable delay, usually in the first month of increase in rainfall.

**Keywords:** Permanence; Reference Flow; Pearson's Coefficient; Mann-Kendall.

**Resumen:** El conocimiento del flujo de un cuerpo de agua es extremadamente relevante en la elaboración de planes de los recursos hídricos sostenibles, en el control de inundaciones, en la liberación de subvenciones y en la solución de conflictos pertinentes, acciones pendientes en casos de escasez de agua. En base a esto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la dinámica del flujo en Valença-BA, uno municipio costero que se encuentra a 123 km de la capital Salvador, mediante la determinación de los flujos de referencia y de la correlación con la precipitación. Los flujos de referencia  $Q_{90}$  y  $Q_{95}$  se calcularon a partir de la curva de permanencia para los datos de flujo diario entre los años 2010 y 2018, mientras que el flujo mínimo  $Q_{7,10}$  se calculó a través de la distribución de Gumbel. Los datos de flujo se compararon con los datos de precipitación mediante regresión lineal, obteniendo el índice de correlación de Pearson, fluvio y pluviogramas, que indican la dinámica de este fenómeno y la prueba de tendencia de Mann-Kendall, para nivel de significancia del 5 %. Los flujos de referencia fueron 2,38 m<sup>3</sup>/s, 1,48 m<sup>3</sup>/s y 0,16 m<sup>3</sup>/s para  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  y  $Q_{7,10}$ , respectivamente. El coeficiente de Pearson y la prueba de Mann-Kendall indicaron una baja correlación entre los datos de flujo y precipitación. El régimen fluvial del municipio está en línea con el aumento del flujo después del aumento de las precipitaciones, con un retraso notable, generalmente en el primer mes del aumento de las precipitaciones.

**Palabras clave:** Permanencia; Flujo de Referencia; Coeficiente de Pearson; Mann-Kendall.

## Introdução

A água é um recurso natural, finito e de indispensável utilização em diversos setores da sociedade, seja no abastecimento humano, agricultura ou indústria. O crescimento populacional associado ao uso de forma irresponsável tem colaborado de forma significativa para sua escassez e inviabilidade de consumo. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), através do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2019), mais de 2 bilhões de pessoas vivenciam um alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. Esses números tendem a crescer à medida em que a demanda por água aumenta e os efeitos das

mudanças climáticas se intensificam.

Esse cenário acaba por impulsionar o processo de gestão dos recursos hídricos, que tem por objetivo alinhar as demandas econômicas, sociais e ambientais em níveis sustentáveis a fim de mediar os conflitos dos usos atuais e assegurar os usos futuros da água (SILVA, 2004).

Segundo Ribeiro, Marques e Silva (2005), o conhecimento da disponibilidade hídrica é parte fundamental dos estudos hidrológicos. Dessa forma, existem diversas ferramentas que facilitam e auxiliam seu gerenciamento, como as vazões de permanência  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e a vazão ecológica  $Q_{7,10}$ , utilizadas para avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para a alocação de cargas poluidoras e para a concessão de outorgas de captação e de lançamento (VON SPERLING, 2007).

Métodos estatísticos também são amplamente utilizados nesses estudos e, quando associados com análises de tendência, possibilitam a avaliação de longas séries de dados, sendo úteis para o acompanhamento e previsão da evolução de alguns fatores hidrológicos (TRINDADE et al., 2017).

A observação através de gráficos de dispersão possibilita a avaliação da relação entre os dados de estudo, como vazão e precipitação (MACIEL, 2017). É um mecanismo que disponibiliza a equação de regressão e o coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), aferindo-se assim o grau de aproximação entre as variáveis em uma escala de 0 a 1, sendo o limite inferior classificatório como baixa a relação e o superior como alta (TIBONI, 2010).

Destaca-se também a análise de tendência aplicada em dados climáticos, que tem como objetivo avaliar as alterações suaves do clima, verificando-se os acréscimos ou decréscimos nos valores médios das variáveis analisadas (RIBEIRO et al., 2014). O método não paramétrico de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Mann (1945) e Kendall (1975), tem sido amplamente utilizado na análise de tendência da variabilidade de séries temporais meteorológicas (LUIZ; CARDOSO; RIBEIRO, 2012).

Portanto, o presente trabalho consistiu em realizar uma análise na dinâmica da vazão no município de Valença, na Bahia, através da determinação das vazões de referência e da correlação com a precipitação pluviométrica.

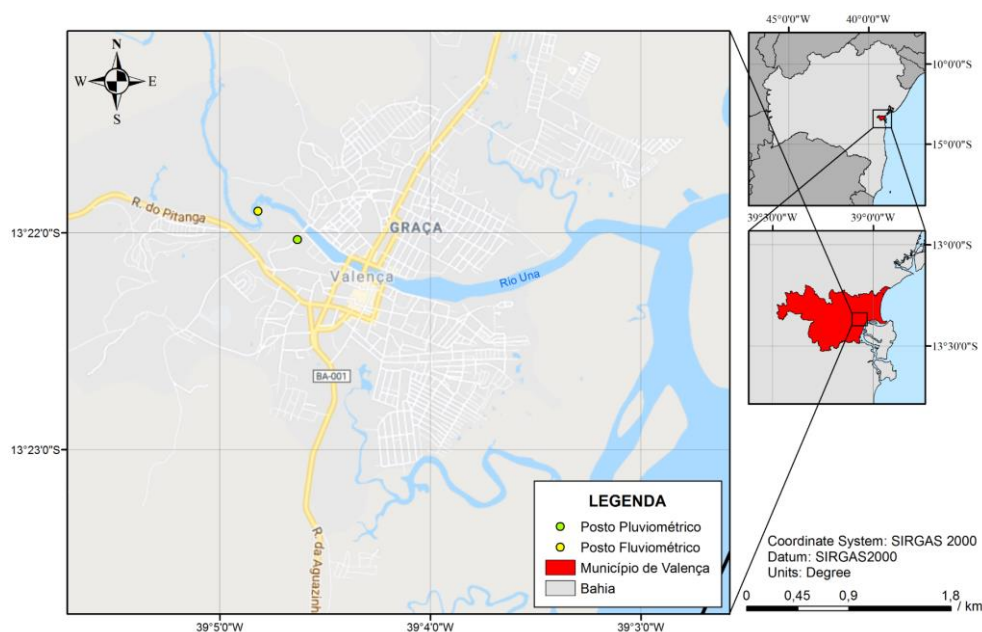
## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

Valença é um município localizado no litoral da Bahia, com coordenadas 13° 22' 13" S e 39° 04' 23" O, tem uma população estimada de 95858 habitantes para o ano de 2018, segundo

o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fato que deixa o município entre os 20 mais populosos do estado (IBGE, 2019). Valença possui uma área de 1124,3 km<sup>2</sup> e está inserida na bacia hidrográfica do Recôncavo Sul, sendo limitada a norte e oeste pelo rio de maior expressão física do estado, o Paraguaçu. A sul e oeste limita-se com o Rio de Contas, e a leste com o Oceano Atlântico. No que diz respeito à vegetação, a costa possui uma extensa área de restinga, sendo que o entorno imediato aos rios é composto por áreas de mangue e o restante da área é constituído por uma parte significativa do que resta da Mata Atlântica (CUNHA, 2010). Souza e Nascimento (2020) confirmaram que esse município apresenta a maior pluviosidade dentro da sua bacia hidrográfica, com uma precipitação média anual de 2053 mm entre 1985 e 2010, acima dos 1000 mm indicados para Valença, conforme Martins et al. (2004). A Figura 1 apresenta a localização geográfica do município de Valença e dos postos onde os dados foram coletados.

**Figura 1** - Localização do município de Valença e dos postos de coleta utilizados.



**Fonte:** ANA (2019). Organizado pelos Autores (2020).

O relevo é composto por planícies marinhas e fluvio-marinhas, tabuleiros costeiros, pré-litorâneos e interioranos. As deposições aluvionares e os sedimentos costeiros que estão relacionados com o afogamento do litoral, associados à altitude média inferior a 20 m e ao clima quente e úmido, condicionam a existência da vegetação de manguezal (MARTINS et al., 2004). No aspecto econômico, Valença é o maior município turístico do trecho litorâneo conhecido

como Costa do Dendê, tendo como principais atrativos as praias paradisíacas, como as de Guaibim e as do povoado de Morro de São Paulo (CUNHA, 2010).

### **Dados**

Quando o estudo hidrológico é voltado para dados de vazão, Tucci (2001) indica que são necessárias séries históricas consistentes de, no mínimo, 5 anos. Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos através do portal “HidroWeb” da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019) e tratam das séries históricas diárias para precipitação e vazão no município de Valença, entre os anos de 2010 e 2018. Os postos de coleta de dados são monitorados pela ANA e o posto fluviométrico está instalado no curso d’água do Rio Una, que divide a área da sede municipal.

A série histórica de precipitações coletada estava completa e dispensou qualquer metodologia para preenchimento de falhas. Todavia, a série histórica de vazões apresentou lacunas, que foram preenchidas através do método da krigagem, que começa com a verificação da existência da dependência espacial dos dados através da função do semivariograma e posteriormente estima a variável de interesse pela correlação dentro do intervalo temporal (LANDIM, 2000; DEUS et al., 2010; WANDERLEY; AMORIM; CARVALHO, 2012). Nesse caso, a série diária foi analisada com o auxílio do programa Surfer, versão 9, da “Golden Software, Inc.”, 2010, que executa a krigagem e retorna um mapa de interpolação temporal, indicando dias e meses do período de estudo. A partir desses mapas pode se extrair as vazões diárias faltantes da série histórica.

### **Curva de permanência**

A permanência de uma vazão é a probabilidade dela ser excedida em percentual temporal, ou seja, essa permanência mede a chance da vazão média diária de um rio ser maior ou igual a um determinado valor, num dado período de sua amostra. A curva de permanência, por sua vez, relaciona, no eixo das ordenadas, as vazões medidas em todo período avaliado e, no eixo das abscissas, a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada (CRUZ; TUCCI, 2008). A curva de permanência tem sido bastante utilizada na definição de critérios de outorga, ao ponto em que permite a avaliação das características da bacia em relação ao regime de vazões do rio (VERGARA et al., 2013).

Para uma análise visual, a série histórica de vazões do município de Valença foi apresentada em forma de fluviograma, que relaciona vazão e tempo decorrido. Foi também elaborada a curva de permanência para determinação das vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ ,

utilizando toda a série histórica dos dados, que compreende todas as medições diárias, de acordo com a metodologia descrita por Von Sperling (2007). A curva de permanência resultante é representada pelo gráfico que relaciona as probabilidades de excedência com as vazões.

Martins et al. (2011) indicam que, posteriormente, pode ser identificado o valor da vazão associada as probabilidades de 0,90 (90 %) e de 0,95 (95 %), que são as vazões  $Q_{90}$  (90 % das vazões são iguais ou superiores e 10 % são inferiores) e  $Q_{95}$  (95 % das vazões são iguais ou superiores e 5 % são inferiores).

### **Vazão ecológica ( $Q_{7,10}$ )**

A outorga de uso dos recursos hídricos é um processo que institui uma vazão limite de apropriação da água (vazão outorgável), que se baseia em uma vazão de referência, normalmente como um percentual da mesma. As vazões mínimas têm sido utilizadas como referência nos processos de outorga, e a vazão  $Q_{7,10}$  representa a menor vazão média de sete dias consecutivos para o período de retorno de 10 anos (VERGARA et al., 2013).

A  $Q_{7,10}$  é um parâmetro hidrológico muito importante em estudos de planejamento e gestão do uso dos recursos hídricos, uma vez que estima a disponibilidade hídrica dos escoamentos naturais da água (ALMEIDA et al., 2014). Essa vazão também pode ser considerada uma vazão mínima ecológica, que representa a quantidade necessária de água para manutenção do rio, conservando os ecossistemas aquáticos naturais (ROCHA et al., 2014).

Para se obter o valor da  $Q_{7,10}$ , inicialmente são calculadas as médias móveis para sete dias consecutivos ao longo de cada ano da série histórica. Desses valores, são extraídas as médias móveis mínimas de cada ano estudado, que devem ser organizadas em ordem crescente. A partir disso, a  $Q_{7,10}$  pode ser estimada através de alguma das funções de distribuição de probabilidades existentes na literatura (ROCHA et al., 2014). Para esse estudo foi escolhida a Distribuição de Gumbel, que estimou a vazão mínima de sete dias de duração com período de retorno de dez anos.

Na estimativa de  $Q_{7,10}$ , utiliza-se a média aritmética ( $x$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) da série anual de médias móveis mínimas. Esses valores são necessários para o cálculo de dois parâmetros da distribuição de probabilidades, um de escala ( $\alpha$ ) e outro de forma ( $\mu$ ) (SILVEIRA; MOURA; ANDRADE, 2006; BEZERRA et al., 2013). As Equações 1 e 2 descrevem como são obtidos os valores dos parâmetros de escala e forma, respectivamente.

$$\alpha = \frac{1,2826}{\sigma} \quad (1)$$

$$\mu = x + 0,45 \cdot \sigma \quad (2)$$

Considerando o Tempo de Retorno ( $TR$ ) igual a 10 anos, foi aplicada a Equação 3, que estima a variável hidrológica desejada ( $Q_{TR}$ ), através da Distribuição de Gumbel.

$$Q_{TR} = \left( \frac{\text{Ln} \left( -\text{Ln} \left( 1 - \frac{1}{TR} \right) \right)}{\alpha} \right) + \mu \quad (3)$$

### Relação entre precipitação e vazão

A organização dos dados fluviométricos e pluviométricos dentro de um mesmo intervalo de tempo, permite a aplicação de ferramentas estatísticas que correlacionam os comportamentos da vazão e da chuva para o município em busca de um padrão (DANTAS; SILVA, 2016). Nesse sentido, foi gerado um gráfico de escala mensal, indicando as médias da precipitação e da vazão para todo período de estudo, com o objetivo de se identificar a semelhança de variação entre estes dois fenômenos.

A ferramenta estatística para comparar os dados de vazão e precipitação foi o coeficiente de correlação de Pearson, que verifica a codependência entre os dois regimes, já que, segundo Schmidt e Mattos (2013), a vazão sofre influência direta da precipitação. O índice de correlação de Pearson ( $r$ ) está descrito pela Equação 4 e é obtido através do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), dado pela equação da reta que relaciona as duas variáveis descrita graficamente.

$$r = \sqrt{r^2} \quad (4)$$

Os valores dos índices de correlação foram interpretados conforme Asuero, Sayago e González (2006), evidenciado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Classificação dos valores do índice de correlação de Pearson ( $r$ ).

Índice de Correlação ( $r$ )	Classificação
0,0 a 0,29	Muito baixa
0,3 a 0,49	Baixa
0,5 a 0,69	Moderada
0,7 a 0,89	Alta
0,9 a 1,00	Muito Alta

Fonte: Asuero, Sayago e González (2006).

### Análise de tendência

Para verificação de tendência dos dados de precipitação e vazão do município de Valença, foi adotado o teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), que é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para avaliar se determinada série de dados possui ou não alguma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa (SALVIANO; GROppo; PELLEGRINO, 2016).

O teste de Mann-Kendall compara cada dado da série histórica com os valores restantes em ordem sequencial, onde será contado o número de vezes que esses valores são maiores do que o dado analisado. Para esse estudo, os dados testados foram os totais quinzenais de cada mês do ano, entre os anos de 2010 e 2018, sendo avaliada, então, a tendência mensal da vazão e da precipitação de cada mês. O cálculo inicial é da estatística  $S$ , que representa a soma de todas as contagens, conforme a Equação 5.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (5)$$

Nessa fórmula,  $x$  é a variável analisada,  $n$ , o comprimento da série,  $k$ , o número ordinal de um dado e  $j$ , o número ordinal dos dados consecutivos. Já  $\text{sgn}$  é a função sinal, definida pela Equação 6.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & \text{se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

A estatística  $S$  possui semelhança com uma distribuição normal de média nula e variância  $\text{Var}(S)$  (SALVIANO; GROppo; PELLEGRINO, 2016; MENEZES; FERNANDES, 2016). Essa variância pode ser calculada através da Equação 7.

$$\text{Var}(S) = \frac{[n \cdot (n - 1) \cdot (2n + 5)]}{18} \quad (7)$$

Segundo Menezes e Fernandes (2016), para valores pequenos de  $n$ , pode ser assumida



a distribuição normal com o valor da estatística  $Z$  dado pela Equação 8.

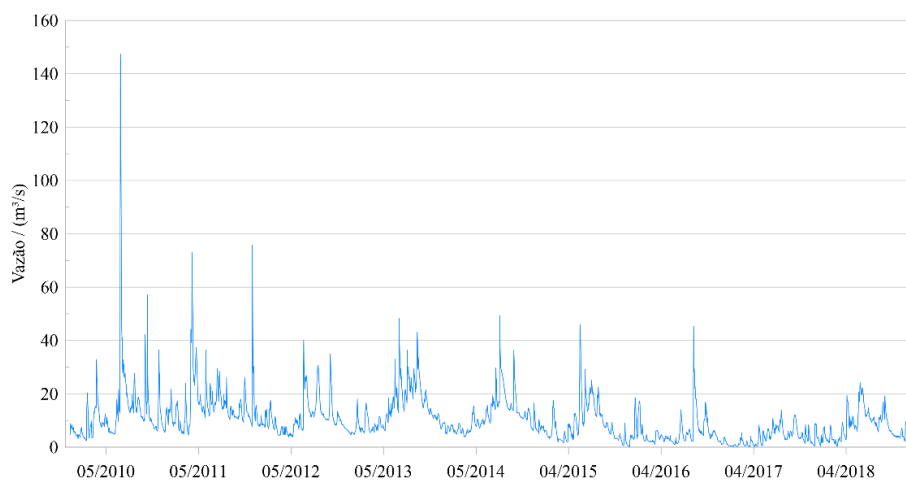
$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{Var}(S))^{\frac{1}{2}}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

A presença de tendências estatisticamente significantes depende do valor  $Z$ . Valores positivos indicam uma tendência crescente, enquanto os negativos, tendências decrescentes (FERREIRA; PENEREIRO; FONTOLAN, 2015). Foi adotado um nível de significância de 5 % e, a partir da tabela de distribuição normal, temos três situações distintas: a tendência de decrescimento é significativa se  $Z < -1,96$ ; a tendência de crescimento é significativa se  $Z > 1,96$ ; e não há tendência significativa para os demais valores de  $Z$  no intervalo de  $-1,96$  a  $1,96$ .

### Resultados e discussões

A série histórica diária das vazões entre os anos de 2010 a 2018 foi plotada na Figura 2. Nota-se visualmente o comportamento com tendência cíclica da distribuição diária, com alguns picos bastante expressivos ao longo da série histórica, como também foi observado por Schmidt e Mattos (2013). Foi possível verificar que houve uma brusca diminuição nos valores de vazão registrados a partir do ano de 2016, quando a linha do fluviograma tende a se aproximar mais do eixo das abcissas, que indica uma vazão mais próxima do valor nulo. Dantas e Silva (2016) também constataram essa diminuição com o passar do tempo a partir do fluviograma.

**Figura 2** - Fluviograma do município de Valença-BA no período de estudo.



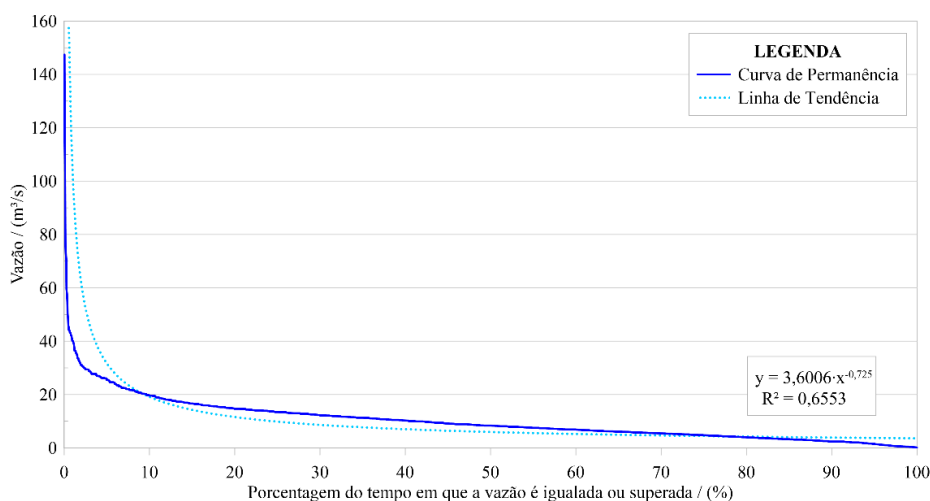
**Fonte:** Autores (2020).

A Figura 3 apresenta a curva de permanência do período em estudo, onde verificam-se valores de 2,38 m<sup>3</sup>/s e 1,48 m<sup>3</sup>/s para Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>, respectivamente. Infere-se assim que em 90 % do tempo têm-se uma vazão mínima de 2,38 m<sup>3</sup>/s e em 95 %, uma vazão mínima de 1,48 m<sup>3</sup>/s no corpo hídrico. Pinto (2016) encontra resultados semelhantes para suas respectivas vazões na região do Alto Rio das Velhas-MG, de regime hidrológico similar. Já Silva (2003) encontra vazões relativamente acima do dado evidenciado.

A relação expressa pela curva de permanência entre as vazões diárias e as frequências com que essas vazões foram superadas ou igualadas, foi ajustada pela curva de tendência. Essa curva estabeleceu uma relação analítica, por meio da equação de potência, entre as vazões diárias (y) e as frequências relativas (x).

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) da reta estabelecida foi de aproximadamente 0,66, que indica uma boa relação entre as variáveis. O coeficiente de Pearson de 0,81 indica, através da classificação apresentada na Tabela 1, uma alta correlação, resultado similar ao encontrado por Pinto (2006).

**Figura 3** - Curva de permanência da vazão diária de Valença-BA para todo o período de estudo, associada à linha de tendência determinada pela equação de potência e ao coeficiente de determinação.



**Fonte:** Autores (2020).

Após a aplicação dos ajustes da série histórica em médias de sete em sete dias, foram obtidos os menores valores de vazões para todos os anos de estudo, que estão descritos na Tabela 2. O Q<sub>7</sub> mínimo variou de 0,27 m<sup>3</sup>/s no ano de 2017 até 5,44 m<sup>3</sup>/s no ano de 2011,

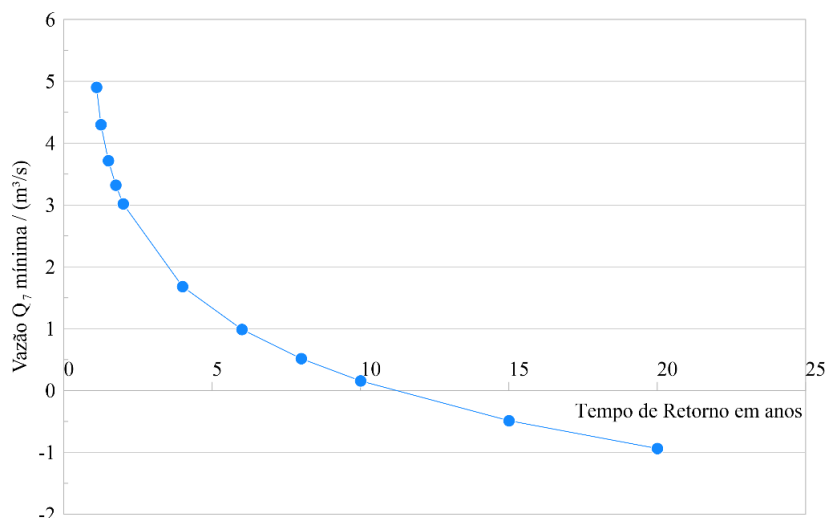
apresentando um valor médio, para o tempo de estudo, de aproximadamente 2,7 m<sup>3</sup>/s, com um desvio padrão de 1,95 m<sup>3</sup>/s.

**Tabela 2** - Valores das vazões mínimas Q<sub>7</sub> para a série de 9 anos.

Ano	Q <sub>7</sub> mínima / (m <sup>3</sup> /s)	Ano	Q <sub>7</sub> mínima / (m <sup>3</sup> /s)
2010	2,85	2015	0,38
2011	5,44	2016	1,14
2012	4,16	2017	0,27
2013	5,09	2018	0,9
2014	4,03		

**Fonte:** Autores (2020).

A partir da aplicação do teste de Gumbel, elaborou-se o gráfico da Figura 4, com valores de vazões em função do tempo de retorno. Para o tempo de retorno de 10 anos, a vazão mínima Q<sub>7,10</sub> obtida pelo método foi de aproximadamente 0,16 m<sup>3</sup>/s, que representa a vazão ecológica do Rio Una no município de Valença, sem a qual o rio não consegue se manter e conservar os ecossistemas aquáticos. Nota-se que essa vazão mínima é inferior a qualquer vazão Q<sub>7</sub> da série histórica, o que foi também observado por Bezerra et al. (2013). Alguns autores confirmam a tendência do método de Gumbel em apresentar vazões mínimas de referência mais baixas em relação a outros métodos de distribuição de frequências (BEZERRA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2014).

**Figura 4** - Vazão  $Q_7$  mínima versus TR pelo método estatístico de Gumbel.

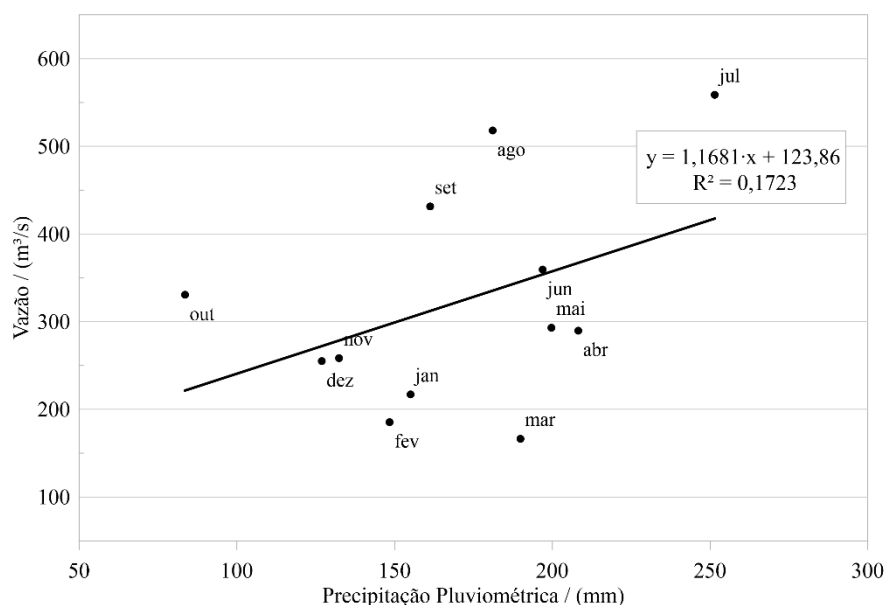
**Fonte:** Autores (2020).

A Figura 5 apresenta um gráfico de regressão linear da média mensal para o período estudado dos parâmetros de precipitação e vazão, indicando a equação da reta e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pelo qual será obtido o coeficiente de Pearson ( $r$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da reta estabelecida foi de aproximadamente 0,17, que indica uma baixa relação entre as variáveis. O coeficiente de Pearson 0,41, por sua vez, aponta para a classificação de uma baixa correlação também, reforçando o resultado anterior.

De forma gráfica, os resultados se apresentam bastante dispersos em relação a reta de tendência, os meses de junho, novembro e dezembro melhor se aproximam desse alinhamento, indicando uma maior correlação das variáveis nesse período, enquanto que os meses de março, julho e agosto apresentam um distanciamento maior.

**Figura 5** - Regressão linear da média mensal dos parâmetros de precipitação e vazão (2010-2018).

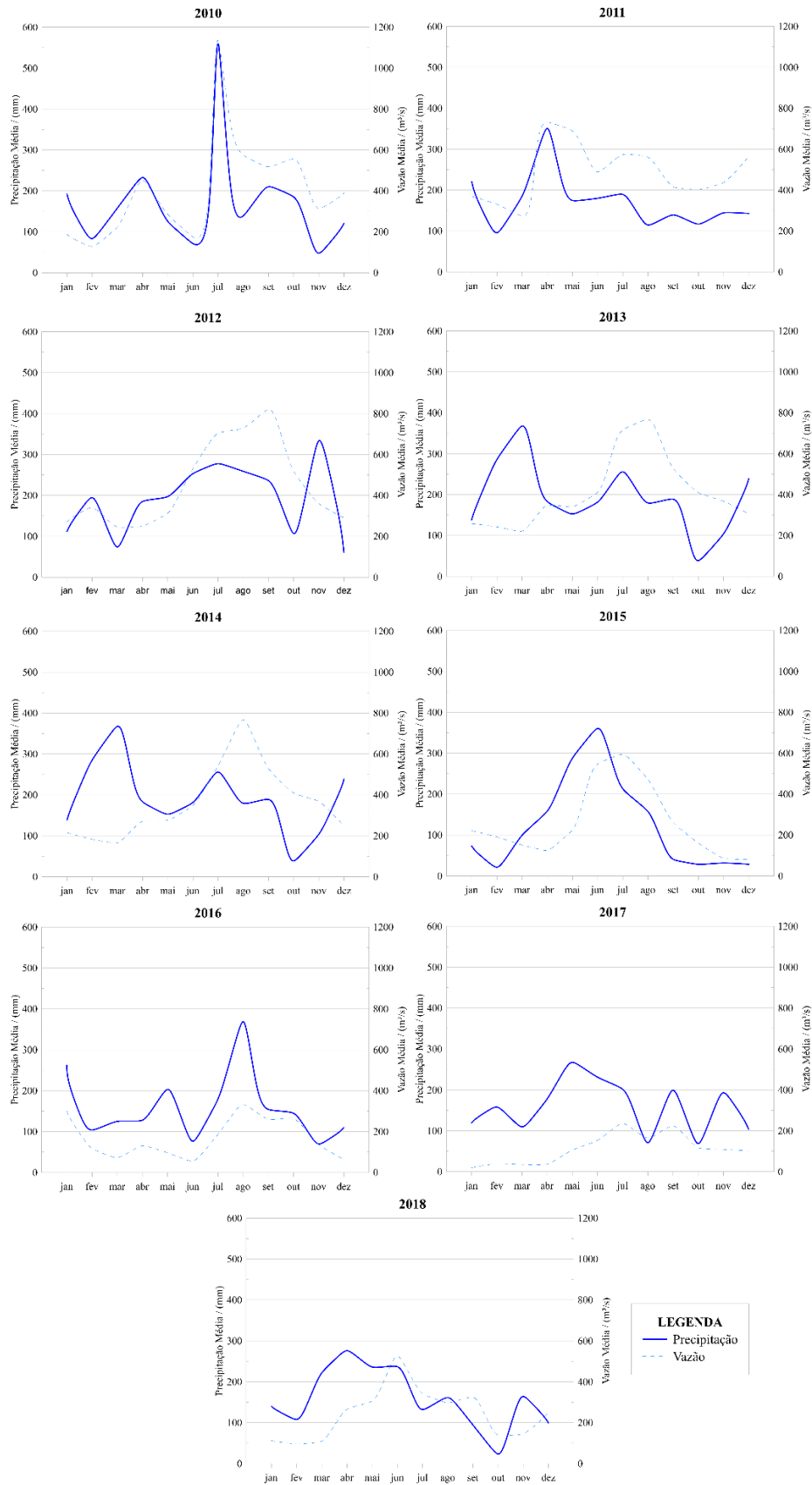


**Fonte:** Autores (2020).

Maciel (2017) afirma em seu estudo que a maior dispersão encontrada nos demais meses pode ser explicada por uma possível interferência de outros fatores extrínsecos, que também promovem a variabilidade no regime de vazões, bem como na própria quantidade de chuva precipitada no sistema, justificando assim o distanciamento entre os parâmetros.

A Figura 6 ilustra o comportamento da precipitação e da vazão no período de estudo para cada ano. Como se pode observar, um fato comum entre os anos de estudo é o retardo do aumento da vazão em relação ao início da precipitação, fato também verificado por Maciel (2017). De maneira geral, nota-se uma variação na sequência do comportamento hidrológico quando são comparados os picos e os vales das duas variáveis para os diferentes anos, identificando assim uma inconstância desses parâmetros para o período. Porém, ao analisar de forma dissociada, observa-se que, alguns anos apresentam comportamentos similares, como 2013 e 2014, além de 2010 e 2016.

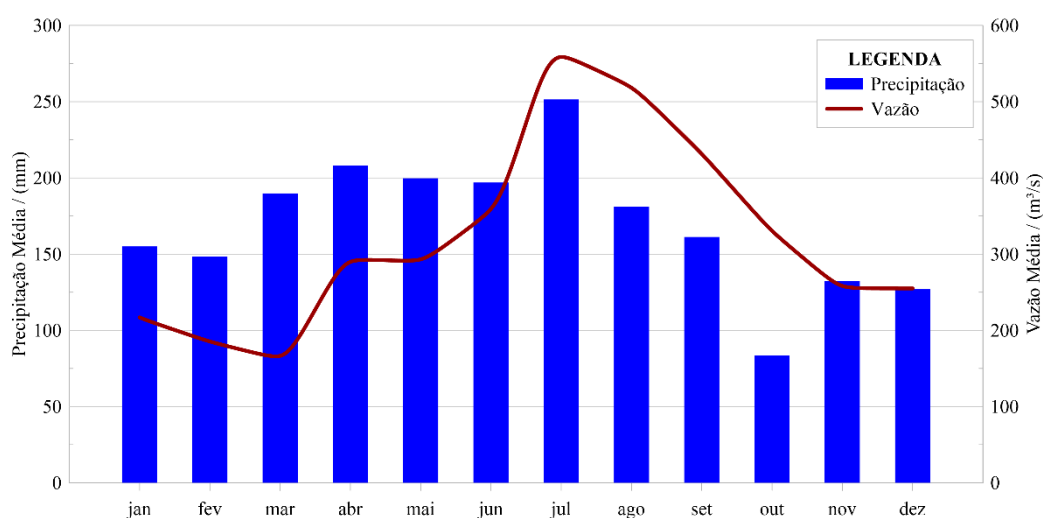
**Figura 6 - Pluviograma x Fluviograma mensal da área de estudo (2010-2018).**



**Fonte: Autores (2020).**

Baseado na Figura 7, verificou-se que dentro da estação chuvosa, compreendida entre os meses de abril e julho, o sucessivo aumento na quantidade de chuvas acompanha a resposta do regime de vazões, no caso, ocorre também um progressivo aumento no escoamento das águas. Porém, nota-se um pequeno atraso nesse acompanhamento logo no primeiro mês de crescimento. O pico máximo dessa relação ocorre no mês de julho para ambos os parâmetros. Já as mínimas destoam nesse sentido, sendo a menor precipitação apresentada no mês de outubro e a menor vazão no mês de março.

**Figura 7** - Pluviograma x Fluviograma médio da área de estudo.



**Fonte:** Autores (2020).

Como resultados da aplicação do teste de Mann-Kendall, os valores estatísticos de Z para vazão e precipitação, bem como a respectiva apuração de significância, são apresentados na Tabela 3. Para o nível de significância de 5 %, observa-se que todos os meses apresentam tendência de decréscimo da vazão, com nove deles possuindo tendências significativas. Quanto a precipitação, o resultado é mais equilibrado, com sete meses de decréscimo e quatro de crescimento, sendo que apenas três possuem tendência significativa. Souza e Nascimento (2020) encontraram, para o mesmo município, uma tendência não significativa de redução da precipitação anual, o que pode ser reflexo de mais meses com tendência negativa para o volume de chuvas.

**Tabela 3** - Resultados do teste Mann-Kendall para vazão e precipitação em Valença-BA.

Mês	Vazão		Precipitação	
	Valor de Z	Tendência	Valor de Z	Tendência
Janeiro	-1,67	Sem Tendência	-0,45	Sem Tendência
Fevereiro	-2,65	Diminuição	-2,58	Diminuição
Março	-3,41	Diminuição	0	Sem Tendência
Abril	-2,42	Diminuição	-0,23	Sem Tendência
Mai	-1,36	Sem Tendência	1,97	Aumento
Junho	-0,15	Sem Tendência	1,21	Sem Tendência
Julho	-2,35	Diminuição	-2,05	Diminuição
Agosto	-2,27	Diminuição	-0,45	Sem Tendência
Setembro	-2,65	Diminuição	-0,45	Sem Tendência
Outubro	-3,33	Diminuição	-1,36	Sem Tendência
Novembro	-2,73	Diminuição	1,1	Sem Tendência
Dezembro	-2,65	Diminuição	0,53	Sem Tendência

**Fonte:** Autores (2020).

Para dados de vazão, o teste de Mann-Kendall acusou tendências com significância estatística em quase todas os meses do ano, principalmente nos períodos com índices de chuvas reduzidos no município (de outubro a dezembro), resultado semelhante foi obtido por Santos e Nishiyama (2016) e por Resende et al. (2017).

Dentre os três meses com tendência significativa para precipitação, apenas fevereiro e julho apresentaram o comportamento relevante de diminuição, mesmo comportamento da vazão nesses meses. Resende et al. (2017), comparando as tendências desses dois processos hidrológicos, esperaram que a precipitação apresentasse a mesma tendência da vazão, porém, os resultados também foram destoantes, tendo em vista que existem outros fatores que influenciam na vazão, como o uso e ocupação do solo da bacia.

Andrade (2011) evidenciou um processo intenso de desmatamento na porção oeste da bacia do Rio Una, ocasionado pela implantação de empreendimentos agrários e pela supressão ilegal para comercialização de madeira, além do crescimento das áreas destinadas à agricultura e à pecuária, conforme também observado por Alves e Pereira (2019).

O processo de supressão da vegetação exerce influência na interceptação das águas pluviais e, conseqüentemente, no regime de vazão do corpo hídrico. Portanto, uma porcentagem significativa de devastação da cobertura vegetal pode acarretar numa menor vazão, na medida em que o assoreamento do canal fluvial é incitado. Sendo assim, as discrepâncias



comportamentais das tendências das variáveis estudadas podem estar associadas com as atividades de desmatamento local.

### Considerações finais

As vazões de referência para o município de Valença-BA possuíram os valores de 2,38 m<sup>3</sup>/s, 1,48 m<sup>3</sup>/s e 0,16 m<sup>3</sup>/s, para Q<sub>90</sub>, Q<sub>95</sub> e Q<sub>7,10</sub>, respectivamente no período em análise.

Tanto o coeficiente de Pearson, quanto o teste de Mann-Kendall, indicaram que existe uma baixa correlação entre os dados de vazão e precipitação.

Segundo o teste de Mann-Kendall, são predominantes a diminuição significativa para as vazões mensais e a inexistência de tendências significativas para as precipitações mensais.

A dinâmica observada para o regime fluvial do município é baseada no aumento gradativo dos valores de vazão acompanhando o aumento, também gradativo, da precipitação pluviométrica, com um pequeno atraso, normalmente no primeiro mês de elevação dos índices de chuva.

### Referências

ALMEIDA, I. K.; ALVES SOBRINHO, T.; SANTOS, B. B.; STEFFEN, J. L.; BACCHI, C. G. V. Métodos estatísticos na determinação de vazão de referência. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 11-17, 2014.

ALVES, E. J.; PEREIRA, J. S. Conservação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Una no estado da Bahia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EUCALIPTO, 4., 2019, Salvador. **Anais...** Salvador - BA, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em: [www.snirh.gov.br/hidroweb](http://www.snirh.gov.br/hidroweb). Acesso em: 28 mai 2019.

ANDRADE, H. O. **Estudo agroclimatológico do feijão Phaseolus vulgaris aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Una-BA**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia, 2011.

ASUERO, A. G.; SAYAGO, A.; GONZÁLEZ, A. G. The Correlation Coefficient: An Overview. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 36, n. 1, p. 41-59, 2006.

BEZERRA, R. R.; RUDKE, A. P.; ROCHA, V. N. L.; SOUZA, W.; ANDRADE, N. L. R.; EVANGELISTA, D. H. R. Determinação da Q<sub>7,10</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub> como ferramenta para gestão dos recursos hídricos: estudo de caso do Rio Jamari. **Bahia Análise & Dados**, v. 23, n. 2, p. 425-435, 2013.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de

Permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

CUNHA, E. J. R. Intervenções no espaço urbano: um desafio à paisagem. O estudo de Valença [Bahia], Brasil. **Revista Labor & Engenho**, v. 4, n. 2, p. 17-33, 2010.

DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. Dinâmica da precipitação e sua relação com a vazão na bacia do Rio Taperoá. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 18., 2016, São Luís. **Anais...** São Luís - MA, 2016.

DEUS, B. V.; ZEILHOFER, P.; ARAÚJO, G. C.; SANTOS, A. S. L. Interpolação pluviométrica na Bacia do Alto e Médio Rio Teles Pires: uma análise de séries históricas e interpoladores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010, Recife. **Anais...** Recife - PE, 2010.

FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das Sub-Bacias do Rio Tietê. **Revista Holos**, v. 2, p. 50-68, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em síntese**. Disponível em: [cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/valenca/panorama](http://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/valenca/panorama). Acesso em: 24 mai 2019.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. Charles Griffin, London, 1975.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. Rio Claro, SP: UNESP, 2000.

LUIZ, G. C.; CARDOSO, H. C.; RIBEIRO, L. L. Aplicação do teste sazonal de Mann Kendall na análise de tendência da temperatura e umidade relativa do ar - Goiânia - GO: série histórica 1961 a 2008. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, p. 414-427, 2012.

MACIEL, S. A. **Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MARTINS, C. A. S.; ULIANA, E. M.; SILVA, J. G. F.; CAMARA, G. R.; REIS, E. F. Curva de permanência das vazões locais da bacia hidrográfica do Rio São Mateus - ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 11., 2011, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2011.

MARTINS, P. T. A.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; MELO, D. S.; COUTO, J. S.; SOUZA, G. J. G.; SANTOS, J. N.; ANDRADE, A. C. S. Bacia do Rio Una (Valença): aspectos físicos, socioeconômicos e suas inter-relações. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5., 2004, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: UFSM, 2004.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L. Análise de tendência e variabilidade da precipitação no Estado do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 1580-1591, 2016.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - 2019**. Disponível em: [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf-0000367303\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf-0000367303_por). Acesso em: 26 mai 2019.

PINTO, J. A. O. **Avaliação de métodos para a regionalização de curva de permanência de vazões para a bacia do Rio das Velhas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

RESENDE, T. C.; AZEVEDO, T. S.; ANDRADE, M. P.; RIBEIRO, C. B. M. Análise de tendência em séries temporais de vazão e precipitação na bacia do Rio Paraibuna - Juiz de Fora (MG). In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 3., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2017.

RIBEIRO, C. B. M.; MARQUES, F. A.; SILVA, D. D. Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do Rio Doce. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 2, p. 103-117, 2005.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L. F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798-807, 2014.

ROCHA, B. H. D.; ALEXANDRINO, C. H.; MOREIRA, D. P. F.; PEREIRA, G. A.; AZEVEDO, K. T. Estimativa da vazão mínima para o Rio Mucuri pelo método Q 7,10. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 18., 2014, Belo Horizonte. **Anais...** Revista Águas Subterrâneas, 2014.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64-73, 2016.

SANTOS, V. O.; NISHIYAMA, L. Tendências hidrológicas no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Uberaba, em Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 196-212, 2016.

SCHMIDT, D. M.; MATTOS, A. Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 67-77, 2013.

SILVA, C. L. Análise estatística das características de vazão do córrego Capetinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 311-317, 2003.

SILVA, L. M. C. Outorga de direito de uso dos recursos hídricos: Uma das possíveis abordagens. In: MACHADO, C. J. S. **Gestão de Águas Doces**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 135-178, 2004.

SILVEIRA, A.; MOURA, R. M. P.; ANDRADE, N. L. R. Determinação da Q7, 10 para o Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil e comparação com a vazão regularizada após a implantação do Reservatório de Aproveitamento Múltiplo de Manso. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Este - Uruguay. **Anais...** Punta del Este - Uruguay, 2006.

SOUZA, T. S.; NASCIMENTO, P. S. Análise multivariada e tendência da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). **Geociências**, UNESP, São Paulo, v. 39, n. 01, p. 203-213, 2020.

TIBONI, C. G. R. **Estatística básica: para cursos de administração, ciências contábeis, tecnológicos e de gestão**. São Paulo: Atlas, 2010.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 13-24, 2017.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª Edição, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

VERGARA, F. E.; REIS, F. C.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; REZENDE, C. S. A. Proposta de vazão de referência Q90 para o Rio Formoso na Bacia do Araguaia. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 84-102, 2013.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 7ª Edição, Belo Horizonte - MG, Editora Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347-354, 2012.

*Recebido em 04 de agosto de 2020.  
Aceito em 05 de setembro de 2020.  
Publicado em 01 de dezembro de 2020.*