

Variabilidade da precipitação no rio Paraíba do Meio (AL): influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido

Rainfall variability in the Paraíba do Meio river (AL): influence on the flow rate and dissolved phosphorus charges

Nayara Barreto da Costa

Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas (AL), Brasil
nayara.costa@igdema.ufal.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0751-1941>

Paulo Ricardo Petter Medeiros

Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas (AL), Brasil
paulopetter@igdema.ufal.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7314-0464>

RESUMO

Estudos voltados às bacias hidrográficas são indispensáveis. Assim, este estudo objetiva analisar a variabilidade da precipitação e sua influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido no rio Paraíba do Meio no estado de Alagoas durante o ano de 2017. A bacia deste rio situa-se entre os estados de Alagoas e Pernambuco. Devido aos altos custos financeiros para a execução da análise físico-química da água, a coleta das amostras pautou-se em um único ponto, no município de Atalaia (AL), com periodicidade mensal de janeiro a dezembro de 2017, ano civil considerado atípico do ponto de vista pluviométrico. Nos seus três primeiros meses, não foi possível obter dados de vazão, pois segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) a régua limimétrica não mediu nesse período, e o fluxo mensal de fósforo dissolvido não pôde ser determinado nesse período, pois os valores de vazão são necessários para realizar o seu cálculo. Os dados de vazão e precipitação foram obtidos no portal HidroWeb da ANA. A precipitação total de 2017 foi de 1866,9 mm, alta se comparada com a média climatológica da região (1116,13 mm). A vazão média de 2017 foi $58,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Junho e julho apresentaram os maiores valores de fluxo de fósforo (21,09 ton/mês e 18,70 ton/mês, respectivamente). Janeiro, fevereiro e março não apresentaram fluxo de nutrientes, pois não houve dados de vazão. A precipitação e a vazão exerceram importante influência no fluxo de fósforo, pois nos meses com maior precipitação e vazão os fluxos de fósforo aumentaram.

Palavras-chave: Fluxo de nutrientes, Recursos hídricos, Pluviosidade, Escoamento superficial.

ABSTRACT

Studies aimed to watersheds are indispensable. Thus, this study aims to analyze the precipitation variability and its influence on the flow rate and loads of dissolved phosphorus in the Paraíba do Meio river in the state of Alagoas during the year 2017. The watershed of this river is located between the states of Alagoas and Pernambuco. Due to the high financial costs for performing the physical-chemical analysis of water, the collection of samples was based on a single point, in the city of Atalaia (AL), monthly from January to December, 2017, calendar year considered atypical from the rainfall point of view. In its first three months, it was not possible to obtain flow rate data, because according to the National Water Agency (NWA) the limnimetric scales did not measure in this period, and monthly flux of dissolved phosphorus, because the values of flow rate are needed to perform your calculation. Flow rate and precipitation data were obtained from NWA HidroWeb portal. The precipitation total in 2017 was 1866.9 mm, high compared to the climatological average for the region (1116.13 mm). The average flow rate in 2017 was $58.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. June and July had the highest phosphorus flux values (21.09 ton/month and 18.70 ton/month, respectively). January, February and March did not show nutrient flux, as there were no flow data. Precipitation and flow rate had an important influence on the phosphorus flux, because in the months with higher precipitation and flow rate, the phosphorus fluxes increased.

Keywords: Nutrients flux, Water resources, Rainfall, Surface runoff.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional no mundo, nos últimos anos, tem configurado um cenário de intensa transformação no meio ambiente, o que tem afetado negativamente os ambientes aquáticos, uma vez que as mudanças no uso do solo, o desmatamento, a expansão da agricultura e a produção de energia e alimentos têm contribuído significativamente para a poluição de águas fluviais através da deposição de esgotos sanitários, resíduos sólidos e produtos altamente poluentes que levam ao aumento do aporte do fluxo de macronutrientes nessas águas, como o fósforo (F) e o nitrogênio (N), os quais passam, nesse caso, de nutrientes a poluentes (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Os rios são responsáveis por transportar materiais resultantes da erosão continental em direção aos estuários e oceanos, sendo esse transporte característica importante da geologia e biogeoquímica do planeta Terra. Logo, esses ambientes constituem-se como os maiores agentes transportadores de sedimentos em suspensão, nutrientes e matéria orgânica, provenientes do continente para o ambiente marinho, uma vez que contribuem com aproximadamente 70% do aporte total mundial de sedimentos para o oceano (MILLIMAN, 1991; MEDEIROS *et al.*, 2003). É mediante essa questão que a atenção voltada à qualidade ambiental dos corpos hídricos deve ser maior, sobretudo aos que estão situados próximos e/ou inseridos nos grandes centros urbanos, como é o caso de grande parte dos rios brasileiros, em que a ação antrópica é mais intensa.

Considerando essa problemática, a execução de estudos hidrológicos voltados às bacias hidrográficas e seus respectivos rios é indispensável, uma vez que os processos referentes ao balanço hídrico de uma bacia ou mesmo de um rio tornam a sua análise complexa, sobretudo quanto à qualidade físico-química e biológica da água, uma vez que a população humana vive, inevitavelmente, em regiões próximas e ao longo de bacias hidrográficas, e contribui para “intensas interferências sobre o meio, gerando vulnerabilidades que podem comprometer a qualidade ambiental de todo o ecossistema hídrico” (ARRUDA *et al.*, 2010, p. 51). O fluxo de nutrientes se constitui como um fator crucial no balanço de nutrientes e manutenção da produtividade primária da água, que é a base de sustentação para as teias alimentares nesse ambiente (CALLENDER; HAMMOND, 1982).

A precipitação pluviométrica exerce grande influência na vazão de um rio, de maneira que à medida que há níveis maiores de precipitação, conseqüentemente a vazão também aumentará (ALCÂNTARA, 2004). Existe uma relação direta entre a vazão e a capacidade de carga de transporte de um rio (BRANCO, 2008). Em linhas gerais, os índices de retenção de nutrientes são maiores quando a precipitação na bacia hidrográfica à qual o rio pertence se eleva, uma vez que “as cargas nas entradas se tornam ainda maiores com o aporte de nutriente às águas” (VIDAL; CAPELO NETO, 2014, p. 406). Nesse contexto, Leite (2016, p. 18) ressalta que quando há a ocorrência do aumento da vazão juntamente com o início do período chuvoso “a velocidade de escoamento fluvial é intensificada, acarretando uma maior taxa de erosão, bem como na capacidade de transporte do material particulado e dissolvido transportado”.

Ao longo de sua margem, o rio Paraíba do Meio apresenta uma intensa modificação em suas condições físicas, químicas e biológicas, devido à maneira de como o seu uso para fins sociais e/ou econômicos é feito pela população, estabelecendo um mecanismo de deterioração da biodiversidade local, que conseqüentemente tende a comprometer o seu uso para fins sociais e/ou econômicos. Esse rio também possui importância ecológica em razão de sua diversidade de espécies e sua hidrodinâmica costeira, embora tenha apresentado muitos problemas ambientais ao longo do seu curso (MEDEIROS *et al.*, 2011). Assim, esse estudo fornece informações de cunho ambiental associadas às questões socioeconômicas inerentes à área de estudo, que poderão proporcionar caminhos que visem a busca de meios para conservação e gestão desse e de outros ecossistemas aquáticos.

Além disso, este estudo também aborda a variabilidade climatológica da precipitação do rio Paraíba do Meio, no estado de Alagoas, que possui importância quanto às investigações relacionadas ao transporte de material em suspensão que ele é capaz de realizar, uma vez que vem sofrendo com

influências provocadas pela ação antrópica, destacando-se a poluição hídrica e os níveis de assoreamento (GOMES; MEDEIROS; LIMA, 2016). O período de estudo do presente trabalho corresponde ao hidrológico de 2017, ano em que se apresentaram níveis elevados de precipitação pluvial, considerados como anormais, sem uma distribuição homogênea no estado de Alagoas (INMET, 2020).

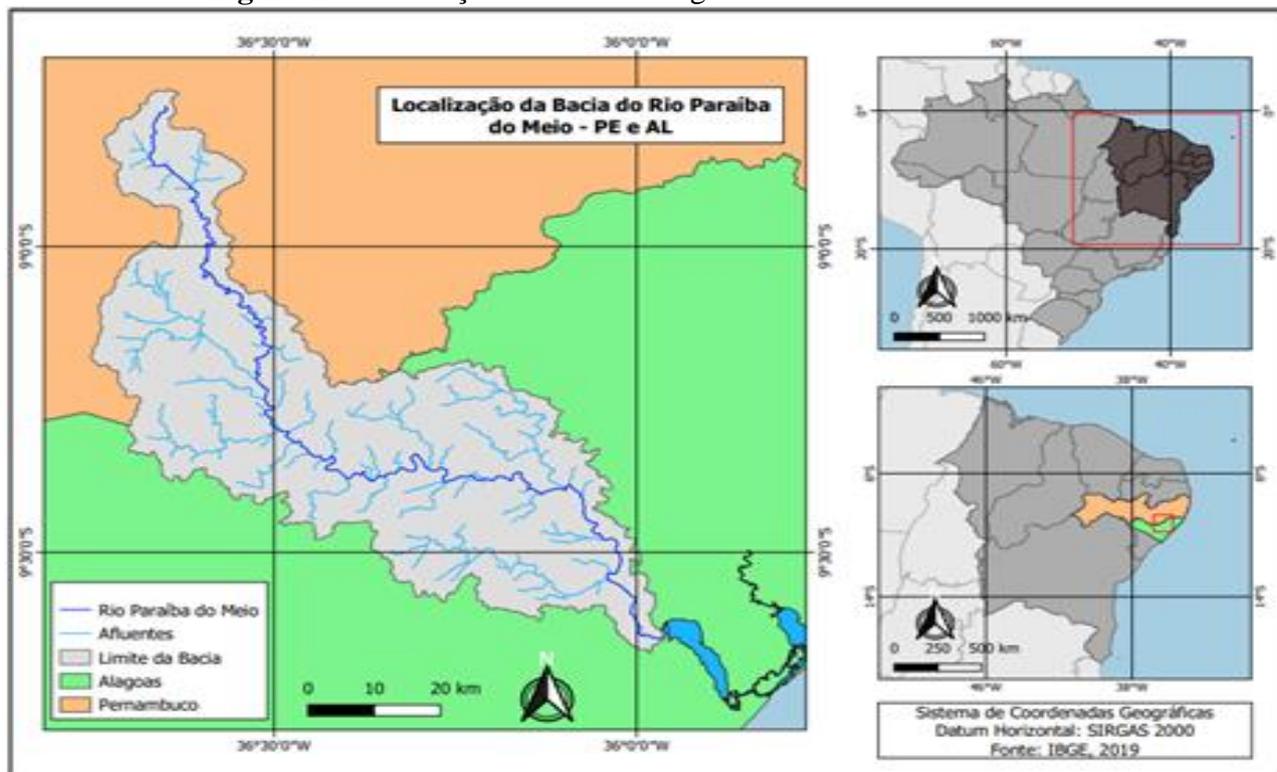
Dessa forma, o objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade da precipitação e sua influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido no rio Paraíba do Meio no estado de Alagoas durante o ano hidrológico de 2017.

2. METODOLOGIA

2.1. Localização e caracterização geral da área de estudo

A bacia do rio Paraíba do Meio, uma dentre as 16 bacias hidrográficas presentes no estado de Alagoas, está situada no sul da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental do Brasil, em um perímetro que percorre entre os estados brasileiros de Alagoas (AL) e Pernambuco (PE). Localizada na região Nordeste do Brasil, abrange uma área total de aproximadamente 3.127,83 km² (**Figura 1**), com sua nascente no estado de Pernambuco, no município de Saloá (PE), e sua foz na Laguna Manguaba, no município de Pilar (AL). Da área total da bacia, 37,6 % correspondente a 1.175,33 km² da área do rio, localizam-se no estado de Pernambuco, e a maior parte da bacia (62,4%) em território alagoano, com aproximadamente 1.952,5 km² (PDRH, 2001).

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Suas coordenadas geográficas estão compreendidas entre os paralelos 08° 44' e 09° 39' de latitude sul e meridianos 35° 45' e 36° 45' de longitude oeste (GOMES; MEDEIROS; LIMA, 2016). Dentro do perímetro do rio Paraíba do Meio, encontram-se oito municípios alagoanos, que são Atalaia, Cajueiro, Capela, Marechal Deodoro, Paulo Jacinto, Pilar, Quebrangulo e Viçosa, e oito

municípios pernambucanos, os quais são Bom Conselho, Brejão, Caetés, Garanhuns, Lagoa do Ouro, Saloá, Terezinha e Paranatama. Ao longo de seus 171,98 km de extensão, o curso principal do rio Paraíba do Meio possui uma direção noroeste-sudeste, que percorre desde a sua nascente até a sua foz.

Da área total do rio, 126,57 km percorrem áreas do estado de Alagoas com regime fluvial perene, e os outros 45,41 km, no estado de Pernambuco com um regime fluvial intermitente (GOMES; MEDEIROS; LIMA, 2016; RAMOS *et al.*, 2017). Os rios que mais contribuem para o seu canal principal são o Riacho Bálsamo e o Riacho Seco na margem direita, compreendidos no estado de Pernambuco. A bacia do rio Paraíba do Meio possui limites com a bacia do rio Ipanema, ao norte, no estado de Pernambuco, com as bacias dos rios São Miguel e Sumaúma, ao sul, com a Bacia do rio Mundaú a leste, e com as bacias dos rios Traipú e Coruripe a oeste (GAMA, 2011).

2.2. Características físicas da Bacia do rio Paraíba do Meio

2.2.1. Relevo e clima

A bacia do rio Paraíba do Meio drena por duas estruturas geológicas diferentes, uma sedimentar constituída por sedimentos pliopleistocênicos da Bacia Sedimentar de Alagoas, e outra representada pelo maciço Pernambuco-Alagoas com idade Arqueana (RODRIGUES, 2012). O alto curso da bacia é caracterizado por uma superfície aplanada, com relevo ondulado e altitude variando entre 600 e 800m; o médio curso configura-se pela existência de formas estruturais e de dissecação homogênea, e o baixo curso é definido por uma superfície sedimentar dissecada em colinas e interflúvios tubuliformes. Com o vale em V no seu alto curso, depois de canalizar com o Riacho Seco, chega a atingir 500m, fixando-se entre as encostas erodidas que formam serras, cristas e colinas, até confluir com o rio Paraibinha, próximo ao município de Capela (AL) (PDRH, 2001).

Considerando a interação entre a geomorfologia, declividade, cobertura vegetal e solos que existem ao longo da bacia, determinam-se dois domínios morfoesculturais: o Baixo Planalto Sedimentar (com as unidades morfológicas: Tabuleiros costeiros e Planície flúvio-lagunar) e o Planalto da Borborema (com as unidades morfológicas: Superfície pediplanada central, Superfície dissecada do rio Paraíba e Depressão periférica) (PDRH, 2001). Na área da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio que abrange o estado de Alagoas, de acordo com a classificação de Köppen, o clima é caracterizado como tropical quente e chuvoso com verão seco do tipo As', e apresenta estações bem definidas de abril a julho (estação chuvosa), e de novembro a março (estação seca). A pluviosidade média é de cerca de 1.400 mm anualmente, concentrada no período de abril a agosto, com 69,8% da precipitação total anual, sendo que 48,2% da precipitação ocorrem no trimestre que vai de maio a julho (PDRH, 2001).

Entre os sistemas meteorológicos que atuam no leste do Nordeste do Brasil, destacam-se os Sistemas Frontais, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis – VCANs, Ondas de Leste, Linhas de Instabilidade Tropical, Perturbações Ondulatórias e o fenômeno ENOS El Niño e La Niña (fenômeno físico ocasionado pelo aquecimento/resfriamento anormal das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical próximo da costa da América do Sul), que influenciam nas condições do clima e do tempo da região (RODRIGUES, 2012; TRENBERTH, 2019). Considerando estes dados, a **Tabela 1** demonstra a variação média anual correspondente aos principais parâmetros meteorológicos.

Na região da bacia que abrange o estado de Pernambuco, o clima é definido, segundo a classificação de Köppen, como subsumido do tipo BShs', com um curto período chuvoso na transição outono-inverno, nos meses de março a setembro. Os níveis de temperatura são elevados, com média anual de 25°C e pluviosidade média anual de aproximadamente 750 mm. Considerando a má distribuição de chuvas na região do Nordeste brasileiro, o escoamento nas cabeceiras do rio é temporário, o qual cresce e se torna lento no período chuvoso com a presença das lagoas Mundaú e

Manguaba, e em razão da topografia local suas águas escoam lentamente para o oceano (SILVA; KAYANO; FERREIRA *et al.*, 2005; GAMA, 2011).

Tabela 1: Variação média anual dos principais parâmetros meteorológicos em Alagoas

PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	MÉDIA ANUAL
Pressão Atmosférica	995,8 hPa
Temperatura mínima do ar	20,8 °C
Temperatura média do ar	24,7 °C
Temperatura máxima do ar	29,5 °C
Amplitude térmica	8,7 °C
Umidade relativa do ar	79,2 °C
Precipitação pluviométrica	1.400 mm

Fonte: Adaptada de Rodrigues (2012).

2.2.2. Vegetação e tipos de solos

A área da bacia do rio Paraíba do Meio que abrange o estado de Alagoas está inserida nas regiões da Zona do Agreste, Zona da Mata e Zona do Litoral. Os tipos de solos presentes nessa área são variados e possuem propriedades distintas, a saber, em termos de extensão, os solos hidromórficos, solos aluviais, planossolosolódicos, latossolo vermelho amarelo, podzólico vermelho amarelo e podzólico vermelho-amarelo eutrófico. Na área da bacia que abrange o estado de Pernambuco, inserida majoritariamente na região do Agreste, que abrange em seu trecho superior, parte do microclima de altitude de Garanhuns também apresenta variados tipos de solos com diferentes propriedades, como os Argissolos, Regossolos, Planossolos, solódicos e solos litóticos (PDRH, 2001).

A cobertura vegetal que abrange a área da bacia do rio Paraíba do Meio apresenta características fitogeográficas da Zona da Caatinga, a qual é representada pelo Litoral, Mata e Agreste, no estado de Alagoas, e pela Zona do Agreste, no estado de Pernambuco. O revestimento vegetal apresenta diferentes características, que se configuram de acordo com as condições que compreendem o relevo e o clima (PDRH, 2001). No médio e alto curso da bacia, a área que percorre o estado de Alagoas está situada na Mata Tropical de encosta do tipo subcaducifólio e subperenifólio, e no baixo curso, na mata de tabuleiro. Na área que abrange o estado de Pernambuco, nas regiões menos úmidas dos municípios de Bom Conselho, Terezinha e Saloá, há a predominância de vegetação da caatinga hipo e hiperxerófila de espécie decíduas, com espinhos e abundância de cactáceas e bromeliáceas, que correspondem às zonas do sertão central e do agreste; já nas regiões menos úmidas dos municípios de Lagoa do Ouro e Bom Conselho, a vegetação corresponde à floresta tropical perenifólia, a qual se encontra altamente degradada (PDRH, 2001).

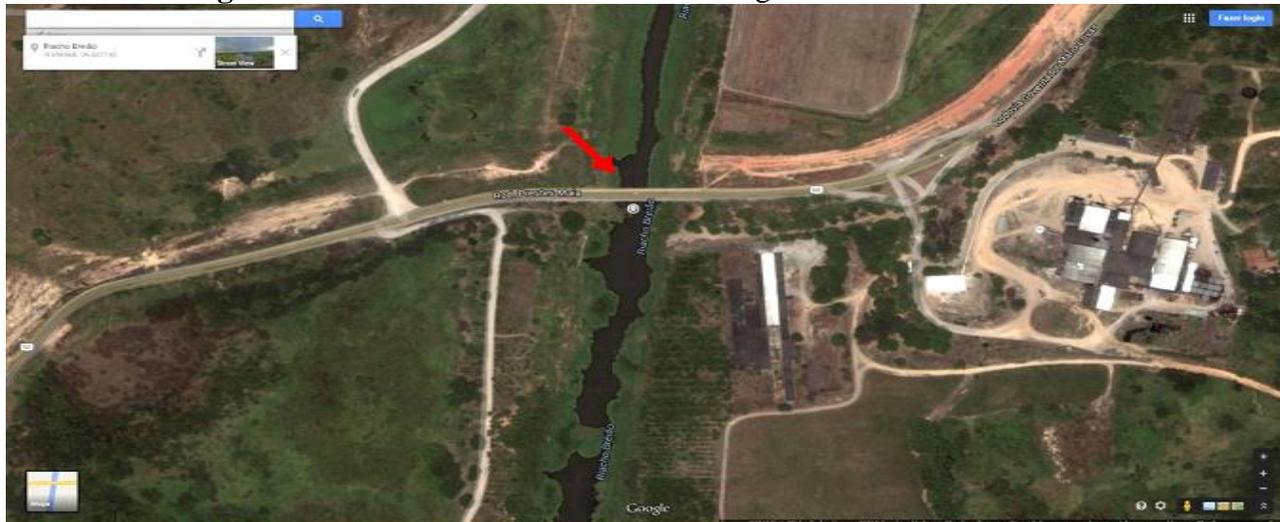
2.3. Obtenção e organização dos dados

2.3.1. Das coletas das amostras de água

O local de coleta das amostras de água situa-se na região da ponte rodoviária sobre o rio Paraíba do Meio, com coordenadas decimais -9,596568 e - 36,007742, conforme indicado com a seta vermelha na **Figura 2**. A coleta das amostras foi realizada com garrafa do tipo *Van Dorn* de acrílico em sub-superfície, em torno de 30 centímetros abaixo da linha de água (nível padrão adotado para todas as amostras), com periodicidade mensal de 17 de janeiro a 17 de dezembro do ano hidrológico de 2017, ano civil considerado enquanto recorte temporal, resultando em doze amostras. Em seguida

as amostras foram armazenadas em frascos plásticos com volume de 5L, depois acondicionadas em caixa isopor, refrigeradas sob gelo, conforme Medeiros *et al.* (2007), e posteriormente transportadas para o laboratório - Laboratório Integrado de Ciências do Mar e Naturais (LABMAR) – para a realização das análises.

Figura 2: Local de coleta das amostras de água no rio Paraíba do Meio



Fonte: Google Maps (2019).

Em função dos altos custos financeiros para a execução de tal procedimento e análise físico-química da água, o presente trabalho pautou-se em um único local de coleta, mas considera-se a dimensão apresentada na bacia do rio Paraíba do Meio, e que este ponto possa ter sofrido diversas influências, interferindo no nível de fósforo ao longo da extensão do rio. Além disso, o ano hidrológico supracitado foi atípico do ponto de vista pluviométrico e nos meses de janeiro, fevereiro e março não foi possível obter dados de vazão, pois segundo a ANA a régua limimétrica apresentou “status seco” nesse período, isto é, não houve medição (ANA, 2019).

2.3.2. Dos dados de fósforo

O método utilizado para a obtenção dos dados de concentração de fósforo (μgL^{-1} P), através das 12 amostras de água que foram coletadas do rio Paraíba do Meio, pauta-se na realização de uma análise que no caso do fósforo é voltada para o fosfato inorgânico (ortofosfato), com filtração das amostras de água por meio de uma bomba de vácuo; em seguida, 10ml da amostra foram colocadas em uma proveta de 50ml com mais 1,6ml de uma solução de mistura combinada. Foram pesados 0,5g de ácido ascórbico em uma proveta com mais 50ml da solução de mistura combinada para fazer a leitura do fósforo dissolvido. Dessa solução, retirou-se 1,6ml que foi colocado em cada amostra de água, para identificar, após 10 minutos, se na amostra de água havia a presença de fósforo; se essa apresentasse uma coloração azul, indicaria que houve reação, conforme foi obtido durante análise realizada no LABMAR. O fluxo de nutrientes e materiais em suspensão foi determinado segundo Strickland e Parsons (1972), e o fósforo total segundo Carmouze (1994).

2.3.3. Dos dados de vazão e precipitação

Os dados de vazão e precipitação pluvial foram obtidos por meio do portal HidroWeb, uma ferramenta que constitui o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e que fornece informações coletadas através da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), em que estão agregados dados como níveis fluviais, vazões, precipitação pluvial, coordenados pela Agência

Nacional de Águas – ANA (ANA, 2019). Foram selecionados dados diários de vazão da estação fluviométrica Atalaia da ANA, código 39870000, do município de Atalaia – AL, local onde se realizou a coleta das amostras de água. Utilizando-se desses dados, fez-se as médias mensais e anuais da vazão do rio Paraíba do Meio para o ano de 2017, e foram selecionados valores diários de precipitação pluvial (2017) da estação pluviométrica Atalaia da ANA, código 936110, do mesmo município, que foram somados para obter os totais médios mensais.

Além disso, também foram selecionados dados de vazão e precipitação das mesmas estações e município, para um período de trinta anos, compreendidos de 1988 a 2017, os quais serão demonstrados por meio de figuras e tabelas no intuito de apresentara correlação entre a vazão e precipitação para esse período, assim como obter a média anual da vazão do rio Paraíba do Meio e o total médio de precipitação.

2.3.4. Fluxo momentâneo de ortofosfato

O fluxo momentâneo do ortofosfato é determinado com os seus resultados de concentrações obtidas pelas amostragens momentâneas. Assim, o fluxo momentâneo de nutrientes dissolvidos pode ser calculado multiplicando-se a concentração encontrada pelo fluxo momentâneo, dado pela **Equação (1)**:

$$F_m = V_m * C \quad (1)$$

Onde F_m é o fluxo momentâneo (Kg.s^{-1}), V_m é a vazão momentânea (L.s^{-1}) e C é a concentração (Kg.L^{-1}).

Destaca-se que pela ausência de dados de vazão nos meses supracitados no ano de 2017, o fluxo mensal de fósforo dissolvido nestes não pôde ser determinado, uma vez que os valores de vazão são necessários para realizar o seu cálculo (ver seção 3.3.).

2.3.5. Correlação entre precipitação e vazão

Foi realizada uma correlação entre a precipitação e a vazão mensal para o ano de 2017, assim como para o período de 1988-2017. Para o cálculo da correlação foi utilizado o coeficiente de Pearson, valor que representa a força da relação existente entre duas variáveis (WALPOLE; MYERS, 2011). O coeficiente de correlação de Pearson é dado pela **Equação (2)**:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (2)$$

Em quer corresponde ao coeficiente de correlação Pearson (r); n é o número de observações; X_i é a variável independente e Y_i é a variável dependente.

De acordo com Correa (2003), existem critérios estabelecidos para se verificar os níveis de correlação linear entre as variáveis, são eles:

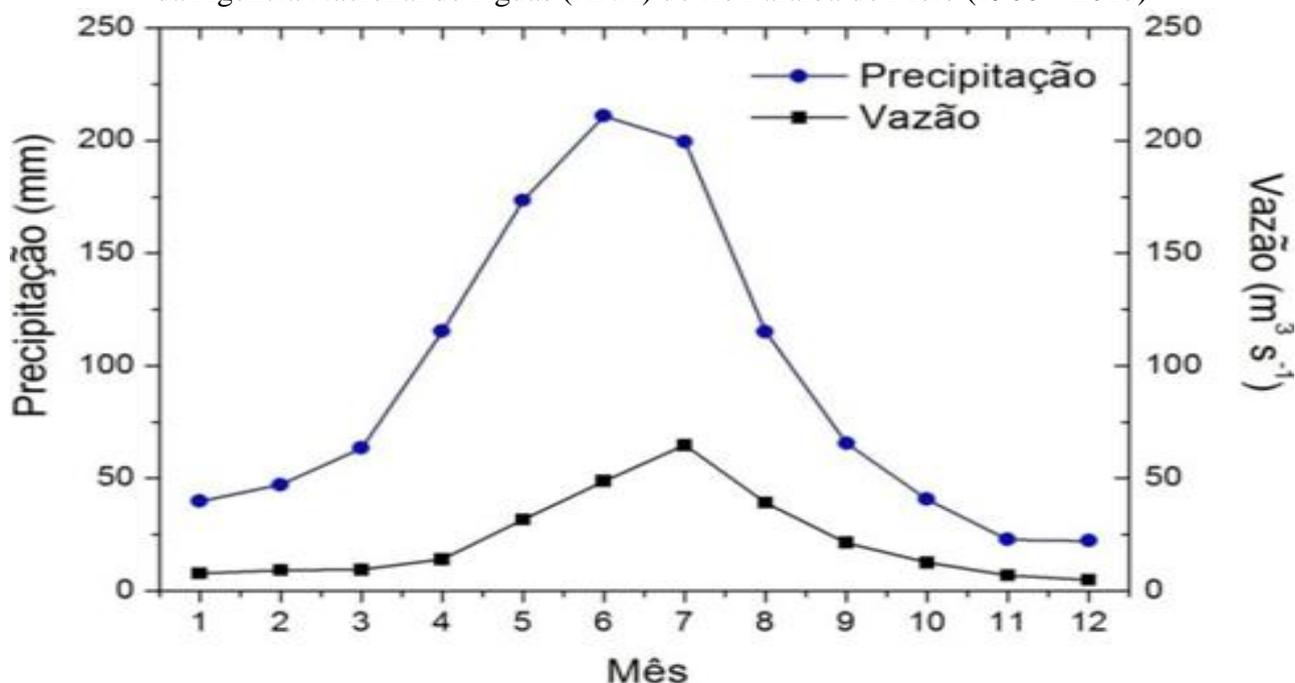
- $0 < r < 0,3$: fraca correlação (positiva ou negativa) sendo difícil estabelecer uma relação entre as variáveis. Em porcentagem: $0 < r < 30\%$;
- $0,3 \leq r < 0,6$: correlação de fraca a moderada (positiva ou negativa), porém, pode-se considerar a existência de relativa correlação entre as variáveis. Em porcentagem: $30\% \leq r < 60\%$;
- $0,6 \leq r < 1$: a correlação é de moderada a forte; a relação entre as variáveis é significativa, o que permite coerência com poucos conflitos na obtenção das conclusões. Em porcentagem: $60\% \leq r \leq 100\%$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variação média mensal e correlação da precipitação e vazão do rio Paraíba do Meio

As variações anuais correspondentes aos dados de precipitação (mm) e vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) do município de Atalaia (AL) ocorridas nas estações pluviométrica Atalaia (código: 936110) e fluviométrica Atalaia (código: 39870000), demonstram a influência significativa que uma variável exerce sobre a outra (**Figura 3**), levando em consideração a interação que há entre essas variáveis com outros componentes do sistema fluvial. Ressalta-se que a precipitação é uma variável climática, mas a vazão, não, embora seja compreendida como um resultado climático em alguns casos, sendo então uma componente climática indireta, e que não deve ser utilizada como resposta direta da precipitação, uma vez que a correlação direta vazão-precipitação demonstra-se de maneira complexa (LIMBERGER; SILVA, 2012).

Figura 3: Totais mensais de precipitação (mm) e médias mensais de vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) das estações pluviométrica Atalaia (código: 936110) e fluviométrica Atalaia (código: 39870000) - Atalaia (AL), da Agência Nacional de Águas (ANA) do rio Paraíba do Meio (1988 – 2017)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

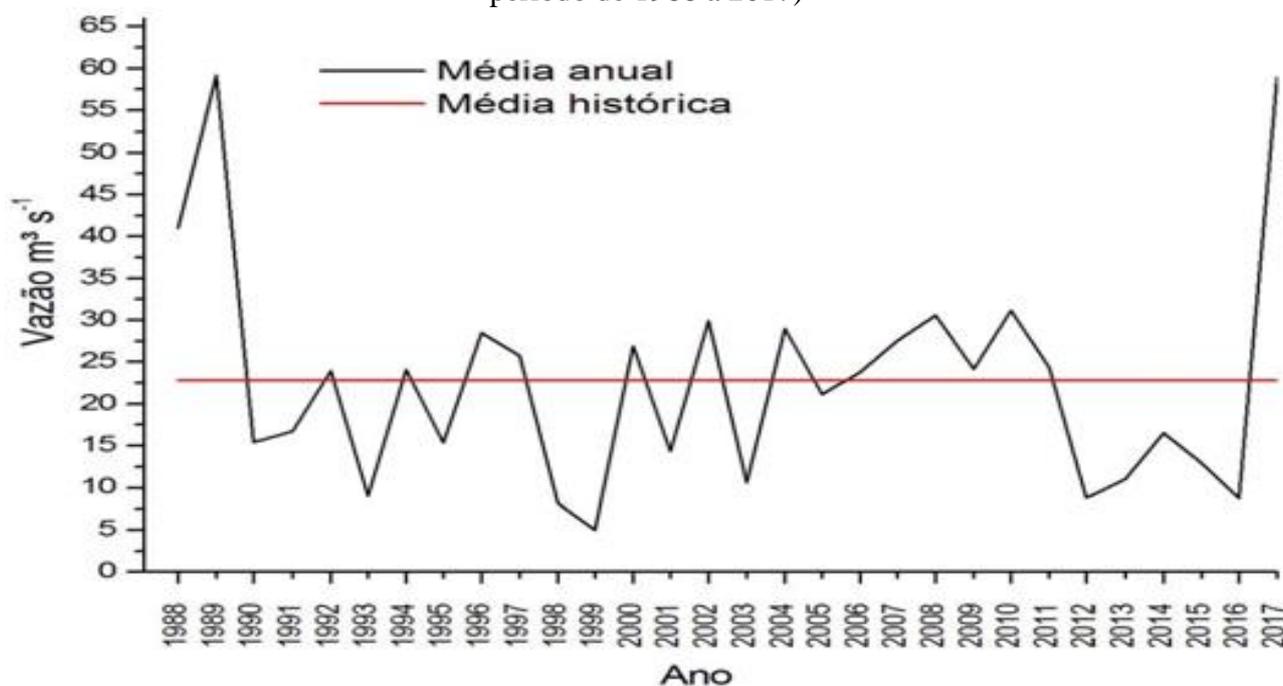
No período de 1988 a 2017, os maiores índices de precipitação e de vazão ocorreram entre os meses de maio a agosto, na quadra chuvosa, indicando que os valores mais altos de precipitação ocorridos nesse período interferiram no regime das vazões durante esses meses. No que se refere à precipitação, os meses de maio, junho, julho e agosto, que correspondem a um período com índices de pluviosidade mais elevados para o período, apresentaram totais mensais médios de 173,44 mm, 210,89 mm, 199,58 mm e 115,13 mm, respectivamente; para esses mesmos meses, as médias mensais de vazão foram de $31,70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $48,82 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $64,68 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $39,12 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, de forma respectiva. Nesse período, a precipitação alcançou um total médio anual de 1.116,13 mm, enquanto que a vazão média anual foi de $22,53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Comparando-se com o trabalho de Souza *et al.* (2003), os quais encontraram um total médio anual de precipitação de 1.805 mm para o município de Maceió (AL) durante os anos de 1972 a 2001, o que está associado aos eventos de La Niña e El Niño, percebe-se uma grande diferença entre os

totais médios, e isso ocorreu pelo fato de que o município de Atalaia está situado numa área cuja precipitação é menor, como apontado por Nascimento e Xavier (2010), além de que trata-se de períodos, em parte, diferentes. Quanto à vazão, Bayer, Reis e Bayer (2012) apresentaram um valor médio anual de vazão próximo ao encontrado no presente trabalho, que foi de $17,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ no rio Potiribu, afluente do rio Ijuí situado no estado do Rio Grande do Sul, para o período de 2002 a 2009.

Com base nos dados de vazão medidos de um determinado corpo hídrico durante um período de anos consecutivos, é possível ter uma base de sua vazão média. Assim, destacam-se os dados medidos de vazão da estação fluviométrica Atalaia da ANA – Atalaia (AL), equivalente a um período de trinta anos (1988 a 2017), e comparando-os com a sua média histórica, observa-se o comportamento variado da vazão ao longo desses anos (**Figura 4**).

Figura 4: Comportamento da vazão do rio Paraíba do Meio (média anual e média histórica para o período de 1988 a 2017)



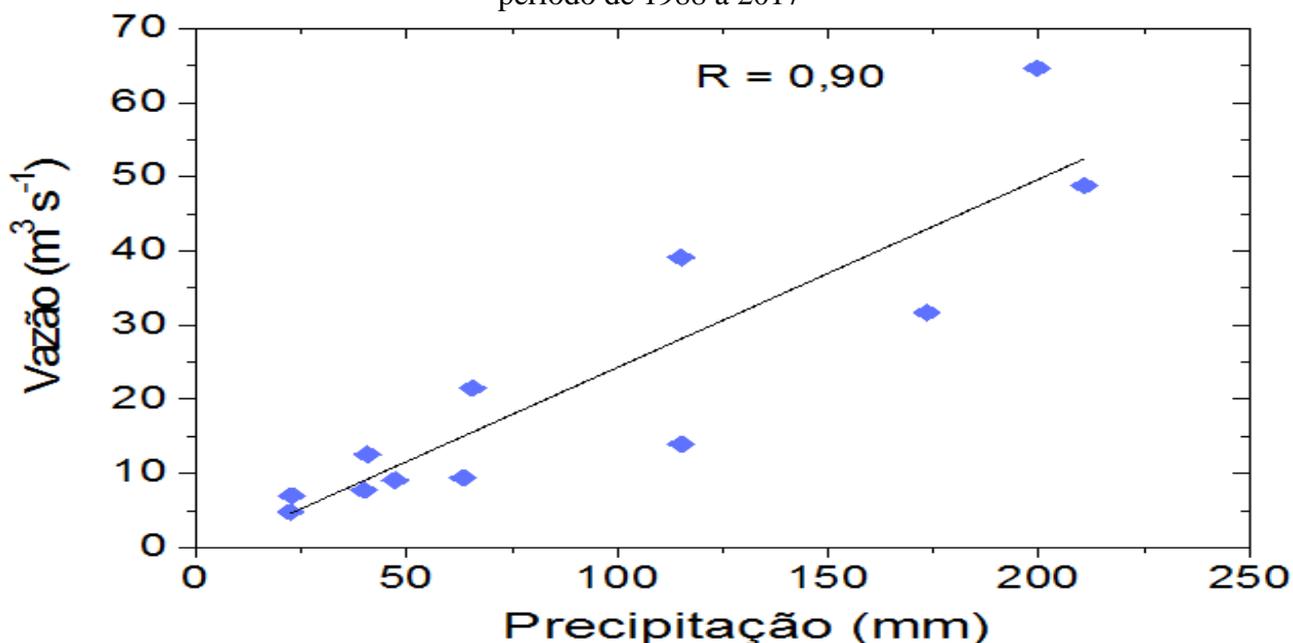
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Foi observado que os anos que apresentaram as maiores médias de vazão para o período de 1988 a 2017 foram 1988, 1989 e 2017, com média histórica de $22,76 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, representada pela linha vermelha, demonstrando que a maioria dos anos apresentou médias anuais de vazão abaixo ou próximas a essa média, variando entre $5,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 1999 e $31,16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ em 2010. Ressalta-se que as médias anuais de vazão que apresentaram valores abaixo da média histórica podem estar associadas a elementos meteorológicos como os baixos níveis de precipitação pluvial, alterações climáticas e eventos de La Niña e El Niño, que, por sua vez, apresentam características distintas para cada ano.

Considerando-se as médias mensais de vazão e precipitação para o período de 1988 a 2017, pode-se analisar uma correlação positiva entre essas variáveis (**Figura 5**).

Observa-se a grande correlação ($R=0,9$), significativo a um $p<0,05$, entre a vazão média mensal e a precipitação média mensal durante o período de 1988 a 2017. Isso demonstra que boa parte do escoamento superficial do rio Paraíba do Meio se deve à ação da própria precipitação, e 10% desse escoamento ocorre em função de outros fatores. No estudo de Macêdo *et al.* (2013), foi observado que o comportamento da vazão esteve correlacionado com a precipitação ($R^2= 0,52$ ou $R= 0,72$) na bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla para o período de 1998 a 2008, resultados semelhantes aos apresentados no presente trabalho.

Figura 5: Correlação entre a vazão e precipitação média mensal do rio Paraíba do Meio para o período de 1988 a 2017

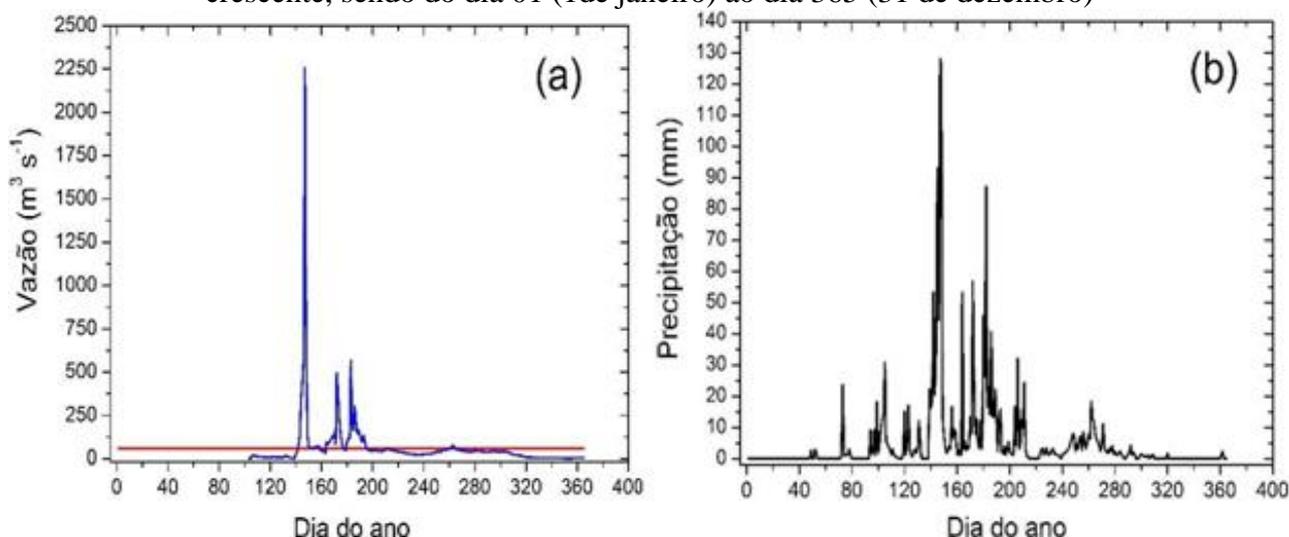


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3.2. Variação e correlação da precipitação e vazão do rio Paraíba do Meio para o ano hidrológico de 2017

A princípio serão apresentadas as médias diárias de vazão referentes ao rio Paraíba do Meio no estado de Alagoas durante o ano hidrológico de 2017 e a média anual de tal vazão, destacada pela linha vermelha (**Figura 6a**) em metros cúbicos por segundo ($m^3 s^{-1}$), obtidas por meio da estação fluviométrica Atalaia da ANA (código: 39870000), localizada no município de Atalaia (AL), assim como serão expostas as médias diárias de precipitação acumulada em milímetros (mm), retiradas da estação pluviométrica da ANA, no posto de Atalaia (**Figura 6b**), conforme **Figura 6**.

Figura 6: Vazão média diária e vazão média anual (reta vermelha) (a) e precipitação acumulada diária (b) para o ano de 2017 no rio Paraíba do Meio – Atalaia (AL). Os dias do ano estão em ordem crescente, sendo do dia 01 (1de janeiro) ao dia 365 (31 de dezembro)



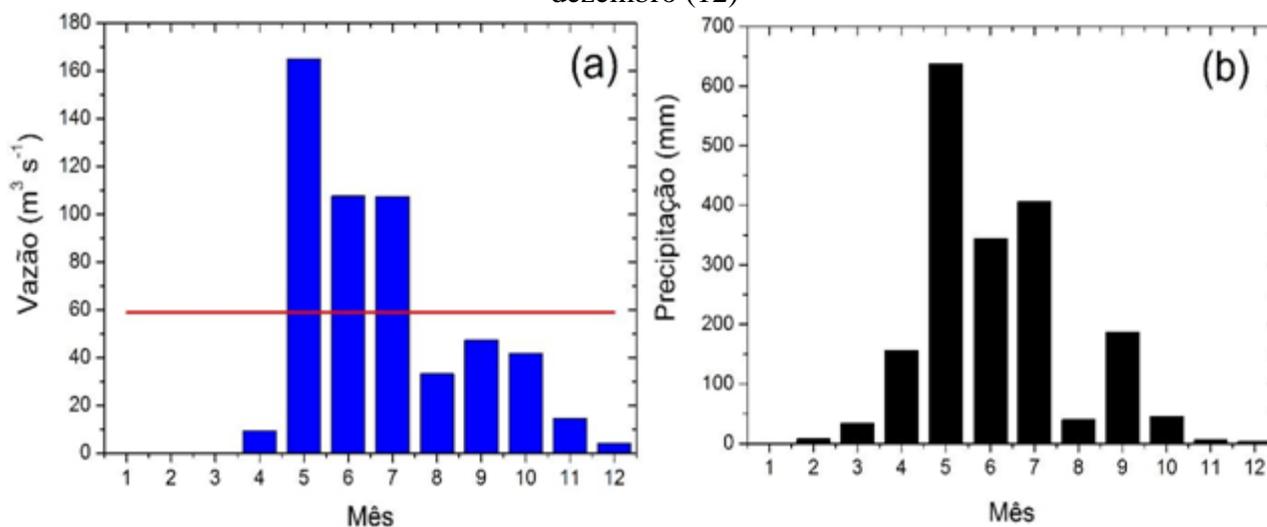
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os valores diários de vazão do rio Paraíba do Meio foram próximos aos da precipitação durante o ano hidrológico de 2017, sobretudo ao longo dos meses de maio a julho, que vai do dia 120 ao dia 210, aproximadamente. Destaca-se o máximo de vazão que ocorreu no dia 147 (27 de maio), com um valor aproximado de $2.258,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, influenciado pelo máximo de precipitação ocorrido nesse mesmo dia, sendo 128,2 mm. Em contrapartida, o menor valor de vazão ocorreu no dia 103 (13 de abril), com valor igual a $0,325 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, seguido dos dias 104 (14 de abril), 139 (19 de maio), 138 (18 de maio) e 105 (15 de abril), que foram dias que obtiveram valores de vazão abaixo de $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ por dia, sendo $0,33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $1,08 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $2,43 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $2,69 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $2,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Contudo, para esses mesmos dias, os valores de precipitação não foram os menores durante o ano, mas apresentaram-se relativamente baixos.

Os meses de janeiro, fevereiro e março não obtiveram valores de vazão, pois segundo a ANA a régua linimétrica não mediu nesse período, assim como os dados referentes à precipitação, que nesses meses foram nulos em praticamente todos os dias dos meses de novembro e dezembro. Esses valores mínimos ocorreram durante um período com baixa pluviosidade, entre os meses de abril e maio (do dia 94 a 151). Durante a estação chuvosa (abril-julho) a vazão obteve os maiores valores do ano, os quais variaram entre 0,32 e $2.258,01 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Por outro lado, na estação seca (novembro-fevereiro), os valores variaram entre 2,99 e $39,28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. A média anual de vazão foi de $58,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, representada pela linha vermelha na Figura 6a, e o total de precipitação anual foi de 1.866,9 mm.

A **Figura 7** apresenta os valores de vazão média mensal e a vazão média anual (representada pela linha vermelha) referentes ao rio Paraíba do Meio para o ano hidrológico de 2017 das mesmas estações.

Figura 7: Vazão média mensal e vazão média anual (reta vermelha) (a) e precipitação acumulada mensal (b) para o ano de 2017 no rio Paraíba do Meio, Atalaia (AL). Meses de janeiro (1) a dezembro (12)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os maiores valores mensais de vazão do rio Paraíba do Meio ocorreram nos meses de maio, junho e julho, com valores de $165 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, $107,60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $107,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, respectivamente (Figura 7a). No mês de agosto houve uma redução no valor da vazão, em função do nível de precipitação que reduziu nesse período, sendo $33,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Em setembro e outubro, os valores de vazão se elevaram, com valores iguais a $47,30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e $41,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, de forma respectiva.

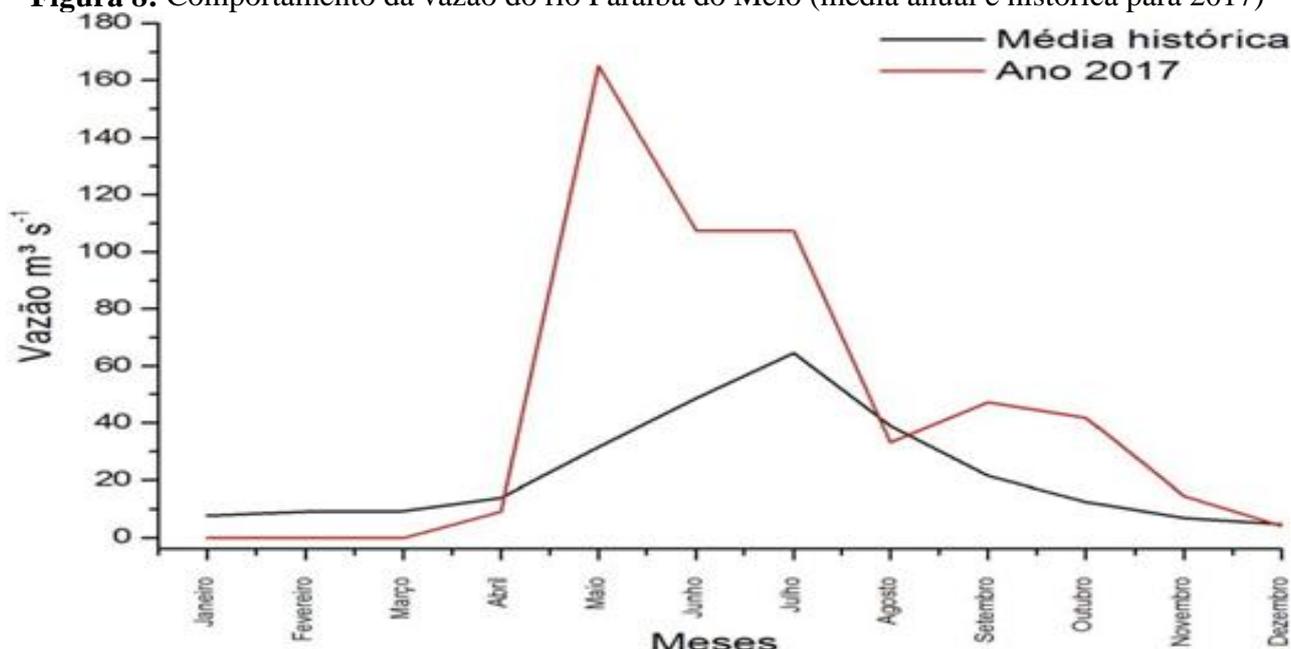
A média mensal máxima de vazão (linha vermelha), foi igual a $165 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, que corresponde ao mês de maio, e a mínima foi de $4,04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, no mês de dezembro, sendo a vazão média anual igual a $58,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Destaca-se o trabalho de Bayer, Reis e Bayer (2012), o qual apresenta uma diferença entre os meses com a vazão mensal máxima, uma vez que o valor máximo de vazão foi de $64,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

¹, em outubro de 2002, quase três vezes menor que o valor verificado no presente estudo ($165 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), sendo o rio com uma vazão média próxima a do rio Paraíba do Meio ($17,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). Esse fato ressalta a diferença encontrada em um mês com chuva acima do normal (maio de 2017), uma vez que a climatologia da precipitação é semelhante para os dois locais (DUARTE; WOLLMAN; MARCZEWSKI, 2017).

Ao analisar os dados de precipitação (Figura 7b), observa-se que durante o ano hidrológico de 2017 os índices mensais de chuva foram altos em comparação aos valores mensais encontrados no período climatológico de 1988 a 2017, assim como o total anual que foi de 1.866,9 mm, indicando que o ano de 2017 teve precipitação pluvial acima do normal, o que concorda com os dados da norma climatológica 61-90 do INMET (INMET, 2020), contexto atípico que certamente influenciou na qualidade hídrica e nos teores de fósforo dissolvido na água do rio neste ano (ver **Figura 10**). Essa alta precipitação ocorreu em praticamente todo o litoral alagoano sem uma distribuição homogênea no estado, sob a influência de sistemas e fenômenos meteorológicos atuantes na região. De acordo com o CPTEC, o escoamento dos ventos alísios de sudeste próximo ao litoral do nordeste brasileiro influenciado pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em conjunto com a existência de cavados próximos à costa causou um direcionamento de umidade e baixas pressões na região do litoral alagoano, sendo esse o fenômeno meteorológico que mais contribuiu para a formação de chuva na região (CPTEC, 2020).

As médias mensais de vazão do rio Paraíba do Meio, para o ano hidrológico de 2017, apresentaram uma variação ao longo do ano (**Figura 8**).

Figura 8: Comportamento da vazão do rio Paraíba do Meio (média anual e histórica para 2017)



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Analisando as médias mensais de vazão para o ano hidrológico de 2017, observa-se que os meses de maio, junho e julho apresentaram os maiores valores quando comparados com a média histórica de vazão para esse período, a qual foi de $31,70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Sendo maio com vazão mensal de $165 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, superior à média histórica, junho com vazão média mensal de $107,60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, também superior à média histórica ($48,42 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), e julho com vazão média mensal igual a $107,37 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, superior à média histórica que foi de $64,68 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Nesse sentido, os maiores valores de vazão média mensal para o ano hidrológico de 2017 sugerem para esses meses uma maior capacidade de transporte de materiais do rio Paraíba do Meio, embora possa ter ocorrido diluição das concentrações de fósforo.

Os valores referentes à vazão da estação fluviométrica da ANA, no município de Atalaia, do ano hidrológico de 2017, revelaram médias mensais diferenciadas, assim como os máximos e os mínimos de vazão no decorrer desse ano, conforme mostra a **Tabela 2**.

Tabela 2: Média mensal, desvio padrão, máximos e mínimos da vazão da estação fluviométrica Atalaia (39870000) da ANA – Atalaia (AL), 2017

Mês	Média Mensal	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Janeiro	0	0	0	0
Fevereiro	0	0	0	0
Março	0	0	0	0
Abril	9,23	5,48	20,64	0,33
Maiο	165,01	431,93	2258,00	2,43
Junho	107,60	96,95	495,51	30,69
Julho	107,37	106,33	565,82	42,54
Agosto	33,20	9,40	53,67	22,65
Setembro	47,30	11,45	76,74	27,64
Outubro	41,79	2,33	47,71	37,70
Novembro	14,59	10,87	39,28	5,01
Dezembro	4,04	0,73	5,54	2,98

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

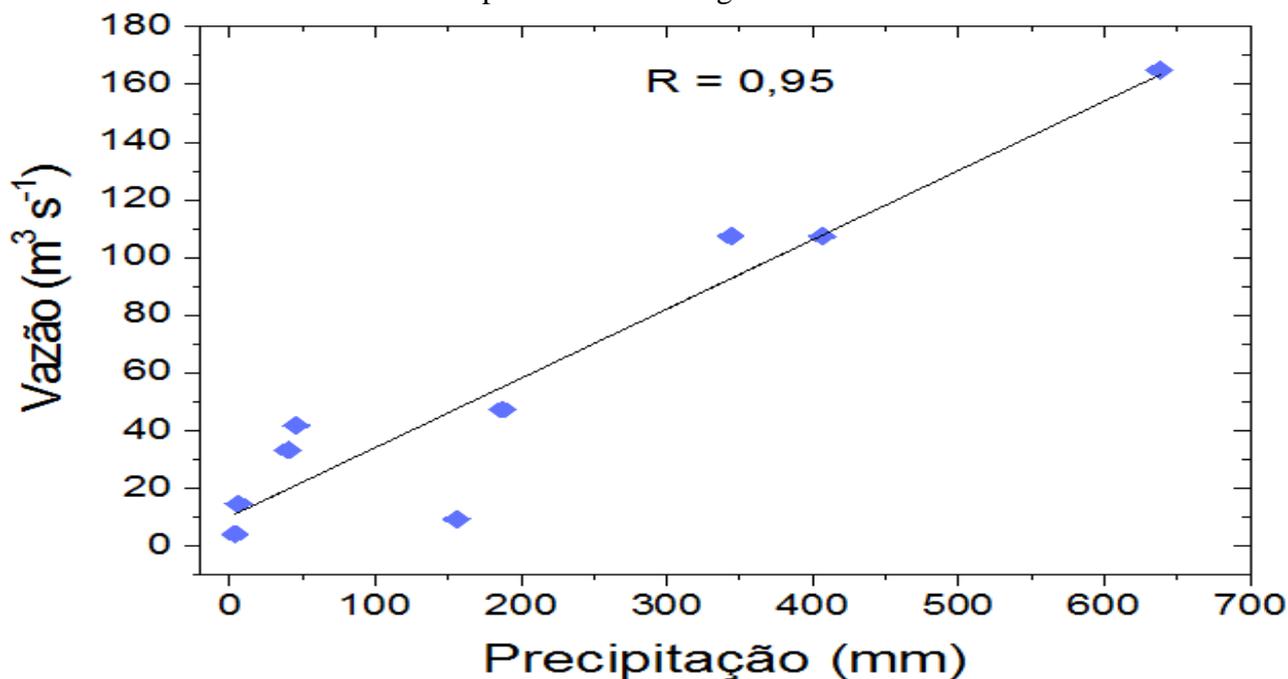
Os dados denotam uma variação quanto às médias mensais de vazão, sobretudo no aumento significativo na passagem do mês de abril para o mês de maio, seguido dos meses junho e julho, havendo uma diminuição desses índices nos meses seguintes, sendo dezembro o mês que obteve a menor média mensal de vazão em 2017. Do mês de janeiro ao mês de março não houve dados de vazão. As diferenças existentes entre os máximos e os mínimos de vazão dentre os meses se manifestaram consideravelmente, como o mês de maio que apresentou um mínimo de $2,43 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e um máximo de $2258,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, em razão do elevado índice de chuva ocorrido no dia 27 de maio que apresentou 128,2 mm, sendo 165,01 com desvio padrão de $431,93 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, o que demonstra uma margem de erro grande nesse mês.

Ao analisar o mês de outubro, percebe-se uma pequena diferença no valor máximo e mínimo de vazão, os quais apresentam-se próximo da média mensal de $41,79 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, com um desvio padrão de apenas $2,33 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. O mês de dezembro apresentou os menores valores extremos (máximo e mínimo) do ano, com 5,54 e $2,98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, respectivamente, sendo 4,04 e desvio padrão de $0,73 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, em razão dos baixos valores de pluviometria ocorridos nesse período, o que provocou esse decréscimo nos valores de vazão.

A **Figura 9** demonstra a correlação entre o total mensal e a vazão média mensal para o ano de 2017.

Semelhante ao que ocorreu entre as médias mensais históricas de precipitação e vazão, notou-se uma relação entre essas variáveis no ano de 2017. O coeficiente de correlação ($R=0,95$), significativo a um $p<0,05$, evidencia essa relação, demonstrando a dependência do escoamento superficial do rio Paraíba do Meio em relação à precipitação ocorrida na região nesse período. Esse comportamento positivo entre as variáveis é elucidado por Maciel (2017) em seu estudo, o qual demonstra como referência as alterações no comportamento da variável precipitação, que reflete diretamente na dinâmica em resposta da variável vazão.

Figura 9: Correlação entre o total mensal de precipitação e vazão média mensal do rio Paraíba do Meio para o ano hidrológico de 2017

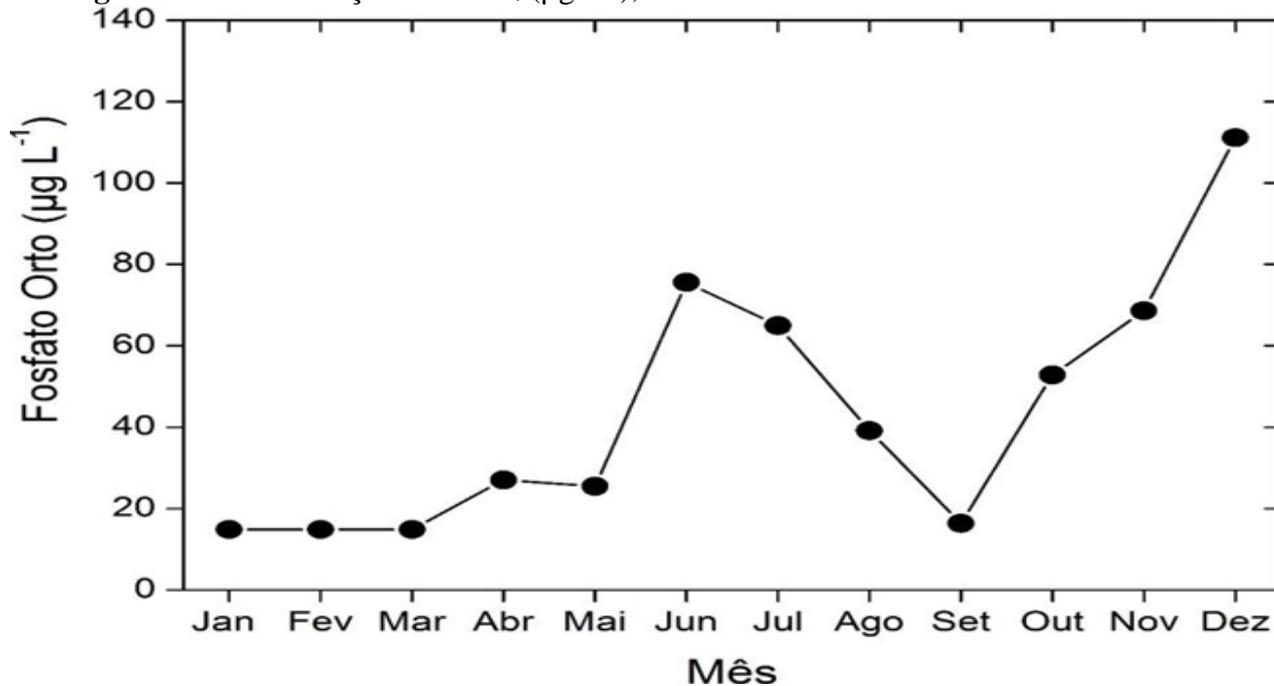


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3.3. Concentração e fluxo de fósforo dissolvido no rio Paraíba do Meio

No que se refere à concentração de fósforo dissolvido ou Fosfato Orto ($P-PO_4 \mu g L^{-1}$) na água do rio Paraíba do Meio no ano hidrológico de 2017, foi elaborada a **Figura 10**.

Figura 10: Concentração de $P-PO_4$ ($\mu g L^{-1}$), no rio Paraíba do Meio durante o ano de 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os valores de concentração de P-PO₄ (µg L⁻¹) no rio em estudo para o ano hidrológico de 2017 comportaram-se de maneira variada ao longo dos meses. Embora o referido ano tenha apresentado valores de precipitação altos, os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram os menores níveis de concentração, sendo relativamente o mesmo valor para os três meses, com 14,88 P-PO₄ (µg L⁻¹). No período em que ocorreram os maiores índices de pluviometria (maio a julho), as concentrações de fosfato aumentaram, com 25,51 P-PO₄ (µg L⁻¹) para maio, 75,61 P-PO₄ (µg L⁻¹) para junho e 64,98 P-PO₄ (µg L⁻¹) para julho.

Essa variação ocorreu por conta de alguns fatores importantes, pois os altos níveis de concentração de ortofosfato no mês de junho e julho ocorreram devido a diluição ou sedimentação da rocha fosfática e solo na água do rio. Com o fim do período chuvoso, os níveis das concentrações diminuíram em agosto (39,17 P-PO₄ µg L⁻¹) e em setembro (16,40 P-PO₄ µg L⁻¹), assim como os níveis de vazão que também diminuíram. Nos últimos três meses do ano, constatou-se que houve um aumento da concentração de ortofosfato, em função da redução da precipitação, aumento da presença de água poluída, além da diluição do fósforo das rochas e solo na água com a baixa vazão nesse período, com 52,84 P-PO₄(µg L⁻¹) para outubro, 68,63 P-PO₄ (µg L⁻¹) em novembro e 111,14 P-PO₄ (µg L⁻¹) para o mês de dezembro, este último foi o mês que apresentou a maior concentração de ortofosfato no rio Paraíba do Meio. A concentração média anual de ortofosfato foi de 43,83 P-PO₄ (µg L⁻¹).

Gaspar (2009), em seu estudo realizado nos rios Botafogo e Carrapicho no sistema estuarino do canal de Santa Cruz Itamaracá (PE), encontrou quantidades de fosfato dissolvido próximas às do rio Paraíba do Meio em seus meses chuvosos, principalmente em junho e agosto para as seis estações definidas pelo autor. O fluxo máximo de fosfato foi encontrado no mês de julho no rio Carrapicho (1,86 µmol L⁻¹ ou 176,64 µg L⁻¹). No período seco a média dos valores de fosfato dissolvido foi maior, porém com um máximo de 1,38 µmol L⁻¹ ou 131,05 P-PO₄ (µg L⁻¹).

As maiores concentrações de ortofosfato em alguns pontos, estão associadas à ocorrência de forma mais intensa do lançamento de efluentes provenientes das estações de tratamento de esgoto que existem ao longo do local em que ocorreu a coleta das amostras. A comunidade que vive nas proximidades do rio utiliza de sua água para diversas finalidades, além do lançamento de materiais domésticos e o uso inadequado do solo, que gera a diminuição dos níveis de oxigênio e um aumento na concentração de nutrientes e da produtividade no ambiente hídrico, que em consequência provoca um desequilíbrio ecológico que altera todo o ecossistema aquático, possibilitando o processo de eutrofização e consequentemente sérios problemas não só ambientais, mas também socioeconômicos.

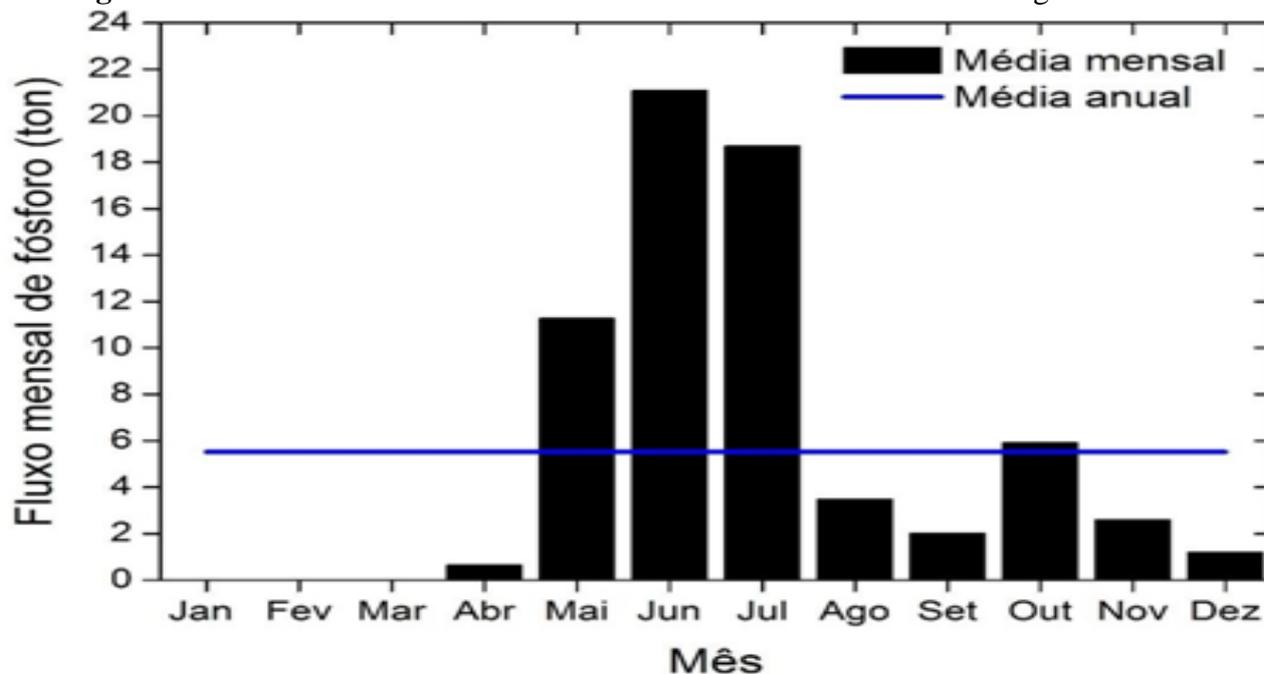
Nesse sentido, existe uma série de relações positivas e negativas derivadas dessas atividades que estão atreladas ao estudo da climatologia, que podem variar em função da influência que os componentes ambientais, clima e precipitação possam exercer no contexto de todo o ecossistema aquático. Esses fatores são atribuídos também à falta de preservação das margens desse rio, da ausência de um planejamento urbano e ambiental eficiente, que apresentam erosões e o transporte de solos sem cobertura vegetal, além da ocorrência de ocupações irregulares e da pulverização de herbicidas nas lavouras, sobretudo de cana-de-açúcar, o que intensifica a concentração de fósforo nesse ambiente, e de outros macronutrientes como o nitrogênio (SILVA JÚNIOR; CARVALHO; PINHEIRO, 2017).

No que diz respeito aos índices de fluxo mensal de fósforo dissolvido na água referente aos doze meses do ano hidrológico de 2017, foi elaborada a **Figura 11** para melhor representação. O fluxo mensal e anual de fósforo dissolvido para o ano hidrológico de 2017 foi determinado segundo Medeiros *et al.* (2007).

Referente aos fluxos mensais de fósforo dissolvido na água dos três primeiros meses do ano hidrológico de 2017 (ton/mês), destaca-se que por conta da ausência de dados de vazão nestes meses, na estação fluviométrica Atalaia (39870000), não foi possível determinar o fluxo mensal nesse período, pois o valor de vazão é necessário para se realizar o seu cálculo. Entretanto, a partir do mês de maio observaram-se valores de fluxo mensal de fósforo, sendo aproximadamente 11,27 ton/mês,

enquanto nos meses de junho e julho o valor aumentou para 21,09 ton/mês e 18,70 ton/mês, respectivamente. Vale ressaltar que os meses de junho e julho apresentaram os maiores valores de fluxo mensal de fósforo no ano de 2017, devido aos valores de vazão que também foram os mais elevados nesse período, com exceção do mês de maio em que, embora tenha apresentado a maior média mensal de vazão no ano (**Tabela 2**), o fluxo de fósforo mensal não foi o maior, em razão da concentração de ortofosfato que foi relativamente menor.

Figura 11: Fluxo mensal de fósforo do rio Paraíba do Meio no ano hidrológico de 2017



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Os meses de agosto e setembro apresentaram redução substancial dos valores de fluxo mensal de fósforo, com dados aproximados de 3,48 ton/mês e 2,01 ton/mês, respectivamente, havendo um aumento no mês de outubro, com 5,91 ton/mês. Todavia, nos meses seguintes, novembro e dezembro, os valores referentes ao fluxo reduziram novamente para 2,59 ton/mês e 1,20 ton/mês, de forma respectiva. Dezembro foi o mês que apresentou o menor valor referente ao fluxo mensal de fósforo do rio Paraíba do Meio no ano hidrológico de 2017. A média anual referente ao fluxo mensal de fósforo, durante o ano de 2017, representada pela linha azul, foi de aproximadamente 5,52 ton/mês.

4. CONCLUSÃO

Considerando-se os dados e as informações apresentadas e discutidas no decorrer da presente pesquisa, conclui-se que a vazão do rio Paraíba do Meio, durante o ano hidrológico de 2017, apresentou-se de forma variável, embora os três primeiros meses não tenham apresentado resultados em razão da régua limimétrica não ter medido nesse período, o que justifica o fato de que dados medidos podem apresentar falhas em determinadas situações, sobretudo quando esses são de medição automática. Nesse sentido, a climatologia da precipitação do rio Paraíba do Meio demonstrou uma variabilidade no decorrer dos meses para o ano estudado, que, por sua vez, denota a importância no que diz respeito a sua interferência na vazão, sobretudo na análise dessas variáveis de modo correlacionado.

Conclui-se ainda que, além de a precipitação interferir no comportamento da vazão no rio Paraíba do Meio, ambas as variáveis exerceram uma importante influência no fluxo de fósforo durante o ano hidrológico de 2017, uma vez que nos meses que apresentaram volumes maiores de precipitação

os níveis de vazão também aumentaram, influenciando em elevados fluxos de fósforo e consequentemente os níveis de concentração de ortofosfato também se elevaram. Por outro lado, no período em que houve baixos índices de precipitação, os níveis de vazão do rio reduziram, assim como o fluxo de fósforo, indicando uma maior capacidade de transporte de nutrientes do rio Paraíba do Meio.

O estudo revelou que o coeficiente de correlação demonstrou a grande relação entre as variáveis vazão e precipitação referentes ao rio Paraíba do Meio tanto para o período de 1988 a 2017 como para o ano hidrológico de 2017, elucidando que conforme o acúmulo total médio mensal de precipitação aumentou, o volume das vazões também se tornou maior, isto é, o regime fluviométrico acompanhou o regime pluviométrico no período estudado, o que não é comum ocorrer em todos os rios, como no rio São Francisco, por exemplo. Nesse contexto, este estudo contribuirá ao desenvolvimento de projetos e subvenção de planejamentos voltados à gestão ambiental, de maneira que o conhecimento ambiental da região do rio Paraíba do Meio, tanto qualitativo como quantitativo, seja melhor atribuído e transmitido a toda a comunidade por meio de projetos e práticas de educação ambiental, de modo a garantir a qualidade hídrica desse recurso e consequentemente o desenvolvimento social.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico –CNPq –através do Projeto Instituto do Milênio Estuários CNPq/ MCT Proc. n.º 420.050/2005-1 e do Projeto CNPq INCT-TMC Ocean Proc. n.º 573.601/2008-9, pelos equipamentos utilizados na coleta e processamento dos dados presentes neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da agência nacional de águas**. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sre/manual-de-outorga.pdf>. Acesso em: 02 out. 2019.

ALCÂNTARA, E. H. Mudanças climáticas, incertezas hidrológicas e vazão fluvial: o caso do estuário do rio Anil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 12, p. 158-173, jun. 2004.

ARRUDA, L. V.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVEIRA, J. P. A.; PEDROSA, E. C. T. Identificação de vulnerabilidades ambientais na microbacia do rio Guarabira – PB. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 50-61, jun. 2010.

BAYER, D. M.; REIS, N. M.C.; BAYER, F. M. Modelagem e Previsão de Vazões Médias Mensais do Rio Pútrido Utilizando Modelos de Séries Temporais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 229-239, 2012.

BRANCO, J. C. Variação morfológica dos ecossistemas de planície de Maré na foz do rio cachoeira, Paraná. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 25, p. 12-23, mar. 2008.

CALLENDER, E.; HAMMOND, D. E. Nutrient Exchange across the Sediment water Interface in the Potomac River Estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Los Angeles, v. 15, n. 4, p. 395-413, out. 1982.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. 1. ed. São Paulo: FAPESP, 1994. 253p.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Boletim Técnico**, 2019. Disponível em: <https://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>. Acesso em: 2 fev. 2021.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e Estatística**. 2. ed. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003. 116 p.

DUARTE, V. A.; WOLLMAN, C. A.; MARCZEWSKI, R. K. Análise da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ijuí-RS no período de 2001 a 2015. *In*: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências, p. 2545-2550. 2017

GAMA, W. M. **Impactos das mudanças climáticas na resposta hidrológica da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Meio (AL/PE)**. Maceió, 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas.

GASPAR, F. L. **Análise da concentração de fósforo em sedimentos dos rios Botafogo e Carrapicho, no sistema estuarino do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia Química, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

GOMES, A. A. S.; MEDEIROS, P. R. P.; LIMA, A. C. C. Estimativa do fluxo de material em suspensão do Rio Paraíba do Meio (AL). **Revista de Geociências do Nordeste**, Natal, v. 2, n. 1, p. 1-8, nov. 2016.

GOOGLE MAPS. **Rio Paraíba do Meio**. 2019. Disponível em: <https://www.google.com/maps/search/riacho+brei%C3%A3o/@-9.5956322,-36.0092679,1032m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 01 dez. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Gráficos climatológicos**. 2019. Disponível em: www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php. Acesso em: 21 fev. 2020.

LIMBERGER, L.; SILVA, M, E, S. Precipitação e vazão mensal na Amazônia. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, n. 5, p. 719-728, jul. 2012.

LEITE, T. C. **Hidroquímica do baixo rio Paraíba do Sul antes e após o aporte de seus principais afluentes: rio Pomba e rio Dois Rios**. 2016. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Biociência e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016.

MACÊDO, M. N. C. *et al.* Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013.

MACIEL, S. A. **Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, Brasil**. 2017. 213 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N. Aporte de material em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, Itajaí, v. 15, n. 1, p. 45-53, 2011.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.A.; DOS SANTOS JÚNIOR, R.C.; DE SOUZA, W. F. L. Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do rio São Francisco (SE/AL). **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n.2, p. 212-231, jun. 2007.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B. A.; DOS SANTOS JÚNIOR, R. C.; DE SOUZA, W. F. L. Aporte anual do material em suspensão e sua dispersão na zona costeira do rio São Francisco (SE/AL). In: CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, 2, 2003, Recife. **Anais [...]** Recife: Universidade Estadual do Ceará, 2003.

MILLIMAN, J.D. Flux and fate of fluvial sediment and water in Coastal Seas. In: MANTOURA, R. F. C.; MARTIN, J.M.; WOLLAST, R. (Ed). **Ocean Margin Processes in Global Change**. Chichester: John Wiley and Sons Ltd, p. 69-89, 1991.

MORE. **Mecanismo online para referências, versão 2.0**. Florianópolis: UFSC:Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

NASCIMENTO, P. T. S.; XAVIER, R. A. Análise pluviométrica do estado de Alagoas. In: Simpósio Alagoano de Gestão Ambiental, 1, 2010, Arapiraca. **Anais [...]** Arapiraca: Universidade Estadual de Alagoas, 2010. p. 11-19.

PLANO DIRETOR DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO MEIO – **PDRH**. v. 1, p. 18- 23, 2001.

RAMOS, R. P. S.; DE DEUS, R. A. S. G.; ALEXANDRE, F. S.; GOMES, D. D. M. Morfometria da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Meio por meide Técnicas de Geoprocessamento. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, São Paulo, v. 4, n. 8, p. 226-246, 2017.

RODRIGUES, M. T. **Acoplamento do modelo hidrológico MGB ao modelo atmosférico WRF visando estimar vazão na bacia do rio Paraíba do meio – AL/PE**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Meteorologia – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2012.

SILVA, L. F.; KAYANO, M. T.; FERREIRA, N. J. Evolução das anomalias de temperatura da superfície do mar durante anos de El Niño nas duas fases da Oscilação multi-decadal do Pacífico. III Simpósio Internacional de Clima. 7. 2005, Fortaleza, CE. **Anais [...]** Fortaleza: SBMET, 2005. p. 271-286.

SILVA JÚNIOR, O. P.; CARVALHO, S. L; PINHEIRO, J. H. P. A. Avaliação das concentrações de nitrogênio e fósforo na água do Córrego das Marrecas, município de Dracena – SP. **Revista Científica**, [s. I], v. 10, n. 19, p. 37-49, 2017.

SOUZA, J. L.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, L.; MOURA FILHO, G. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972- 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p.131-141, jan. 2003.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. 2. ed. Ottawa: **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, 1972. 328p.

TRENBERTH, K.E. El Niño Southern Oscillation (ENSO). **Encyclopedia of Ocean Sciences** (Third Edition), v. 6, p. 420-432, 2019.

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 402-407, nov. 2014.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H. **Probability & statistics for engineers & scientists**. 9. ed. New York: Macmillan, 2011.



Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.