

## **Regimes Mensais e Anuais das Vazões Médias, Máximas e Mínimas na Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI)**

Monthly and Annual Schemes of Average, Maximum and Minimum Flows in the Itacaiúnas Hydrographic Sub-Region (SRHI)

Esquemas Mensuales y Anuales de Flujos Promedio, Máximo y Mínimo en la Subregión Hidrográfica De Itacaiúnas (SRHI)

Recebido: 29/05/2022 | Revisado: 09/06/2022 | Aceito: 12/06/2022 | Publicado: 24/06/2022

**Sâmyra Silva Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9507-5387>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: [myra.lima.07533@gmail.com](mailto:myra.lima.07533@gmail.com)

**Isabella de Oliveira Lacerda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5367-2669>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: [isabellaolacerda1@gmail.com](mailto:isabellaolacerda1@gmail.com)

**Glauber Epifanio Loureiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0801-5296>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: [epfanio@uepa.br](mailto:epfanio@uepa.br)

### **Resumo**

A água possui papel fundamental na estruturação e desenvolvimento da bacia. Neste sentido, o presente estudo objetiva caracterizar as vazões médias, máximas e mínimas na sub-região hidrográfica Itacaiúnas (SRHI). O levantamento de informações dos postos fluviométricos foi realizado junto à Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas – ANA, obtidos a partir do seu portal Hidroweb, por seguinte os dados foram encaminhados e processados no sistema computacional para análise hidrológica desenvolvido pelo GPRH, SisCAH 1.0. Diante das análises, foi possível identificar que na bacia a presença de uma sazonalidade climática, com dois períodos característicos bem definidos, os meses de chuvas correspondendo de outubro a abril quando os valores das vazões tendem a aumentar, por outro lado no período de estiagem que inicia em maio e prolonga até o mês de setembro são registrados baixos volumes. Das estações estudadas a localizada no município de marabá apresenta picos superiores de vazão com média anual de 596,8 m<sup>3</sup>/s por esta instalada na bacia Itacaiúnas. Já os valores inferiores de vazão foram registrados no posto de Parauapebas inserida no rio Parauapebas sendo afluente da bacia Itacaiúnas apresentou média anual de 92,7 m<sup>3</sup>/s.

**Palavras-chave:** Caracterização hidrológica; Estatísticas; Vazões.

### **Abstract**

Water plays a fundamental role in the structuring and development of the basin. In this sense, the present study aims to characterize the average, maximum and minimum flows in the Itacaiúnas hydrographic sub-region (SRHI). The survey of information from the fluviometric stations was carried out with the National Hydrometeorological Network of the National Water Agency - ANA, obtained from its Hidroweb portal, then the data was forwarded and processed in the Computational System for Hydrological Analysis developed by the GPRH, SisCAH 1.0. Based on the analyses, it was possible to identify that in the basin the presence of a climatic seasonality, with two well-defined characteristic periods, the rainy months corresponding from October to April when the flow values tend to increase, on the other hand in the dry period that starts in May and extends until the month of September, low volumes are registered. From the studied stations, the one located in the municipality of marabá presents superior flow peaks with an annual average of 596.8 m<sup>3</sup>/s for this one installed in the Itacaiúnas basin. The lower flow values were registered at the Parauapebas post, inserted in the Parauapebas river, which is a tributary of the Itacaiúnas basin and presented an annual average of 92.7 m<sup>3</sup>/s.

**Keywords:** Hydrological characterization; Statistic; Flows.

### **Resumen**

El agua juega un papel fundamental en la estructuración y desarrollo de la cuenca. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar los caudales promedio, máximo y mínimo en la subregión hidrográfica de Itacaiúnas

(SRHI). El relevamiento de la información de las estaciones pluviométricas se realizó con la Red Hidrometeorológica Nacional de la Agencia Nacional del Agua - ANA, obtenida de su portal Hidroweb, luego los datos fueron remitidos y procesados en el Sistema Computacional de Análisis Hidrológico desarrollado por GPRH, SisCAH 1.0. Con base en los análisis, se pudo identificar que en la cuenca la presencia de una estacionalidad climática, con dos periodos característicos bien definidos, los meses lluviosos correspondientes de octubre a abril cuando los valores de los caudales tienden a aumentar, por otro lado. Además del período seco que comienza en mayo y se extiende hasta el mes de septiembre, se registran volúmenes bajos. De las estaciones estudiadas, la ubicada en el municipio de marabá presenta picos de caudal superiores con un promedio anual de 596,8 m<sup>3</sup> / s para esta instalada en la cuenca de Itacaiúnas. Los menores valores de caudal se registraron en el puesto Parauapebas, insertado en el río Parauapebas, que es afluente de la cuenca de Itacaiúnas y presentó un promedio anual de 92,7 m<sup>3</sup> / s.

**Palabras clave:** Caracterización hidrológica; Estadística; Flujos.

## 1. Introdução

O planejamento dos recursos hídricos em bacias e micro bacias com grande disponibilidade de água é indispensável, uma vez que, são consideradas grandes redes de drenagem que promovem um balanço de águas, ou seja, o volume de entrada menos o volume de saída é igual ao balanço do curso (Pinto *et al.*, 2019).

Para auxiliar na gestão dos regimes hidrológicos, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433 em 8 de janeiro de 1997, objetiva assegurar as gerações atuais e futuras o direito a água com padrões de qualidade adequados aos usos, dispondo dos mesmos critérios a Política Estadual foi criada pela Lei nº 6.381 de 25 de julho de 2001, para fins de gerenciamento deste recurso no Estado do Pará.

Nesse seguimento, o estudo acerca de vazões na sub-região hidrográfica Itacaiúnas SRHI é essencial para compreender o regime hidrológico, conquanto, entende-se vazão como o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, conforme descrito por autores como Groppo *et al.* (2005) e Kruger *et al.* (1998) que analisam o comportamento dos regimes de vazões em seus estudos. Assim, em estudos hidrológicos há a necessidade de se entender os processos que controlam o movimento da água (Viana *et al.*, 2018).

Então, a estimativa dos valores de vazões é indispensável, uma vez que, o conhecimento das vazões mínimas assume um papel importante quando se trata da disponibilidade hídrica e escassez hídrica, ou seja, é fundamental para o planejamento dos recursos hídricos, e vazões máximas são de extrema importância para dimensionamento das obras hidráulicas e estimativa de cheias (Lopes *et al.*, 2018).

Dessa forma, em análises aos cursos d'água que compõem a bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, a SRHI merece destaque especial pela grande disponibilidade hídrica, além disso abrange alguns dos mais importantes municípios do sudeste paraense, tais como Marabá e Parauapebas, os quais geram atividades diversas que podem influenciar diretamente no comportamento hidrológico (Lima *et al.*, 2020).

Neste sentido, justifica-se a importância de estudos que visem entender o comportamento hidrológico, principalmente aqueles com enfoque no volume d'água disponível na bacia, com vistas para o gerenciamento e planejamento hídrico em áreas que apresentem expressiva disponibilidade deste recurso (Souza & Bizawu, 2017).

A modificação da paisagem por atividades antrópicas por meio da remoção da vegetação nativa pode interferir no comportamento hidrológico da bacia hidrológica, incluindo sua manutenção e distribuição no solo. Já as áreas nativas desempenham um papel importante na manutenção do ciclo hidrológico, além de aumentar a porosidade e permeabilidade do solo, e reduzir o escoamento superficial, podendo assim refletir no aumento do pico de vazão da bacia hidrográfica (Oliveira *et al.*, 2018 & Brito *et al.*, 2019).

Embora a cobertura vegetal auxilie no processo de infiltração da água no solo, a expansão da área de plantio utilizada para fins de escavação ajuda a reduzir a quantidade de água disponível na bacia hidrológica (Barreto, 2019).

Considerando a poderosa influência do modo de ocupação territorial, na avaliação e monitoramento do ambiente físico para garantir os objetivos da bacia hidrológica, a investigação do uso e ocupação do solo da bacia hidrológica e sua relação com os recursos hídricos são essenciais (Sobral *et al.*, 2018).

Assim, o conhecimento das vazões se faz essencial para SRHI, uma vez que, a água desempenha um papel importante na estruturação, planejamento hídrico e no desenvolvimento regional (Souza & Bizawu, 2017). Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo caracterizar as vazões médias, máximas e mínimas na bacia.

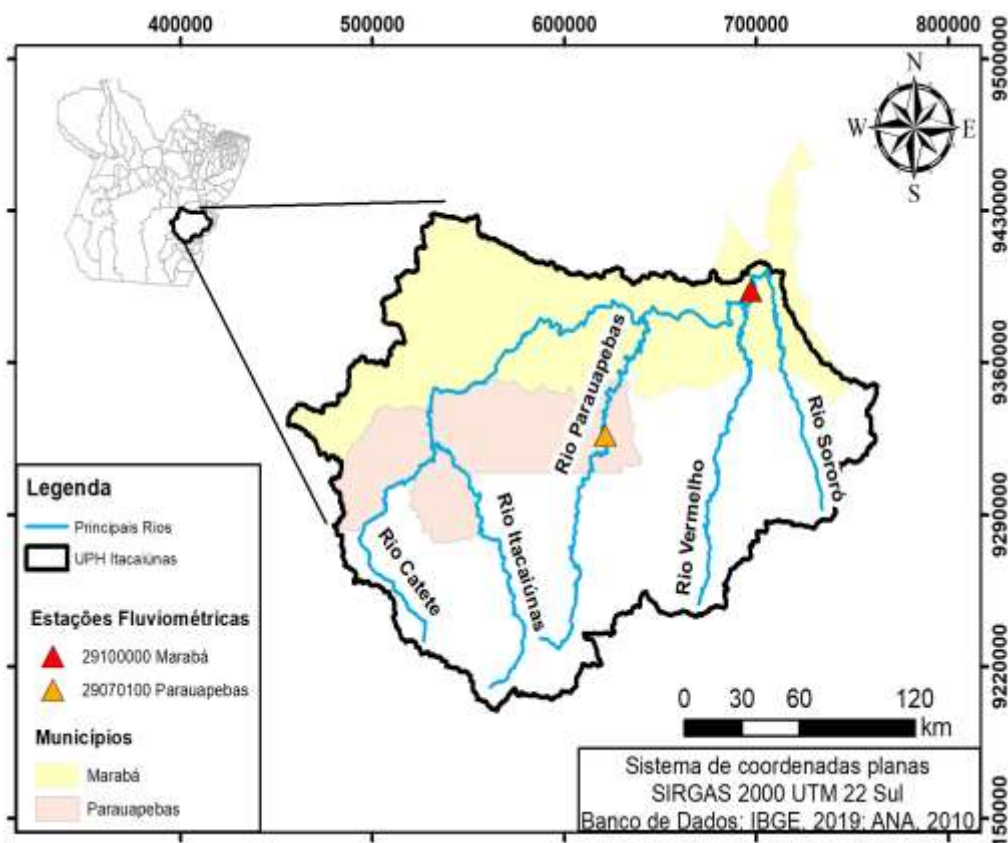
## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de Estudo**

A área de estudo caracterizada como sub-região hidrográfica Itacaiúnas SRHI, se encontra localizada no Estado do Pará e inserida na bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia RHTA, possui 42.000 km<sup>2</sup> em sua área de drenagem, adentrando-se os municípios de Canaã dos Carajás, Curianópolis, Eldorado dos Carajás, Marabá, Ourilândia do Norte, Parauapebas, Piçarra, Sapucaia, São Geraldo do Araguaia, Xinguara e Água azul do norte, tendo como curso principal o rio Tocantins. Para fins de planejamento, a região estudada é definida como Unidade de Planejamento Hídrico (UPH), apresentando uma delimitação única, tanto a nível estadual quanto a nível federal.

Dessa maneira, o estudo apresenta caráter científico original, pois utiliza o método de pesquisa exploratório, em busca de evidenciar o comportamento das vazões na SRHI, tendo pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa (Rodrigues, 2007). Diante disso, a SRHI abrange dois dos mais importantes municípios no Sudeste paraense, tais como Marabá e Parauapebas, os quais geram economia para região por meio das atividades de Mineração, Agropecuária e Indústria, no entanto, as ações antrópicas principalmente do uso/ocupação do solo, interfere diretamente para o desequilíbrio e vulnerabilidade da bacia. Nesse seguinte a área de estudo, compreende-se com as coordenadas geográficas 05° 10' a 07° 15'S latitude e 48° 37' a 51° 25' W como demonstra a Figura 1.

**Figura 1** – Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI).



Fonte: Autores (2022).

## 2.2 Levantamento de dados hidrométricos da rede

A coleta de dados das estações fluviométricas foi realizada por meio da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas – ANA, obtidos a partir do portal Hidroweb. As informações disponibilizadas apresentam a leitura de vazões diárias e mensais das estações, facilitando no processo de identificação das estações ainda em operação (Lima *et al.*, 2020).

Nesse seguimento, a SRHI possui 57 estações, das quais, apenas 21 pluviométricas e 21 fluviométricas se encontram em operação e disponibilidade de dados como descrito por (Lima *et al.*, 2020). Diante disso, os postos foram escolhidos de acordo com a consistência nível 2 dos dados disponíveis, levando em consideração aqueles que apresentaram menor número de falhas e série histórica mais longa, em busca de obter resultados satisfatórios.

Para o processamento e análise das vazões médias, máximas e mínimas, utilizou-se a ferramenta “processamento de dados” presente no Sistema Computacional para Análise Hidrológica SisCAH 1.0 desenvolvido pelo GPRH, (Sousa *et al.*, 2009). Na seleção das estações fluviométricas, foram utilizados os seguintes critérios:

- As estações fluviométricas deveriam apresentar dados em séries históricas iguais ou superiores a 10 anos.
- Os anos com percentuais de falhas iguais ou superiores a 5% dos dados registrados foram desconsiderados.

## 2.3 Apropriação de variáveis explicativas para determinar os regimes das vazões

Inicialmente foram expressadas as variáveis matematicamente, conforme descrito por Carvalho (2008) temos:

$$Q = A \times V$$

Em que:

V= Velocidade de escoamento ( $m^3/s$ )

A = Área de drenagem ( $km^2$ )

Por seguinte, os dados foram encaminhados e calculados para nível de 5% de significância no programa estatístico SisCAH 1.0, o qual realizou o cálculo de escoamento das máximas, média e mínimas da bacia, conforme descrito por (Pruski *et al.*,2006 & Spiegel, 1993).

Diante disso, é valido resaltar que todos as figuras, quadros e tabelas apresentados nesta pesquisa, assim como as variáveis representativas e fórmulas, foram encaminhadas em formas de planilhas de edição no (Microsoft,2010).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Caracterização do regime fluviométrico

A SRHI possui 57 estações, das quais, 21 são fluviométricas, destas 2 foram analisadas em situação de operação com disponibilidade de dados, os postos estudados estão localizados na Unidade de Planejamento Hídrico (UPH) e banhada pelo rio principal Tocantins e afluentes, rio Catete, rio Itacaiúnas, rio Parauapebas, Rio Vermelho e Rio Sororó, adentrando os principais municípios que influenciam na economia da região sudeste, tais como Marabá e Parauapebas como apresenta a figura 1.

Desta maneira, o Quadro 1 apresenta informações das estações, descrevendo o código, rio, Estado, município, responsável, operador, latitude, longitude e área de drenagem.

**Quadro 1** – Estações fluviométricas ativas com dados disponibilizados.

DESCRIÇÃO	ESTAÇÃO 1	ESTAÇÃO 2
<b>Código</b>	29070100	29100000
<b>Rio</b>	RIO PARAUPEBAS	RIO ITACAIÚNAS
<b>Estado</b>	PARÁ	PARÁ
<b>Município</b>	PARAUPEBAS	MARABÁ
<b>Responsável</b>	ANA	ANA
<b>Operadora</b>	CPRM	CPRM
<b>Latitude</b>	-6:09:14	-05:29:12
<b>Longitude</b>	-49:90:44	-049:13:17
<b>Área de drenagem (<math>km^2</math>)</b>	703000,00	37500,00

Fonte: Autores (2022).

#### 3.2 Análise de vazões médias, máximas e mínimas

As tabelas de 1 a 3 e gráficos de 2 a 7, apresentam dados referente ao regime fluviométrico da SRHI, contendo os valores médios de vazões mensais e anuais, para melhor demonstrar o comportamento hidrológico da bacia. A tabela 1 representa as respectivas médias fluviométricas mensais e anuais, do período de 2010 a 2020 para o posto 29070100 localizado no município de Parauapebas e 1980 a 2017 para a estação 29100000 que se encontra na cidade de Marabá.

Desta maneira, constatou-se que o ano hidrológico na SRHI inicia no mês de outubro, sendo o seu período úmido de outubro até abril e o período seco de maio até setembro. Nos períodos de chuva identificou-se um aumento nos valores médios de vazão (70,17 a 811,9  $m^3/s$ ), enquanto, a estiagem que inicia no mês de maio estende-se até setembro, com médias que tendem a diminuir de (525,5 a 55,4  $m^3/s$ ). Diante disso, observa-se que a SRHI apresenta uma variabilidade intra-anual, pois, possui o período de cheia seguido de estiagem, o que demonstra a presença de sazonalidade na bacia, (Maciel ,2017).

As maiores médias mensais de vazões foram registradas durante os meses de março e abril, o que se pode está associado ao retardo no tempo de escoamento, uma vez que, maior a área de drenagem tem-se um aumento no período de

escoamento (Mortatti *et al.*, 1994). De acordo com Mortatti et al. (1994) na bacia amazônica houve um retardo de água por dois ou três meses, em virtude da área de drenagem de 4,6. 106 km<sup>2</sup> acúmulo da precipitação. Além disso, atores como cobertura da terra e solo influenciam nesse processo (Schmidt & Mattos, 2013).

Por outro lado, as menores médias fluviométricas ocorrem nos meses de agosto a setembro coincidindo com os dias de escassez hídrica na bacia, nesse período os índices tendem a diminuir pois o volume de chuva precipitado é menor em virtude da estiagem que para Hoffmann (2018), são os meses com menor precipitação na região sudeste paraense.

**Tabela 1** - Médias fluviométricas mensais e anuais dos postos estudados (m<sup>3</sup>/s).

Posto	Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
29070100	Parauapebas	91,0	206,4	291,2	229,9	119,2	38,7	16,1	9,4	7,4	15,5	29,8	58,2	<b>92,7</b>
29100000	Marabá	717,9	1134,1	1505,7	1393,9	931,9	377,7	204,0	130,7	103,4	124,8	178,5	358,5	<b>596,8</b>
	<b>Média</b>	404,51	670,2	898,5	811,9	525,5	208,2	110,1	70,1	55,4	70,17	104,2	208,3	<b>344,7</b>
	<b>Máxima</b>	717,9	1134,1	1505,7	1393,9	931,9	377,7	204,0	130,7	103,4	124,8	178,5	358,5	<b>596,8</b>
	<b>Mínima</b>	91,0	206,4	291,2	229,9	119,2	38,7	16,1	9,4	7,4	15,5	29,8	58,2	<b>92,7</b>
	<b>Amplitude</b>	626,9	927,6	1214,5	1164,0	812,6	339,0	187,9	121,2	96,0	109,2	148,6	300,3	<b>504,0</b>

Fonte: Autores (2022).

O posto de Marabá, apresenta a maior vazão média anual de 596,8 m<sup>3</sup>/s, em um estudo realizado por Hoffmann (2018) Marabá apresenta 75,5% da precipitação anual distribuídas de dezembro a abril, sendo os meses secos de junho a setembro com 5,8% da precipitação. Em contrapartida, a estação de Parauapebas registra o menor valor médio anual de vazão cerca de 92,7 m<sup>3</sup>/s. Nota-se que, comportamento da vazão pode ser influenciado pelo coeficiente de deságue, em que o valor total precipitado, está diretamente associado ao aumento do escoamento em uma bacia hidrográfica (Pereira,2007).

Diante das análises, verificou-se que as maiores amplitudes das vazões médias mensais, foram registradas nos meses de março e abril com valores de 1214,5 m<sup>3</sup>/s e 1164,0 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Para Hoffmann (2018) na maioria das localidades da região sudeste paraense os meses entre dezembro a maio é caracterizado por uma estação chuvosa.

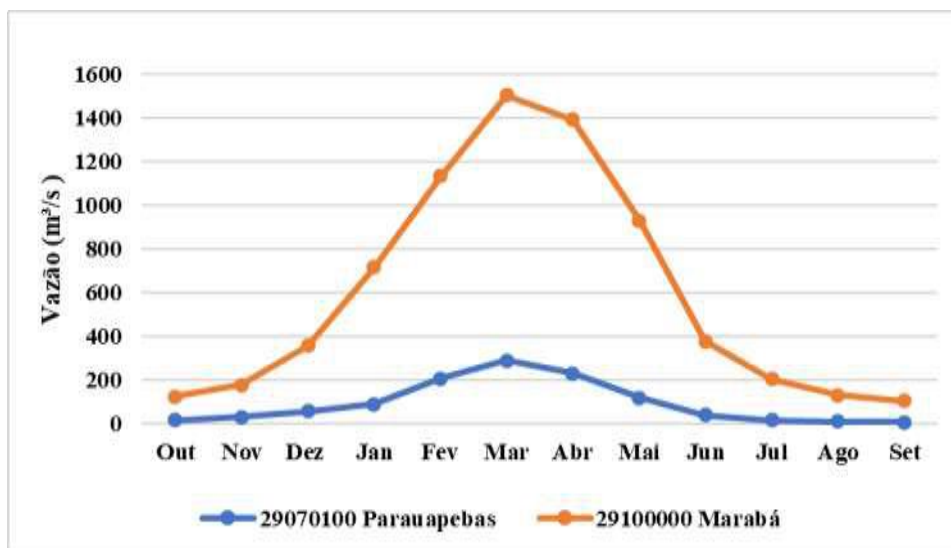
Neste sentido, tem-se a diferença entre as médias mensais máximas de 1505,7 m<sup>3</sup>/s e 1393,9 m<sup>3</sup>/s no posto de Marabá e mínimas mensais de 291,2 m<sup>3</sup>/s e 229,9 m<sup>3</sup>/s no posto de Parauapebas. Já a anual representa 504,0 m<sup>3</sup>/s, sendo que o menor valor de 92,7 m<sup>3</sup>/s ocorre em Parauapebas e maior de 596,8 m<sup>3</sup>/s em Marabá.

Para compreender o comportamento das vazões médias mensais na SRHI foi construído o gráfico 1. Observou-se que a vazão torna a aumentar quando inicia a estação chuvosa em outubro atingindo 70,17 m<sup>3</sup>/s. Dessa maneira, o posto que apresentou maior valor de vazões médias mensais foi registrado no mês de março em Marabá cerca de 1505,7 m<sup>3</sup>/s, e menor em setembro com vazão de 7,4 m<sup>3</sup>/s no município de Parauapebas.

De acordo com os dados identificados, os maiores volumes de escoamento se encontram entre os meses de fevereiro a maio, com picos nos meses de março a abril correspondendo de (898,5 m<sup>3</sup>/s a 811,9 m<sup>3</sup>/s) respectivamente. Em relação aos valores que sofrem redução a partir do mês de maio período que inicia a estiagem, encontram-se os menores fluxos nos meses de agosto a setembro demonstrando (70,1 m<sup>3</sup>/s a 55,4 m<sup>3</sup>/s).



**Gráfico 1** - Vazões médias mensais da sub-bacia hidrográfica Itacaiúnas (m<sup>3</sup>/s).



Fonte: Autores (2022).

A estação que apresenta maiores medias anuais está localizada no município de Marabá com valor de 596,8 m<sup>3</sup>/s. Em contrapartida, a estação situada na cidade de Parauapebas apresenta o menor valor médio anual cerca de 92,7 m<sup>3</sup>/s. No estudo realizado por Amanajás e Braga, (2012) constatou-se que nas Microrregiões do Sudoeste e Sudeste paraense possuem quase que integralmente o menor volume pluviométrico, inferior a 2000 mm/ano resultando em volumes baixos de escoamento.

Para compreender o comportamento da SRHI, além das vazões médias analisou-se as máximas e mínimas, em busca de observar as condições de inundação e os períodos críticos em consequência da escassez hídrica.

Dessa forma, referente aos dados de vazões máximas é possível verificar que na Tabela 2, a máxima média geral anual fluviométrica dos postos estudados é de 1268,5 m<sup>3</sup>/s, com amplitude 1769,0 m<sup>3</sup>/s, já o valor mínimo de 384,0 m<sup>3</sup>/s foi registrado no posto de Parauapebas e o máximo de 2153,0 m<sup>3</sup>/s registrado no posto de Marabá.

**Tabela 2** - Máximas fluviométricas mensais e anuais dos postos estudados (m<sup>3</sup>/s).

Posto	Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
29070100	Parauapebas	481,3	899,8	838,0	861,6	563,9	239,7	41,7	21,0	20,6	197,3	186,1	256,7	<b>384,02</b>
29100000	Marabá	2650,7	3583,4	3568,6	3460,7	4209,3	2771,2	724,6	525,6	448,4	848,2	836,5	2209,2	<b>2771,2</b>
<b>Média</b>		1566,0	2241,6	2203,3	2161,1	2386,6	1505,4	383,1	273,3	234,5	522,7	511,3	1232,9	<b>1268,5</b>
<b>Máxima</b>		2650,7	3583,4	3568,6	3460,7	4209,3	2771,2	724,6	525,6	448,4	848,2	836,5	2209,2	<b>2153,0</b>
<b>Mínima</b>		481,3	899,8	838,0	861,6	563,9	239,7	41,7	21,0	20,6	197,3	186,1	256,71	<b>384,0</b>
<b>Amplitude</b>		2169,3	2683,5	2730,5	2599,0	3645,4	2531,5	682,9	504,5	427,7	650,9	650,3	1952,4	<b>1769,0</b>

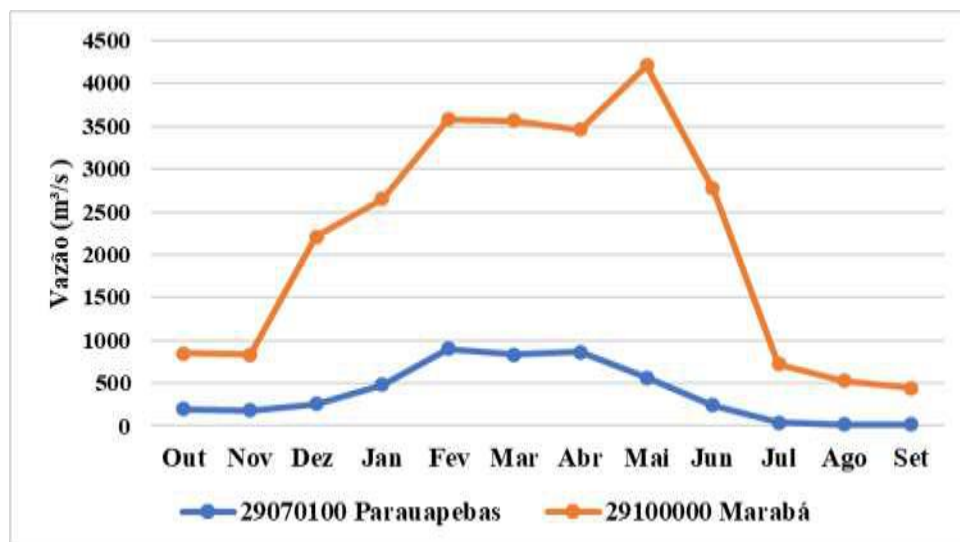
Fonte: Autores (2022).

Diante dos dados apresentados, é possível identificar que os maiores picos de vazões máximos médios mensais ocorreram de fevereiro a maio (2241,6 m<sup>3</sup>/s a 2386,6 m<sup>3</sup>/s) respectivamente, os quais estão associados aos meses mais chuvosos em relação ao período hidrológico, no entanto os menores valores de vazões máximas registradas, de (383,1 m<sup>3</sup>/s a 234,5 m<sup>3</sup>/s) aconteceram durante o período de estiagem de julho a setembro.

Sendo assim, foi demonstrado que as magnitudes dos fluxos se elevam principalmente nos períodos chuvosos onde o valor precipitado é maior e o nível de escoamento aumenta podendo assim está mais propício a inundações e enchentes. A frequência e o nível de escoamento estão associados em função da intensidade e distribuição da precipitação, grau de saturação do solo, características da bacia e taxa de infiltração de água no solo (Tominaga *et al.*, 2009).

Os valores de amplitude entre as vazões registradas, se dá pelo comportamento da bacia ao decorrer do ano, onde as maiores vazões se apresentam com velocidades elevadas de escoamento em alguns pontos da bacia, como verificado no posto de Marabá em relação ao posto de Parauapebas que possui um volume médio mensal abaixo. Neste sentido, o gráfico 2 auxilia no entendimento geral do comportamento hidrológico, demonstrando os valores das vazões máximas mensais, bem como maiores e menores.

**Gráfico 2 - Vazões máximas mensais da sub-bacia hidrográfica Itacaiúnas ( $m^3/s$ ).**



Fonte: Autores (2022).

Em relação as vazões máximas médias mensais identificaram-se que, de dezembro a maio, os picos máximos tendem a aumentar, com seu auge em maio  $2386,6 m^3/s$ . De junho a novembro, os valores diminuem com o menor valor ocorrendo em setembro  $234,5 m^3/s$ . Mesmo com início das chuvas em outubro, percebe-se que o primeiro aumento do volume de vazão ocorreu somente a partir do mês de dezembro, quando o valor sobe para  $1232,9 m^3/s$  em detrimento do retardo de escoamento, (Mortatti *et al.*, 1994).

Referente aos postos as maiores vazões máximas registradas prevalecem na estação de Marabá, onde o pico máximo alcançou  $4209,3 m^3/s$  no mês de maio, já o menor máximo verificado foi de  $448,4 m^3/s$  em setembro, por outro lado as vazões mínimas são predominantes em Parauapebas com pico máximo  $899,8 m^3/s$  no mês de fevereiro, e o menor de  $20,6 m^3/s$  em setembro, o aumento das vazões está relacionado aos períodos de chuvas. Nos últimos anos as mudanças climáticas como evento anormal La Niña intensificaram as chuvas na região do sudeste paraense sendo constatado por Camâra (2010), uma vez que, o volume escoado é resultante do precipitado.

O aumento na magnitude dos fluxos de chuva associado ao uso e ocupação do solo nas encostas dos cursos d'água, elevam a velocidade do escoamento e os riscos de enchentes na região de marabá, além disso, o crescimento desordenado da população principalmente na zona urbana em uma topográfica planialtimétrica elevou as amplitudes das inundações e enchentes em Marabá principalmente nos anos de 2009, (Camâra,2010).

Em relação ao regime hidrológico anual, analisou-se a dinâmica entre os dois postos estudados, dessa maneira, a estação que apresenta valores máximos médios anuais superiores está localizada em Marabá com valor de  $2771,2 m^3/s$ . em contrapartida, a estação situada na cidade de Parauapebas apresenta o menor valor máximo anual cerca de  $384,02 m^3/s$ .

Na Tabela 3 encontra-se os dados de vazões mínimas mensais e anuais fluviométricas da SRHI os quais demonstram o comportamento das vazões mínimas na bacia. A vazão mínima determina os períodos de menor volume de água na bacia, em



virtude disso identificou-se que as os maiores valores referente as médias mínimas mensais, ocorrem nos meses de janeiro a abril, resultante do período de chuvas que variou de (23,0 m<sup>3</sup>/s a 135,8 m<sup>3</sup>/s), enquanto os menores são predominantes em agosto a outubro (5,2 m<sup>3</sup>/s a 4,6 m<sup>3</sup>/s) em função da estiagem.

Desta forma, a média geral anual das vazões mínimas corresponde a 29,8 m<sup>3</sup>/s com amplitude entre as médias de 45,4 m<sup>3</sup>/s, sendo o menor valor de 7,1 m<sup>3</sup>/s registrado no posto de Parauapebas e o maior de 52,5 m<sup>3</sup>/s em Marabá.

**Tabela 3** - Mínimas fluviométricas mensais e anuais dos postos estudados (m<sup>3</sup>/s).

Posto	Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
29070100	Parauapebas	5,4	9,0	8,0	26,3	15,5	7,0	3,6	2,6	1,2	0,9	2,9	3,2	7,1
29100000	Marabá	40,6	107,0	91,8	245,4	56,2	23,5	12,4	7,7	8,3	8,3	13,1	16,3	52,5
<b>Média</b>		23,0	58,0	49,9	135,8	35,8	15,3	8,0	5,2	4,8	4,6	8,05	9,8	29,8
<b>Máxima</b>		40,6	107	91,8	245,4	56,2	23,5	12,4	7,8	8,3	8,3	13,1	16,3	52,5
<b>Mínima</b>		5,4	9,02	8,0	26,3	15,5	7,1	3,6	2,6	1,3	0,9	2,9	3,2	7,1
<b>Amplitude</b>		35,2	97,9	83,7	219,1	40,7	16,4	8,8	5,1	7,0	7,4	10,1	13,1	45,4

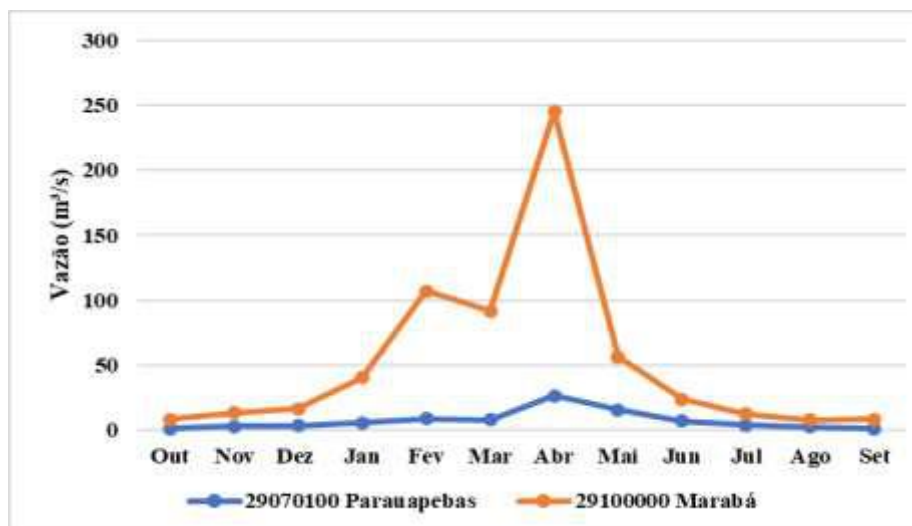
Fonte: Autores (2022).

O Gráfico 3 mostra o comportamento geral das vazões mínimas mensais da bacia, diante disso, verificou-se que ocorre um aumento nos valores médios mínimos de janeiro a abril, tendo seu pico de 135,8 m<sup>3</sup>/s no mês de abril, fazendo referência ao final do período chuvoso, e de maio a outubro os valores médios das mínimas diminuem relativamente, sendo setembro e outubro os meses com menores valores 4,8 m<sup>3</sup>/s e 4,6 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Em função dos resultados, é possível compreender que nos meses de junho a outubro a magnitude dos fluxos é menor na SRHI. Os meses de vazões mínimas em bacias se em sua maioria se encontram no período de estiagem, onde tem-se a ocorrência de volumes baixos de deságua no leito dos cursos d'água e elevados riscos de semanas mais secas, com possibilidade de crise hídrica em função do grau de utilização na região (Ribeiro *et al.*, 2017)

Neste sentido, o posto localizado em Marabá apresenta as maiores vazões mínimas registradas, cerca de 245,4 m<sup>3</sup>/s no mês de abril, por outro lado o menor valor foi de 7,7 m<sup>3</sup>/s, ocorreu em agosto. Já as menores vazões mínimas foram identificadas no posto de Parauapebas, demonstrando que em períodos secos os níveis d'água diminui sendo inferiores (Oliveira *et al.*, 2018). Resultando no maior valor de 26,3 m<sup>3</sup>/s no mês de abril, e o menor de 1,2 m<sup>3</sup>/s e 0,9 m<sup>3</sup>/s, ocorrendo em setembro e outubro.

**Gráfico 3** - Vazões mínimas mensais da sub-bacia hidrográfica Itacaiúnas (m<sup>3</sup>/s).



Fonte: Autores (2022).

Em análise anual as observou-se que, a estação Marabá que se encontra no afluente Itacaiúnas apresenta valores mínimos médios anuais de 52,5 m<sup>3</sup>/s. Em contrapartida, por estar menos próxima ao afluente Itacaiúnas a estação de Parauapebas apresenta o menor valor mínimo médio anual cerca de 7,1 m<sup>3</sup>/s.

#### 4. Conclusão

Diante das análises, foi possível identificar que na SRHI a presença de uma sazonalidade climática, em que o regime fluviométrico varia de acordo com os dois períodos hidrológicos bem definidos de chuvas nos meses de outubro a abril quando os valores das vazões tendem a aumentar significativamente e estiagem, demonstrando que de maio a setembro o volume da bacia diminui. Além disso, fatores como o uso e ocupação do solo, pode influenciar diretamente na disponibilidade hídrica ao longo dos anos na SRHI.

Em relação as vazões médias o posto de Marabá, apresenta o maior valor anual de 596,8 m<sup>3</sup>/s. Em contrapartida, a estação de Parauapebas registra o menor valor médio anual de vazão cerca de 92,7 m<sup>3</sup>/s. Neste sentido, o posto localizado em Marabá apresentou valores superiores de vazões máximas, médias e mínimas por esta localizado na bacia Itacaiúnas área principal de estudo. Por outro, o posto de Parauapebas que se encontra no rio Parauapebas que por ser afluente do Itacaiúnas os índices registrados foram relativamente baixos.

Os resultados demonstram que as vazões máximas médias mensais se encontram, de dezembro a maio, os picos máximos tendem a aumentar, com seu auge em maio 2386,6 m<sup>3</sup>/s. De junho a novembro, os valores diminuem com o menor valor ocorrendo em setembro 234,5 m<sup>3</sup>/s. Já em relação as mínimas nos meses de maio a outubro a magnitude dos fluxos diminuem relativamente, sendo setembro e outubro os meses com menores valores 4,8 m<sup>3</sup>/s e 4,6 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Desta maneira, os dados observados acerca do regime fluviométrico da bacia permitem identificar a capacidade de uso para subsidiar atividades desenvolvidas em torno da região, além de auxiliar nos projetos de engenharia e tomada de decisão para gestão dos recursos hídricos. Diante disso, estudos futuros na região sobre uso e ocupação do solo, mudanças climáticas, qualidade da água, ar e solo são indispensáveis para conhecer e gerenciar a SRHI.

#### Referências

- Amanajás, J.C. & Braga, C.C. (2012). Padrões Espaço-temporal Pluviométricos Na Amazônia Oriental Utilizando Análise Multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27(4), 423– 434. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000400006>
- Barreto, C.A. (2019). Eucalipto, Água e Sociedade: A Construção De Representações No Vale Do Paraíba, SP. (Doutorado em Ciência) – USP, Universidade de São Paulo.
- Brasil. (1997). *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República. Brasília – DF.
- Brito, M., Batista, G.M. M. & Lima, E.A. de. (2019). O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. *Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo [online]*, 23. <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/25952>. 10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.11
- Camãra, R.K.C. (2012). Previsão Estocástica De Nível Fluviométrico Para Cidade De Marabá-Pa: Método De Box-Jenkins. (Dissertação em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém.
- Carvalho, T. M. (2008). Técnicas de Medição de Vazão por Meios Convencionais e Não Convencionais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1(1), 73. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v1i1.232608>.
- Groppo, J. D., Martinelli, L. A. & Moraes, J.M. (2005). Analysis of time series of flow and precipitation in some basins of the São Paulo State with different degrees of human impact?. *Geociências*, 24, 181-192.
- Hoffmann, E. L., Dallacort, R., Carvalho, M. A. C., Yamashita, O. M. & Barbieri, J. D. (2018). UEM. Variabilidade das Chuvas no Sudeste da Amazônia paraense, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(4), 1251-1263.
- Kruger, C., Kaviski, E. & Muller, I. (1998). Análise de Estacionariedade de Séries Hidrológicas na Bacia Incremental de Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(4), 51-71. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v3n4.p51-71>.

- Lima, S.L., Silva, N.S. & Loureiro, G. L. (2020). Rede hidrométrica da sub-região hidrográfica Itacaiúnas. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Nordeste*. Recife – PE.
- Lopes, T. R., Prado, G., Zolin, C. A., Paulino, J. & Antoniel, L. S. (2018). Regionalização de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Ivaí – PR. *Irriga*, 21(1), 188. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2016v21n1p188-201>
- Maciel, S.A. (2017). Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, Brasil. (Dissertação em Geografia) - Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. UFU. Uberlândia - MG.
- Mortatti, J., Probst, J. L. & Tardy, Y. (1994). Avaliação do escoamento superficial na bacia amazônica através do transporte de material fluvial. *Geochimica Brasiliensis*, 8(2), 235- 243.
- Oliveira, F. F., Santos, R.E.S., & Araujo, R. Da C. de. (2018). Processo erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. *Rev. Bras. de Iniciação Científica (RIBC)*, Itapetininga, 5(3), 60-83.
- Pará. (2001). *Lei nº 6.381 DE 25 de julho de 2001*. Dispõe sobre a política Estadual dos Recursos Hídricos e dá Outras Providencias. <https://www.sembras.pa.gov.br/2001/07/25/9760/>
- Pereira, S. B. P., Pruski, F. F., Silva, D. D. & Ramos, M. M. (2007). Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*.11(6), 615–622.
- Pinto, D. B. F., & Pacheco, P. H. V.V., Almeida, R.A. (2019). Caracterização hidrológica da bacia hidrográfica do rio de todos os santos. *Revista Vozes dos Vales*, UFVJM – MG – Brasil, 16(VIII), 2238.
- Pruski, F. F.; Silva, D. D.; & Koez, M. (2006). Estudo da Vazão em Cursos d'Água. Viçosa: Engenharia na Agricultura". *Caderno didático:43*. Associação de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, p.151.
- Ribeiro, T.B., Albuquerque, C.C., Lisboa, L., Batista, I.H. & Uliana, E. M. (2017). Estimativa Das Vazões Mínimas De Referência (Q7,10, Q95 E Q90) Anuais E Semestrais Para A Bacia Do Rio Branco. In: *Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- Rodrigues, W. C. (2007). Metodologia científica. *Paracambi: Faetec/ist*. 40(1) 1-32.
- Schmidt, D. M. & Mattos, A. (2013). Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, n. 2, p. 67-77.
- Sobral, M.C., Assis, J.M.O., Oliveira, C.R., Silva, G.M.N., Morais, M. & Carvalho, R.M.C.C. (2018). Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Brasil. *Revista Eletrônica do PRODEMA* [online], 12. <http://dx.doi: 10.22411/rede2018.1203.10>.
- Sousa, H. T, Pruski, F. F., Bof, L. H. N., Cecon, P. R. & Souza, J. R. C. (2009). SisCAH versão 1.0: Sistema computacional para análises hidrológicas (manual). Brasília: ANA; UFV.
- Souza, J.C. & Bizawu, S. K. (2017). Preservação dos recursos hídricos e a limitação regulatória administrativa decorrente da outorga de direito de uso das águas subterrâneas no Brasil. *Revista da Faculdade de Direito da UFG*, 41(3), 184. <http://dx.doi.org/10.5216/rfd.v41i3.48704>
- Spiegel, Murray R. (1993). Estatística. (3a ed.); *Pearson Malron Books*, 643 p.
- Tominaga, L.K., Santoro, J. & Amaral, R. (2009). Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir. *Instituto Geológico*, 160 p.
- Viana, J. F.S., Montenegro, S. M. G. L., Silva, B. B., Silva, R. M. & Sousa, W.S. (2018). Modelagem Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama – PE utilizando o modelo SWAT. *Journal Of Environmental Analysis And Progress*, 3(1), 155-172, <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.3.1.2018.1709.155-172>.