

A curva de permanência e a disponibilidade hídrica para outorga na Sub- Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI)

Permanence curve and water availability for grant in The Itacaiúnas Hydrographic Sub-Region (SRHI)

Curva de permanencia y disponibilidad de agua para concesión en la Subregión Hidrografica de Itacaiúnas (SRHI)

Recebido: 29/09/2022 | Revisado: 12/10/2022 | Aceitado: 14/10/2022 | Publicado: 19/10/2022

Isabella de Oliveira Lacerda

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

Sâmyra Silva Lima

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

Glauber Epifanio Loureiro

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

Resumo

O monitoramento das águas é fundamental para gestão e planejamento dos recursos hídricos. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi apresentar o regime hidrológico de permanência nos postos de Marabá e Parauapebas, bem como estimar a disponibilidade hídrica da (SRHI) estatisticamente através do programa SisCAH 1.0, as vazões de referência Q95 e Q90 para retirada de outorga. As informações das estações fluviométricas foram coletadas por meio da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas – ANA, obtidos a partir do portal Hidroweb, em virtude da carência de postos na (SRHI) foram selecionadas apenas 2 estações fluviométricas com uma série de dados de, no mínimo, 10 anos, sendo (29070100) e (29100000). Diante disso, com base na legislação estadual do Estado do Pará a vazão outorgável registrada pela curva de permanência nos postos estudados foi de 29,668(m³/s) no afluente Itacaiúnas e 2,525 (m³/s) rio Parauapebas, então, atividades e projetos de engenharia desenvolvidos em torno da região devem estar em conformidade com os valores mencionados para captação e uso do corpo hídrico durante a instalação e/ou operação do empreendimento, para fins de cumprimento das normas e planejamento hídrico.

Palavras-chave: Gestão das águas; Outorga; Vazão.

Abstract

Water monitoring is essential for water resources management and planning. In this sense, the objective of the work was to present the hydrological regime of permanence in the stations of Marabá and Parauapebas, as well as to estimate the water availability of the (SRHI) statistically through the SisCAH 1.0 program, the reference flows Q95 and Q90 for withdrawal of grants. The information from the fluviometric stations were collected through the National Hydrometeorological Network of the National Water Agency - ANA, obtained from the Hidroweb portal, due to the lack of stations in the (SRHI) only 2 fluviometric stations were selected with a series of data of, at least 10 years, being (29070100) and (29100000). Therefore, based on the state legislation of the State of Pará, the grantable flow recorded by the permanence curve at the stations studied was 29.668 (m³/s) in the Itacaiúnas tributary and 2.525 (m³/s) in the Parauapebas river, so activities and projects of engineering projects developed around the region must comply with the mentioned values for the capture and use of the water body during the installation and/or operation of the enterprise, for the purpose of complying with regulations and water planning.

Keywords: Water management; Grant; Flow rate.

Resumen

El monitoreo del agua es esencial para la gestión y planificación de los recursos hídricos. En ese sentido, el objetivo del trabajo fue presentar el régimen hidrológico de permanencia en las estaciones de Marabá y Parauapebas, así como estimar estadísticamente la disponibilidad hídrica del (SRHI) a través del programa SisCAH 1.0, los caudales de referencia Q95 y Q90 por retiro de subvenciones. La información de las estaciones fluviométricas fue recolectada a través de la Red Hidrometeorológica Nacional de la Agencia Nacional del Agua - ANA, obtenida del portal Hidroweb, debido a la falta de estaciones en el (SRHI) solo se seleccionaron 2 estaciones fluviométricas con una serie de datos de, al menos 10 años, siendo (29070100) y (29100000). Por tanto, con base en la legislación estadual del Estado de Pará, el caudal permisible registrado por la curva de permanencia en las estaciones estudiadas fue de 29.668 (m³/s) en el afluente Itacaiúnas y de 2.525 (m³/s) en el río Parauapebas, por lo que las actividades y los proyectos de ingeniería que se desarrollen en la región deberán cumplir con los valores mencionados para la captación y aprovechamiento del cuerpo de agua durante la instalación y/u operación del emprendimiento, con el fin de cumplir con la normatividad y planificación hídrica.

Palabras clave: Gestión del agua; Otorgar; Tasa de flujo.

1. Introdução

A determinação da curva permanente é uma ferramenta muito comum para determinar a vazão outorgável, sempre considerando a realidade de cada rio (Detzel *et al.*, 2016 & Pinho, *et al* 2019). É necessário entender o comportamento do fluxo do rio e o efeito das chuvas sobre o seu volume aproveitável para que os usos múltiplos não prejudiquem o volume aproveitável (Amanajás & Braga., 2012; Brito *et al.*, 2019., & Silva *et al.*, 2021).

Em virtude disso, a outorga de direito de uso da água é um dos principais instrumentos de gestão para controle, no Estado do Pará os recursos hídricos foram regulamentados pela Lei Estadual nº 6.381 de 25 de julho de 2001, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Pará e regulamenta a gestão do uso da água utilizando os instrumentos de planejamento e gestão tais como previsto na Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997). Ademais, auxilia diretamente no processo de lançamento de efluentes nos corpos hídricos com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final (Lisboa., *et al* 2019).

Na análise do balanço hídrico da bacia, a curva permanente é bastante importante, pois é utilizada para expressar a relação entre a magnitude e a frequência da vazão em um intervalo de tempo definido, então, em uma bacia hidrográfica, (Viana *et al.*, 2018). Assim, pode-se fornecer uma estimativa da percentagem de tempo em que determinada vazão é igualada ou ultrapassada ao longo de um período histórico (Vogel & Fennessey., 1994 & Ruthes., 2017).

Dessa forma, para a análise de vazões mínimas no Brasil, na maioria das vezes são utilizados dois parâmetros, sendo Q7,10 e a vazão com permanência de 90% (Q90) ou de 95% (Q95), (Souza *et al.*,2012).No entanto, vazão média mínima de sete dias consecutivos do evento, com um tempo de retorno de 10 anos, também chamada de Q7,10, é muito utilizada na outorga de utilização de recursos hídricos, para garantir um controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício de seus direitos de acesso (Ferreira *et al.*, 2013 & Ribeiro *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi apresentar o regime hidrológico de permanência na SRHI nos postos de Marabá e Parauapebas, bem como estimar a disponibilidade hídrica da (SRHI) estatisticamente através do programa SisCAH 1.0, as vazões de referência Q95 e Q90 para retirada de outorga.

2. Metodologia

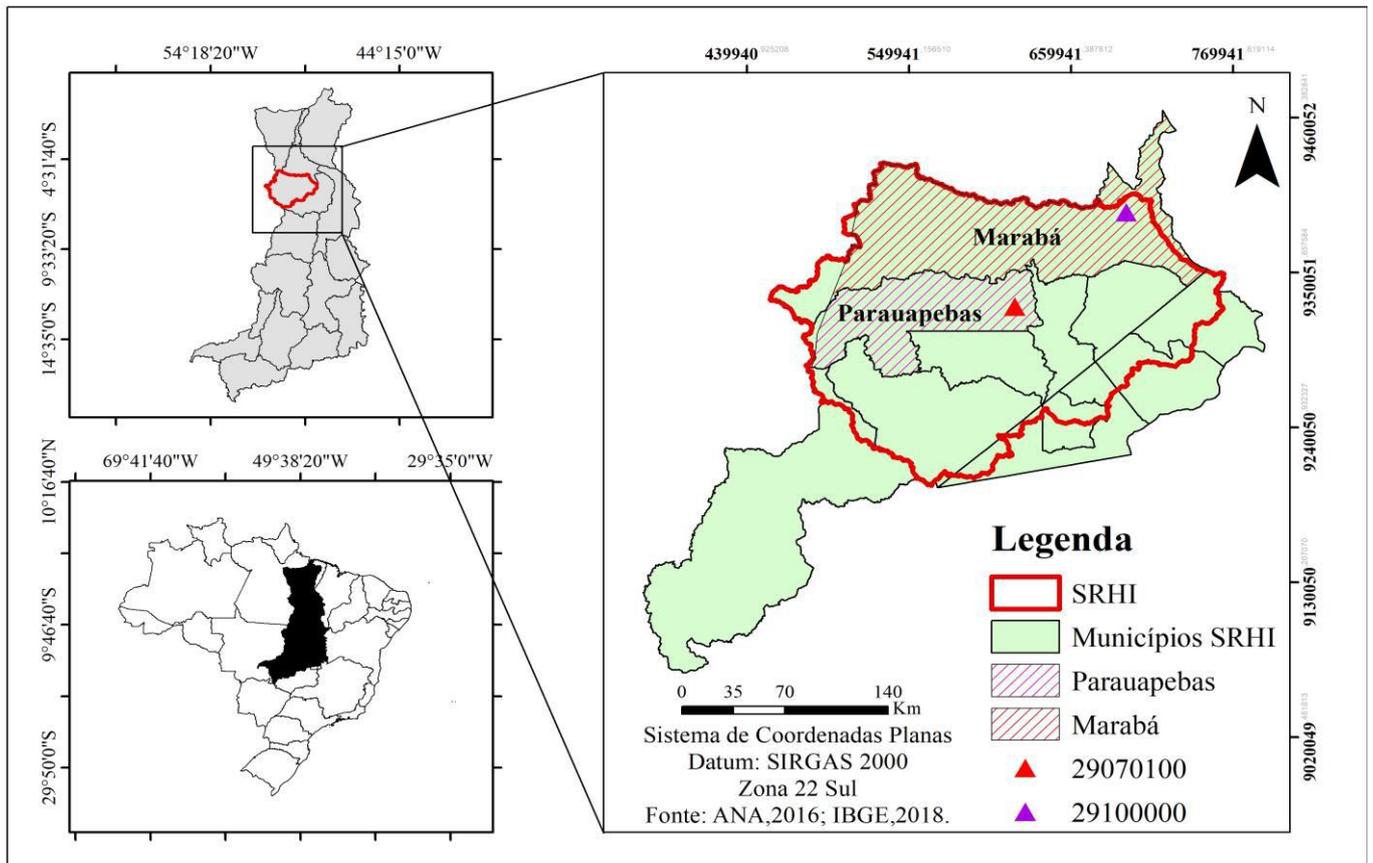
2.1 Área de estudo

A sub-região Itacaiúnas (SRHI), está inserida na Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia, com 42.000 km² localiza-se no Estado do Pará, tendo o rio Tocantins como principal curso d'água. Com presença de uma sazonalidade climática, bem definida em dois períodos característicos, outubro a abril quando os valores das vazões tendem a se elevar, por outro lado a estiagem inicia em maio e prolonga até o mês de setembro são registrados baixos volumes. Além disso, a área é delimitada

como Unidade de planejamento hídrico (UPH), com delimitação única, tanto a nível estadual quanto a nível federal (ANA, 2008).

Neste sentido, a SRHI se encontra em região que a economia gera em torno de atividades Mineração, Indústria e Agropecuária que demandam utilização de água, em especial nos municípios de Marabá e Parauapebas na região Sudeste do Pará. Dessa maneira, compreende 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 – Localização da Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI).



Fonte: Autores (2022).

2.2 Curva de Permanência

As informações das estações fluviométricas foram coletadas por meio da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas – ANA, obtidos a partir do portal Hidroweb. Por apresentar carência de postos com disponibilidade de dados visto por Lima et al., (2020) e respeitando-se o critério de série histórica igual ou superior a 10 anos, foram selecionadas apenas 2 estações fluviométricas com uma série de dados de, no mínimo, 10 anos, sendo (29070100) e (29100000) ambas inseridas na (SRHI), a primeira possui série histórica de 10 anos (2010 a 2020) e está localizada no município de Parauapebas e a segunda com 37 anos (1980 a 2017) situa-se no município de marabá.

O primeiro procedimento disponível para a obtenção da curva de permanência para cada estação fluviométrica no programa estatístico, Sousa et al., (2009) é o baseado na obtenção de classes de frequência. Usando a terminologia estatística, a curva de permanência é o complemento da função densidade cumulativa de probabilidade (FCP) das vazões médias diárias

(Voguel & Fennessey, 1994). Essa definição representa uma aproximação de uma função estatística, uma vez que as vazões médias diárias não são variáveis independentes, (Cruz & Tucci, 2008).

Nesse seguimento, utilizou-se a seleção da série de dados de vazões diárias para obtenção da curva com auxílio estatístico Sousa *et al.*, (2009) com os seguintes critérios:

- Definição de 50 intervalos de classe das vazões diárias;
- Subdivisão dos intervalos de classe com base na escala logarítmica devido à grande Variação de magnitude das vazões envolvidas;
- Cálculo do intervalo de classe (ΔX) pela equação 01:

$$\Delta X = \frac{[\ln(Q_{m\acute{a}x}) - \ln(Q_{m\acute{i}n})]}{50} \quad (01)$$

em que:

Q_{máx} = vazão máxima da série; e

Q_{mín} = vazão mínima da série.

O segundo procedimento disponibilizado para a obtenção da curva de permanência pelo Sousa *et al.*, (2009) é o baseado na análise de frequência associada a cada dado de vazão, sendo utilizados neste os seguintes passos:

- Organização da série de dados de vazões em ordem decrescente;
- Determinação da frequência (fi) associada a cada valor de vazão pela equação 02:

$$F_i = \frac{N_{qi} \cdot 100}{NT} \quad (02)$$

em que:

N_{qi} = número de vazões de cada intervalo; e

NT = número total de vazões.

Deste modo, a obtenção da curva de permanência apresenta na ordenada os valores de vazão e abscissa a frequência de ocorrência, relacionando a vazão ou nível de um rio com a probabilidade de ocorrência de valores maiores ou iguais ao valor da ordenada, ademais, auxilia no processo de regulamentação outorgável.

Segundo a SEMAS (2010), a vazão de referência para análise de disponibilidade hídrica superficial dos pedidos de outorga é a vazão com 95% de permanência, sendo o somatório das vazões de captação, outorgadas e independentes de outorga devidamente cadastradas, no qual ficará limitado a 70% da vazão de referência, aplicado em corpos hídricos perenes e/ou perenizados e intermitentes, os 30% restantes deve ser aplicado em corpos hídricos perenes e perenizados, para captação individual o limite máximo é de até 20% da vazão de referência.

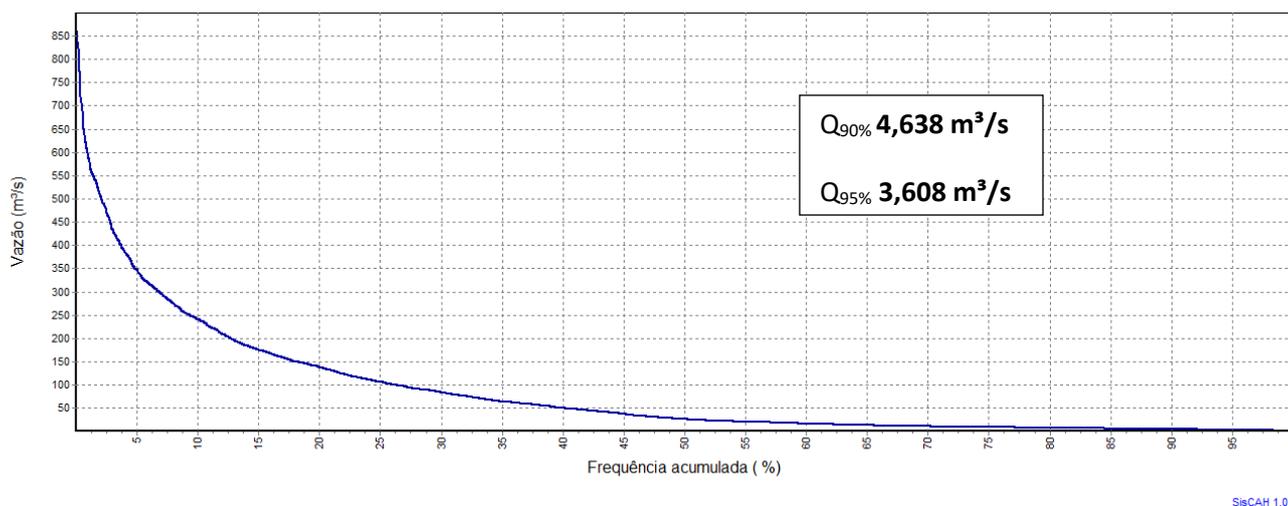
3. Resultados e Discussão

As Figuras 2 e 3, apresentam o regime hidrológico de permanência na bacia, demonstrando a variação entre os dois postos estudados, bem como representação dos valores correspondentes as vazões Q90 e Q95 para fins de verificar a disponibilidade hídrica da bacia e possibilidades da retirada de outorga.

Diante dos resultados descritos nas Figuras 2 e 3 e Tabela 1, observa-se que a estação de Marabá apresentou em 90% do tempo uma vazão igual ou superior a 65,087 m³/s, por outro lado o posto de Parauapebas demonstrou um índice de 4,638 m³/s. Já em relação a 95% da curva de permanência Marabá demonstra 42,384 m³/s, enquanto, Parauapebas possui valores iguais ou superiores em 95% do tempo de 3,608 m³/s.

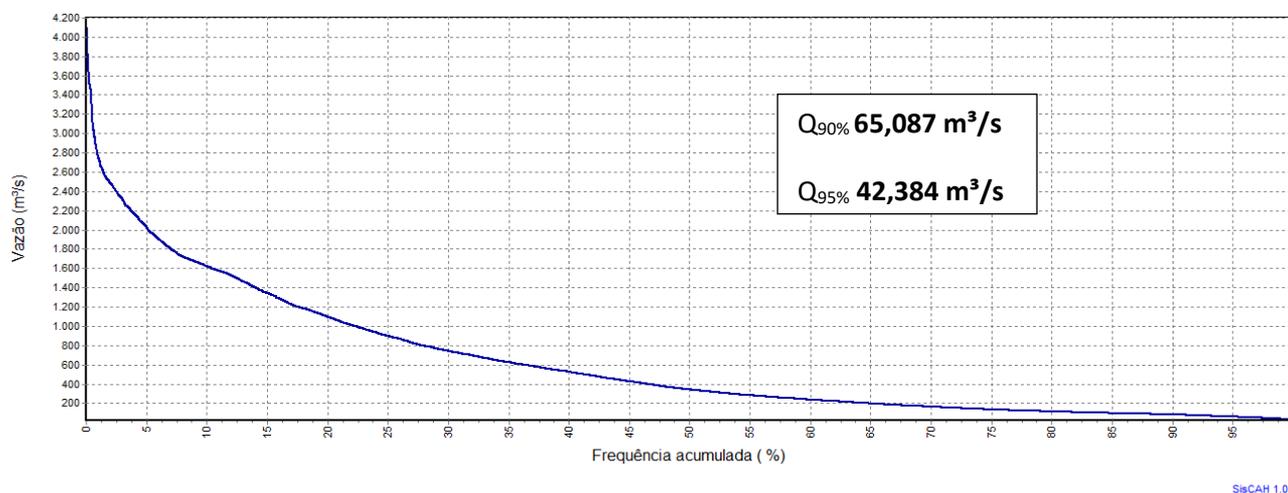
Nesse seguimento, a Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará dispõe de critérios para retirada de outorga de uso, deste modo tem-se como a vazão de referência outorgável Q95, onde deverá ser levada em consideração 70% do Q95 para abastecimento da população, indústria, agricultura, agropecuária e mineração, já os outros 30% do Q95 trata-se de vazão ecológica essencial para manter o ecossistema aquático, então deve ser mantida no rio, tais exigências são determinadas pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Pará na resolução CERH nº 10, de 03 de setembro de 2010 (SEMAS, 2010).

Figura 2 – Curva de Permanência Estação de Parauapebas (29070100).



Fonte: Autores (2021).

Figura 3 – Curva de Permanência Estação de Marabá (29100000).



Fonte: Autores (2021).

Tabela 1 - Vazões Q90% e Q95% nas estações da sub-bacia Itacaiúnas

Estação (código)	Vazões (m ³ /s)		
	Q90%	Q95%	70% da Q95%
Parauapebas (29070100)	4,638	3,608	2,525
Marabá (29100000)	65,087	42,384	29,668

Fonte: Autores (2021).

A partir das análises, é possível identificar que no posto de Marabá 70% das vazões Q95 de referência correspondem a 29,668 m³/s, isso se explica pela estação ser mais distante da nascente apresentando um maior valor, demonstrando um potencial para a utilização dos recursos hídricos, no entanto, em relação a estação de Parauapebas que apresenta um valor relativamente baixo cerca de 2,525 m³/s evidenciando pouca disponibilidade hídrica, uma vez que, os valores menores são registrados pelas estações próximas à nascente do rio ou em afluentes do mesmo, (Belletini, 2019).

Em torno da SRHI são desenvolvidas diversas atividades que necessitam da utilização deste recurso para operação, funcionamento e destinação final de dejetos, principalmente nas proximidades dos municípios de Parauapebas e Marabá, com grande influência da indústria, agropecuária e mineração. Nesse sentido, áreas suscetíveis a fragilidade no uso do solo e potencialidade dos recursos naturais necessitam da outorga para otimizar o uso racional destes (Garcia *et al.*, 2021 & Silva *et al.*, 2021).

Desse modo, a vazão de referência outorgável prevista pela SEMAS (2010) é um fator limitante para o funcionamento de atividades na região, visto que, a vazão de referência é de fundamental importância para identificação dos períodos mais críticos de vazão e para enquadramento legal dos corpos hídricos, pois tendem a garantir que a qualidade da água esteja compatível com os usos dos recursos hídricos, sendo utilizada também para garantir quantidade para os usos múltiplos e qualidade dos corpos hídricos, não necessariamente para os usos outorgados, mas para todos os processos ecológicos.

Todos os setores devem cumprir a regra estabelecida para utilização dos corpos d'água presentes na SRHI, não ultrapassando os valores registrados nos postos estudados que foi de 29,668(m³/s) no afluente Itacaiúnas e 2,525 (m³/s) rio Parauapebas, então, atividades e projetos de engenharia desenvolvidos em torno da região devem estar em conformidade com os valores mencionados para captação e uso do corpo hídrico durante a instalação e/ou operação do empreendimento, para fins de cumprimento das normas e planejamento hídrico.

4. Conclusão

Torna-se evidente que a vazão de uso para retirada de outorga na (SRHI) não seja superior aos valores registrados nos postos estudados de 29,668(m³/s) no posto de Marabá e 2,525 (m³/s) em Parauapebas, visto que, seja necessário destinar 30% para vazão ecológica que possui papel essencial para manter o ecossistema aquático, e deve ser mantida no rio.

Diante disso, é indispensável outros estudos na região que possam analisar os demais fatores presentes que podem influenciar na dinâmica e comportamento da bacia, bem como aprofundamento na pesquisa, para auxiliar na gestão e monitoramento dos recursos naturais presentes na (SRHI).

Referências

- Agência Nacional de Águas – ANA. (2008). *Relatório Síntese: Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia*. Brasília: ANA. 204.
- 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>
- Belletini, A.L. (2019). *Análise Da Curva De Permanência Diária e Mensal Para A Bacia Do Rio Tubarão, SC*. Dissertação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, Santa Catarina.
- Brasil. (1997). *Lei Federal Nº 9.433 de janeiro de 1997*. Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 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>
- Cruz, J., & Tucci, C. (2008). Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. [S.L.]. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*: 13 (1), 111-124. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v13n1.p111-124>

- Detzel, D.H. M., Fernandes, C. V. S., & Mine, M. R. M. (2016). Não Estacionariedade na Construção de Curvas de Permanência com Vistas à Outorga de Recursos Hídricos. [S.L.]. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*: 21(1), 80-87. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2318-03312016000100080&script=sci_arttext&lng=pt
- Ferreira, B. A. de A., Almeida, J. de O. R. de., Leão, P. R. C., & Silva, N. P. G. (2013). Gestão de Riscos em Projetos: uma análise comparativa da norma iso 31000 e o guia pmbok, 2012. [S.L.]. *Revista de Gestão e Projetos*: 4 (3), 46-72. <http://dx.doi.org/10.5585/gep.v4i3.173>.
- Garcia, C. da S., da Silva Garcia, P., Lima, S.S., & Loureiro, G.E. (2021). Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, Estado do Pará. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10 (15), e497101523129. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23129>
- 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.
- Lima, S.S., Lacerda, I. de O., & Loureiro, G.E. (2022). Esquemas Mensais e Anuais de Vazões Médias, Máximas e Mínimas na Sub-Região Hidrográfica de Itacaiúnas (SRHI). *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11 (8), e38911831113. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31113>
- Lisboa, L., Silva, D. D. da., Moreira, M. C., Silva, A. de J., & Uliana, E. M. (2019). Sistema para análise das outorgas de captação de água e diluição de efluentes na bacia do rio Piracicaba (MG). [S.L.]. *Engenharia Sanitária e Ambiental*: 24 (5), 929-937. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019183919>.
- 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.
- 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*.
- Ruthes, J.M. A. (2017). *Curva de permanência e a disponibilidade hídrica para outorga no Estado do Paraná*. Dissertação para Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.
- Silva, G.R.A da., Silva, F.S da., Duarte, J.M., & Tavares, A.R.F. (2021). Análise de tendências na série histórica de precipitação e curva de permanência de vazão em Cachoeira do Piriá, Pará. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10 (6), e38210615850. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15850>
- Silva, K.N da., Ferreira, E.C., Ferreira, J.C., Oliveira, V.S., Coelho, M. dos S., Rodrigues, V.B., & Loureiro, G.E. (2021). Influência da precipitação e do uso do solo nas vazões da Sub-Região Hidrográfica de Itacaiúnas (SRHI). *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10 (15), e56101522520. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22520>
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMAS/PA. (2010). *Resolução CERH n° 10*: Dispõe sobre os critérios para análise de Outorga Preventiva e de Direito de Uso de Recursos Hídricos e dá outras providências. Pará.
- Sousa, H. T, et al. (2009). Sistema Computacional para Análise Hidrológica. *Software SisCAH: Versão 1.0*. Sistema Computacional para Análise Hidrológica
- Souza, F. A. O. De., Silva, C. L. Da., Maggiotto, S.R., & Oliveira Júnior, M.P. De. (2012). Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. [S.L.]. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*: 16 (1), 10-17. <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012000100002>
- 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>.
- Voguel, R. M., & Fennessey, N. M. (1994). Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. In: *Journal of Water Resources Planning and Management*:120 (4), 485-504.