



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS DCF

PRISCILA PEIXOTO SANTOS

AVALIAÇÃO DA VAZÃO NO RIO PIAUTINGA

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2025

PRISCILA PEIXOTO SANTOS

AVALIAÇÃO DA VAZÃO NO RIO PIAUITINGA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Florestal – DCF –
UFS, da Universidade Federal de Sergipe, para
a obtenção do título de bacharel em
Engenharia Florestal

Discente: PRISCILA PEIXOTO SANTOS
Orientador(a): Prof^o. Dr. ARIIVALDO
ANTONIO TADEU LUCAS

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2025

PRISCILA PEIXOTO SANTOS

AVALIAÇÃO DA VAZÃO NO RIO PIAUITINGA

Monografia de TTC 2 para obtenção do Título de Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profº. Dr. ARIIVALDO ANTONIO TADEU LUCAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS

Profª Drª ALESSANDRA REIS GARCIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS

Profª Drª CRISTIANE MONTEIRO DE FARIAS REZENDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, amigo verdadeiro, braço forte, príncipe da paz, que me sustentou e me deu forças para continuar na trajetória apesar das dificuldades. A Ele toda honra e glória, pois sem sua presença, eu com certeza não teria chegado até aqui porque capacidade eu não tinha, mas ele me deu e a honra é só dele.

Aos meus filhos, Yan Adonai e Jeter Gabriel, que estiveram comigo em todos os momentos, enfrentando comigo essa jornada. Ao meu doguinho Bob, pelo carinho incondicional. À minha família, especialmente minha avó Dometildes (in memoriam), que sempre torceu por mim, minha mãe Valdice pelo apoio incansável, meu pai Zezinho pelo incentivo e meus irmãos Everton, Elenice, Jeverson e Jéssica Mariane pelo encorajamento, sobrinhos (as) tias (os), primos (as), a raça toda.

À minha amiga Nayara parceira de todas as horas e dias, pelo suporte emocional e parceria inestimável, aos inúmeros amigos, colegas da UFS que Deus usou para me auxiliaram nos trabalhos e provas, de diversas formas. Aos professores que acreditaram em mim, especialmente o professor Tadeu, que me orientou no TCC por ser um excelente profissional e amigo, a professora Alessandra, que me incentivou a persistir com sua delicadeza e excelente profissionalismo, um verdadeiro anjo de Deus aqui na terra, a professora Laura e Professor Milton, que me ajudou com seu coração enorme e incentivo, e o professor Genézio, por sua generosidade. Até mesmo aos que desacreditaram do meu potencial, pois os desafios me fortaleceram e me fizeram sair da zona de conforto me colocando no centro do meu destino.

Aos pastores e intercessores que oraram por mim, em especial à irmã Maria dos Santos mulher de Deus e amiga, Bispa Sueli amiga querida de todas as horas, Pastora Dieneire, Pastora Reuma e a Pastora Ivanizia pelas incansáveis orações, Pastora Rosângela pelos abraços que curavam minha alma e a todos irmãos de todas as igrejas de Socorro que me auxiliaram em oração.

Aos motoristas e cobradores que facilitaram meu trajeto até a universidade em especial os do Campus da Ufs e meu amigo Leo (in memoriam) muito obrigada. Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa vitória. Essa conquista não é só minha, mas de todos que me apoiaram. Que Deus os abençoe grandemente!

RESUMO

O Brasil possui uma das maiores concentrações de recursos hídricos do mundo, abrangendo diversas cidades e municípios. Sua hidrografia banha inúmeras comunidades, sendo essencial para a vida e o desenvolvimento socioeconômico. No estado de Sergipe, a sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga desempenha um papel fundamental no abastecimento de água para vários municípios. O estudo da vazão do Rio Piauitinga, onde é localizado no estado de Sergipe, entre os anos de 2015 e 2023, teve como objetivo analisar as variações sazonais e anuais da vazão do rio, com ênfase nas influências climáticas e no uso dos recursos hídricos. A pesquisa foi realizada na estação Fazenda M. Morais, onde os dados de vazão foram coletados pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). A sub-bacia do Rio Piauitinga abrange os municípios de Estância, Salgado, Boquim e Lagarto, e é fundamental para o abastecimento público dessas cidades, além de outras localidades. Durante os períodos secos, a vazão apresentou valores reduzidos, como 524,57 L/s em 2017, devido à escassez de chuvas, o que comprometeu o abastecimento de água. Em contraste, durante o período úmido, a vazão aumentou substancialmente, com picos como o de 3335,09 L/s em 2019, quando a precipitação foi de 30 mm. A largura do rio também variou, evidenciando as mudanças no volume de água, que influenciam a dinâmica hídrica. A medição da vazão foi realizada utilizando um molinete hidrométrico, que permitiu capturar as variações de velocidade da água ao longo da profundidade do rio. A análise dos dados revelou que a relação entre precipitação e vazão é forte, mas também foi observada a influência de outros fatores, como o uso e a cobertura do solo. Os resultados indicam que a vazão do Rio Piauitinga está intimamente relacionada às variações sazonais de precipitação, com desafios específicos durante os períodos secos, quando a disponibilidade de água é limitada. Já no período úmido, o aumento da vazão oferece oportunidades, mas também gera riscos, como enchentes. A preservação da vegetação ripária e o manejo sustentável da bacia são essenciais para garantir a segurança hídrica da região. A pesquisa sugere a continuidade do monitoramento e a aplicação de modelos hidrológicos para melhorar a gestão dos recursos hídricos.

Palavra-chave: Recursos hídricos; Precipitação; Sazonalidade, Vazão

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Recarga superficial e subterrânea do rio	9
2.2 Bacia Hidrográfica	10
2.3 Importância da Bacia Hidrográfica	11
2.4 Vazão	13
2.5 Disponibilidade e Monitoramento hídrico	14
2.6 Caracterização de Equipamentos	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Caracterização da Área	18
3.2 Monitoramento da vazão	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 Propostas para Conservação e Gestão Sustentável	29
5. CONCLUSÃO	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

O Rio Piauitinga, localizado no estado de Sergipe, é um recurso hídrico essencial para a região centro-sul, fornecendo água para abastecimento doméstico, irrigação agrícola, atividades industriais e subsistência de comunidades ribeirinhas. Sua bacia hidrográfica abrange municípios como Lagarto, Estância, Salgado, Boquim e Simão Dias, que dependem diretamente de suas águas para o desenvolvimento socioeconômico (DESO, 2023). Contudo, a disponibilidade hídrica do rio enfrenta ameaças como o desmatamento das matas ciliares, o assoreamento, a poluição por esgotos e resíduos industriais, além dos impactos das mudanças climáticas, como secas prolongadas e chuvas irregulares (Marengo et al., 2012).

Ao longo de seu percurso, o rio Piauitinga atravessa áreas de vegetação típica do sertão e da caatinga. A mata ciliar exerce um papel funcional na proteção do solo e na estabilidade da biodiversidade local. Apesar de estar inserido em uma região semiárida, o rio abriga espécies adaptadas às condições do ambiente (Santos, Lima, 2017). Em um cenário de escassez hídrica, sua importância se destaca para o abastecimento, a irrigação e o uso doméstico (Medeiros et al., 2018).

O monitoramento da vazão permite prever a disponibilidade hídrica e tomar decisões informadas sobre a alocação dos recursos. Em regiões que dependem do rio para abastecimento urbano e agrícola, esse controle é essencial para evitar desperdícios e garantir o uso sustentável da água. Além disso, os dados obtidos possibilitam o planejamento e a operação de infraestruturas hidráulicas, como barragens e canais, otimizando a distribuição dos recursos (Ferreira, 2021).

A medição da vazão também é crucial para a proteção dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos. Alterações no fluxo do rio podem comprometer a flora e a fauna locais, além de indicar problemas como poluição ou degradação ambiental. O acompanhamento desses dados permite a realização de medidas preventivas para atenuar os impactos e preservar a biodiversidade (Oliveira, Costa, 2019).

A análise da vazão também pode revelar impactos negativos das atividades humanas sobre o rio. O desmatamento, a urbanização e a poluição alteram o fluxo natural da água, impactando na qualidade dos recursos hídricos e a estabilidade dos ecossistemas. Identificar e quantificar esses impactos é essencial para a evolução de estratégias eficazes de mitigação (Silva, 2022).

A gestão da água de forma sustentável é de suma importância para as regiões semiáridas como o Nordeste brasileiro, onde a escassez hídrica é recorrente. A Lei das Águas

(Lei nº 9.433/97) estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, promovendo a gestão descentralizada e interativa das bacias hidrográficas (Brasil, 1997). Nessa circunstância, o acompanhamento da vazão é uma ferramenta indispensável para avaliar a disponibilidade hídrica, prever eventos extremos e embasar decisões para a gestão integrada.

Este trabalho analisa a vazão do Rio Piauitinga entre 2015 e 2023, buscando identificar padrões sazonais e tendências de longo prazo, correlacionando-os com variáveis climáticas e antrópicas. A pesquisa destaca a relevância das matas ciliares na regulação do fluxo hídrico e na preservação da qualidade da água, propondo medidas de conservação para assegurar a sustentabilidade da bacia (Tucci, 2004).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Recarga superficial e subterrânea do rio

O desempenho de um rio é amplamente determinado pelo trato entre as condições climáticas e as características físicas da bacia hidrográfica, tornando-o o elemento central desse processo. A forma como o rio responde à precipitação é diretamente influenciada pelas chuvas que ocorrem tanto sobre seu leito quanto nas áreas adjacentes da bacia. A água proveniente dessas regiões chega ao curso de água principal por meio do fluxo superficial e subsuperficial, impactando significativamente o volume hídrico registrado nos pontos de monitoramento (Tucci, 2009; Pruski, Brandão, 2004; Lima et al., 2015).

O regime fluvial é particularmente sensível à capacidade de penetração do solo, o que torna a resposta do rio à precipitação não linear. As águas subterrâneas desempenham um papel essencial na manutenção do fluxo perene do rio, especialmente durante períodos de estiagem prolongada, quando a principal fonte de recarga hídrica passa a ser o escoamento subterrâneo. Esse fenômeno depende da capacidade do solo de infiltrar água, fator que varia de acordo com o tipo de solo e seu uso (Chow et al., 1994; Tucci, Clarke, 1997).

A recarga dos aquíferos impacta diretamente a vazão do rio, sendo influenciada pela quantidade e intensidade das chuvas que alimentam o sistema hídrico. A variabilidade na precipitação interfere no regime fluvial, evidenciando a estreita relação entre esses processos (SANTOS, 2019). Em diferentes regiões do país, os totais pluviométricos mensais e os períodos de seca ou chuva afetam de forma diferenciada o comportamento dos rios, demonstrando a importância de compreender essa inter-relação para a gestão eficiente dos recursos hídricos (COSTA, 2021).

É amplamente reconhecido que as vazões dos rios são influenciadas por fenômenos climáticos globais, especialmente por meio da precipitação. Marengo et al. (2012) examinaram os desastres naturais na região Amazônica, utilizando os níveis e a descarga dos rios como indicadores dos impactos climáticos. Os resultados demonstraram que o aumento ou a redução da vazão em diversas bacias hidrográficas do Brasil está fortemente relacionado a fenômenos como El Niño e La Niña. Em outras palavras, nas bacias hidrográficas dos rios Paraguai e Uruguai, observa-se um aumento da vazão durante eventos de El Niño e uma redução significativa durante La Niña, conforme apontado por Tedeschi e Grimm (2008),

evidenciando a forte dependência do comportamento fluvial em relação a esses padrões climáticos.

A vazão do rio Piauitinga é um fator essencial para a sustentabilidade socioeconômica e ambiental da região centro-sul de Sergipe, Brasil. Esse rio representa a primordial fonte de água doce para diversos municípios, incluindo Lagarto, Salgado, Simão Dias, parte de Poço Verde e, principalmente, Estância. A manutenção de uma vazão adequada é fundamental para garantir o provimento permanente e seguro de água potável a essas populações (DESO, 2023).

A disponibilidade hídrica do rio Piauitinga é influenciada tanto por fatores naturais quanto por ações antrópicas. A quantidade e a distribuição das chuvas no cotidiano são determinantes para o volume de água disponível, sendo que regiões com baixos índices pluviométricos podem enfrentar períodos de escassez (Agrosmart, 2023). Além disso, a evapotranspiração – processo que inclui a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas – também afeta significativamente a disponibilidade hídrica, especialmente em áreas sujeitas a altas taxas de perda de água (Agrosmart, 2023).

2.2 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma área restrita pelos divisores de água e drenada por um rio primordial, agregado a seus afluentes e subafluentes, que convergem para o mesmo curso d'água, abastecendo-o (SILVA, 2017). Essas bacias são separadas por estruturas naturais do relevo, como morros, serras, picos e chapadas, que direcionam o fluxo das águas conforme a topografia do terreno (LIMA, 2015). O relevo influencia a formação dos cursos d'água menores – riachos, córregos e regato e ribeiro –, que contribuem para a alimentação dos rios maiores (PEREIRA, 2018). Geralmente, o nome da bacia hidrográfica corresponde ao do rio principal que a compõe (SANTOS, 2020).

As bacias hidrográficas possuem uma estrutura composta por nascente, rio principal, divisores de água, afluentes e foz. Tais componentes, atuam de forma integrada para conduzir as águas de uma bacia menor para outra maior, até atingirem o oceano (COSTA, 2016). No Brasil, as principais bacias hidrográficas são a Amazônica, Tocantins-Araguaia, Platina (Paraná, Paraguai e Uruguai) e São Francisco, que juntas abrangem aproximadamente 80% do território nacional (OLIVEIRA, 2019).

A principal função das bacias hidrográficas é garantir o abastecimento de água para as comunidades ribeirinhas, que dependem desse recurso para sua subsistência (SOUZA, 2018). Além disso, a água da bacia é amplamente utilizada na irrigação agrícola, setor responsável

pelo maior consumo hídrico no Brasil (ALMEIDA, 2020). O recurso também é essencial para atividades industriais, como processamento, lavagem e produção de alimentos, além de ser empregado na geração de energia em hidrelétricas (COSTA, 2017).

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área geográfica onde toda a água proveniente de precipitação (chuva, neve, etc.) converge para um único sistema de drenagem, como um rio, lago ou oceano (MARTINS, 2017). Do ponto de vista geográfico, a bacia capta a água da chuva e a conduz até um ponto de saída comum, geralmente um rio principal ou corpo d'água (SANTOS, 2019). Suas delimitações são feitas pelos divisores de água, áreas mais elevadas que separam uma bacia da outra. Esses divisores são essenciais para a gestão dos recursos hídricos, pois influenciam a disponibilidade e a qualidade da água, bem como a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos (COSTA, 2018).

A conservação e o manejo sustentável das bacias hidrográficas são fundamentais para garantir o abastecimento hídrico, prevenir enchentes e preservar os ecossistemas. Tecnicamente, uma bacia hidrográfica – também chamada de bacia de drenagem ou bacia fluvial – é uma área onde todas as águas superficiais fluem para um mesmo ponto de saída, como um rio principal, um lago ou o mar (Medeiros, Silva, 2019).

2.3 Importância da Bacia Hidrográfica

A importância das bacias hidrográficas é ampla e abrange aspectos ambientais, econômicos e sociais. Do ponto de vista ambiental, essas bacias desempenham um papel essencial na regulação do ciclo hidrológico e no fornecimento de água para ecossistemas naturais e para uso humano. Elas contribuem para a manutenção do equilíbrio ecológico, favorecendo a preservação de rios, lagos e zonas úmidas, que são habitat's essenciais para diversas espécies de plantas e animais (Unesco, 2021).

Sob a perspectiva econômica, as bacias hidrográficas são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos e a sustentabilidade das atividades humanas. A água disponível nessas bacias é utilizada para abastecimento público, irrigação agrícola, geração de energia hidrelétrica e processos industriais. Uma gestão eficiente dos recursos hídricos pode minimizar conflitos entre diferentes usuários e garantir que as demandas sejam atendidas de forma sustentável e equilibrada (FAO, 2020).

Além disso, as bacias hidrográficas desempenham um papel estratégico no planejamento e na gestão do uso do solo e da água. A compreensão de seus limites e

características possibilita uma abordagem integrada dos recursos hídricos, promovendo práticas que preservam a qualidade da água e reduzem os impactos negativos das atividades humanas, como a poluição e a degradação ambiental (Falkenmark, Rockström, 2018). A gestão integrada das bacias também é essencial para a adaptação às mudanças climáticas, pois permite uma visão mais abrangente das variações na disponibilidade hídrica e dos riscos associados (Pimentel, Pimentel, 2006).

As bacias hidrográficas são elementos-chave na administração sustentável dos recursos hídricos e na proteção do meio ambiente (PEREIRA, 2020). Elas promovem uma visão integrada que leva em conta tanto a disponibilidade quanto o consumo de água, favorecendo o uso racional desses recursos e a conservação dos ecossistemas aquáticos, assegurando sua vitalidade e produtividade ao longo do tempo (SILVA, 2018).

2.4 Vazão

A vazão de um rio refere-se ao volume de água que atravessa uma seção transversal do curso d'água em um determinado período, geralmente expresso em metros cúbicos por segundo (m^3/s). Esse é um dos principais parâmetros utilizados para avaliar a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, sendo influenciado por diversos fatores, como precipitação, infiltração no solo, escoamento superficial e características do leito do rio. A importância da vazão vai além da simples medição do volume de água, pois está diretamente relacionada à saúde ecológica dos rios, à capacidade de suportar atividades humanas, como irrigação e geração de energia, e à manutenção dos ecossistemas aquáticos (Collischonn et al., 2005; Benetti et al., 2003).

O conceito de vazão é fundamental no contexto das vazões ecológicas, que visam garantir os fluxos mínimos necessários para a preservação dos ecossistemas aquáticos. Essas vazões, também conhecidas como residuais ou remanescentes, desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade e no funcionamento sustentável dos cursos d'água (BENETTI et al., 2003). Segundo Sarmento (2007), a definição dessas vazões varia conforme as condições locais, mas seu objetivo é sempre mitigar os impactos da captação de água, assegurando que a fauna e a flora aquáticas sobrevivam e prosperem. Determinar corretamente a vazão ecológica é um desafio para os gestores de recursos hídricos, especialmente em regiões onde a demanda por água é crescente.

Entretanto, a vazão do Rio Piauitinga enfrenta desafios significativos. A redução da vazão, associada ao desmatamento das matas ciliares e ao assoreamento do leito do rio, compromete tanto a qualidade quanto a quantidade de água disponível, afetando o abastecimento e os ecossistemas locais (SE.gov.br, 2025). Além disso, o lançamento de esgoto e resíduos industriais têm impactado negativamente a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo e prejudicando a fauna e flora aquáticas (AL.se.leg.br, 2025).

As técnicas utilizadas para determinar a vazão ecológica são agrupadas em quatro principais categorias: hidrológicas, hidráulicas, de habitat e abrangente. As abordagens hidrológicas, como a curva de permanência, baseiam-se em séries históricas de vazões diárias ou mensais para indicar os valores recomendados de vazão ecológica (Sarmento, 2007). Por sua vez, os métodos hidráulicos focam nas alterações de variáveis físicas, como a profundidade da água e o perímetro molhado, relacionando esses parâmetros à vazão mínima necessária para manter o equilíbrio de um ecossistema específico (Collischonn et al., 2005).

Cada abordagem possui vantagens e limitações, dependendo do tipo de rio e da especificidade do ecossistema em questão.

Em suma, a vazão de um rio é um fator essencial tanto para a gestão dos recursos hídricos quanto para a preservação dos ecossistemas aquáticos. Métodos de medição e cálculo, como os hidrológicos e hidráulicos, desempenham um papel crucial na definição das vazões ecológicas, essenciais para garantir o equilíbrio entre o uso humano da água e a proteção ambiental. No Brasil, embora métodos hidrológicos simples ainda sejam predominantes, há uma tendência crescente de incorporar metodologias mais abrangentes, que considerem a complexidade dos ecossistemas aquáticos e suas interações com o regime hídrico (Sarmento, 2007; Benetti et al., 2003; Collischonn et al., 2005).

2.5 Disponibilidade e Monitoramento hídrico

A disponibilidade hídrica refere-se à quantidade de água doce disponível em uma determinada região durante um período específico, sendo destinada ao consumo humano, à agricultura, à indústria e a outros usos. Esse conceito permite avaliar a capacidade de suprir as demandas populacionais e produtivas, garantindo o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água (SOUZA, 2019). A disponibilidade hídrica é influenciada por fatores como precipitação, evapotranspiração, capacidade dos corpos d'água (rios, lagos, reservatórios) e recarga dos aquíferos subterrâneos (LIMA, 2018).

A disponibilidade hídrica sofre influência de fatores externos, como mudanças climáticas, crescimento populacional e variações econômicas, tornando-se um elemento crucial para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões onde a água é escassa ou onde a demanda é elevada (PEREIRA, 2020). Geralmente, expressa-se em termos de volume de água disponível por habitante por ano, sendo sua adequação essencial para garantir o desenvolvimento sustentável, o bem-estar da população e a preservação dos ecossistemas (SILVA, 2017).

A avaliação da quantidade de água disponível em determinada localidade, capaz de atender tanto às exigências da sociedade quanto às do meio ambiente, é conhecida como disponibilidade hídrica. Trata-se de um elemento essencial na formulação de estratégias para o uso racional dos recursos hídricos, envolvendo a análise conjunta da oferta e da necessidade

de água (FERREIRA, 2021). A disponibilidade hídrica é influenciada por vários fatores, incluindo precipitação, características geológicas, uso do solo, e demanda por água (MARTINS, 2019).

O monitoramento hídrico consiste na coleta e análise contínua de dados sobre os recursos hídricos, permitindo avaliar a quantidade e a qualidade da água disponível. Esse processo é essencial para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e promover a gestão eficiente da água em uma determinada região (ALMEIDA, 2020).

O monitoramento envolve a medição de diversas variáveis, como volume de água em rios, lagos e aquíferos, uso da água para diferentes fins (abastecimento humano, irrigação, indústria) e qualidade da água (presença de poluentes e parâmetros químicos). O uso de tecnologias avançadas, como sensores remotos, satélites e softwares de modelagem, tem aprimorado a precisão e a eficiência na coleta e análise dos dados hídricos (COSTA, 2018).

O monitoramento dos recursos hídricos desempenha um papel crucial na prevenção e redução de eventos extremos, como enchentes e períodos de escassez. Além disso, é uma ferramenta indispensável para ajustar as práticas de gestão da água diante das mudanças climáticas, garantindo que esse recurso continue disponível para as próximas gerações (SOUZA, 2019).

O acompanhamento hídrico permite a identificação preliminar de problemas, como degradação, poluição e escassez de água, facilitando a cumprimento de medidas corretivas. Inspecionar a qualidade da água em um rio, é possível detectar poluentes e avaliar seus impactos no ecossistema (FERREIRA, 2021).

Esse tipo de monitoramento também assegura que padrões de qualidade da água sejam mantidos, protegendo tanto a saúde pública quanto os ambientes aquáticos (Medeiros, Silva, 2019). Além disso, o monitoramento é fundamental para a adaptação às mudanças climáticas, uma vez que variações nos padrões de precipitação e temperatura afetam a disponibilidade e a qualidade da água. Dados coletados possibilitam compreender esses impactos e desenvolver estratégias de adaptação. Podendo citar, o monitoramento de aquíferos pode indicar a necessidade de ajustes nas práticas de captação e gestão da água (Pimentel, Pimentel, 2006).

2.6 Caracterização de Equipamentos

A estimativa da vazão em corpos d'água é, em geral, realizada por métodos indiretos, baseando-se na medição da velocidade da corrente ou da altura da lâmina d'água. Entre os

equipamentos mais utilizados para aferir a velocidade em rios estão os molinetes, dispositivos com hélices que giram com o fluxo da água (Silva, 2020). Em contextos onde há limitação de recursos ou necessidade de medições rápidas, é possível utilizar flutuadores, embora esse método apresente menor precisão nos resultados (Pereira, 2018).

Os molinetes são dispositivos desenvolvidos para responder com diferentes rotações conforme a velocidade do fluxo de água. A correspondência entre a rotação do equipamento e a velocidade da corrente é expressa por meio da chamada equação do molinete, fornecida pelo fabricante. No entanto, essa equação precisa ser revisada periodicamente, já que o desgaste das partes pode comprometer sua precisão (Ferreira, 2017).

É importante destacar que a velocidade da água não é uniforme em toda a seção de um rio: tende a ser mais alta na região central e próxima à superfície, enquanto diminui nas margens e no fundo. Devido a essa distribuição desigual, uma única medição pode não representar adequadamente a velocidade média da corrente, podendo levar a erros na estimativa da vazão (Costa, 2019). No entanto, a velocidade medida junto à margem é inferior à velocidade média, e a velocidade medida junto à superfície, no centro da seção, é superior à velocidade média (Santos, 2016).

O molinete (Figura 1) é um instrumento tradicional utilizado para medir a velocidade da corrente em uma seção do rio. Ele é uma ferramenta manual que é girada pela correnteza da água, e a velocidade da água é calculada com base na rotação do molinete (Oliveira, 2021). Combinado com a medição da seção transversal do rio, pode-se determinar a vazão. Sua característica é ser menos preciso que os métodos acústicos, mas útil em locais de difícil acesso ou para medições rápidas (Costa, 2020). É um método clássico e amplamente utilizado em hidrologia (Martins, 2018).



Figura 1 – Molinete C31 (Fonte: HEXIS, 2025).

O uso do equipamento para medir a vazão de rios é um método amplamente aceito e utilizado em estudos hidrológicos, pois fornece medições precisas da velocidade da água em diferentes pontos de uma seção transversal do rio. A medição da vazão é crucial para monitorar o fluxo de água em corpos hídricos, o que auxilia na gestão das águas, controle de inundações, planejamento de barragens e análise da disponibilidade de água para diversos usos (Silva et al., 2023).

O molinete é uma ferramenta consagrada por ser robusto e preciso. Ele pode ser usado em rios de diferentes tamanhos, profundidades e condições de correnteza, sendo útil tanto para medições de pequenas correntes quanto de grandes rios (Ferreira, 2017). Além disso, ele é portátil, tornando-o conveniente para medições em campo (Silva, 2020).

No entanto, o molinete pode enfrentar limitações em certos contextos. Como rios com grandes volumes de sedimentos, vegetação submersa ou detritos podem afetar a precisão das medições, já que a hélice pode se prender ou ser obstruída. O uso do molinete também exige que o operador seja bem treinado, pois medições imprecisas podem ocorrer devido a posicionamento incorreto ou interpretação errada dos resultados (SILVA, 2016).

O molinete tem sido amplamente utilizado em pesquisas e monitoramento hidrológico em todo o mundo. De acordo com Tuller (2002), o uso do molinete é um dos métodos mais tradicionais e confiáveis para medir a vazão de rios, sendo utilizado em uma grande variedade de estudos que abrangem desde pequenas bacias hidrográficas até grandes sistemas fluviais (TULLER, 2002).

O equipamento permanece como uma ferramenta indispensável para a hidrologia, sendo amplamente usado por órgãos ambientais e instituições de pesquisa para monitorar a vazão de rios. Embora existam tecnologias mais avançadas, como os medidores acústicos Doppler, o molinete ainda é uma opção preferida devido à sua acessibilidade, precisão e adaptabilidade a diferentes condições de campo. Seu uso adequado, com medições regulares e técnicas padronizadas, fornece uma base sólida para o estudo de bacias hidrográficas e a gestão sustentável dos recursos hídricos (COSTA, 2019).

O método de molinete empregado para monitorar a vazão nos estudos hidrológicos, desempenham um papel crucial na gestão dos recursos hídricos, no planejamento agrícola e na conservação ambiental (Souza et al., 2021).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área

A pesquisa foi conduzida no Rio Piauitinga, situado no estado de Sergipe, dentro dos limites da bacia hidrográfica do Rio Piauí. Para a coleta de dados de vazão, utilizou-se como referência a estação localizada na Fazenda M. Moraes, onde a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) realizou medições ao longo dos anos.

A Figura 2 apresenta a localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Piauitinga, que abrange territórios dos municípios de Estância, Salgado, Boquim, Riachão do Dantas e Lagarto. Essa sub-bacia possui uma área total de 417 km², e o Rio Piauitinga, principal curso d'água da região, percorre aproximadamente 53 km. Suas principais nascentes estão situadas no povoado Brasília, pertencente ao município de Lagarto (Oliveira et al., 1995). Já na Figura 3, são evidenciadas as estações de monitoramento utilizadas no estudo: a pluviométrica (EP1137017) e a fluviométrica (EF50230000), ambas da Agência Nacional de Águas (ANA), cujas séries históricas de precipitação e vazão serviram de base para a simulação hidrológica. As áreas de estudo estão delimitadas pelas coordenadas UTM 671450/8761713 e UTM 669999/8757954, referenciadas no sistema sirgas 2000.

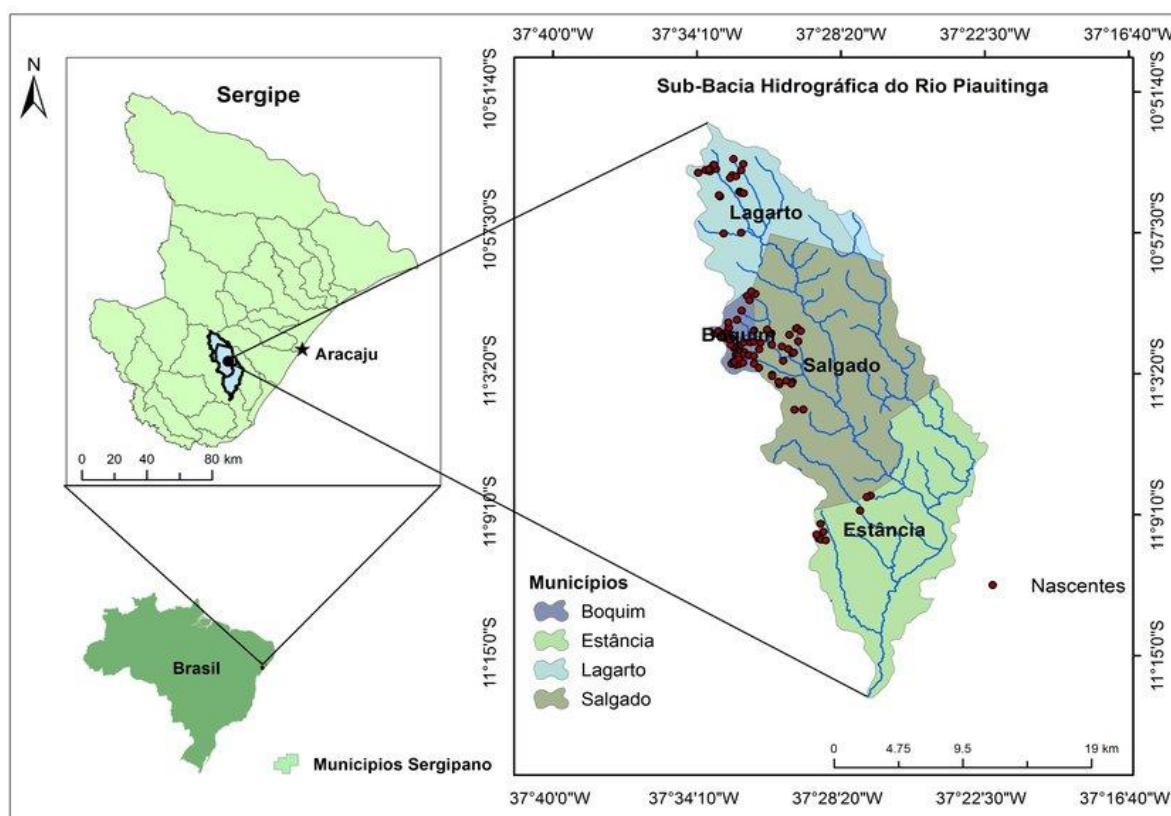


Figura 2: Mapa do Estado de Sergipe com destaque para a sub-bacia do Rio Piauitinga.

Na área de estudo, os tipos de solo predominantes incluem o Latossolo Vermelho-Amarelo, o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Neossolo Flúvico (Sergipe, 2004). Em relação ao uso dos recursos hídricos da bacia, um dos principais destaques é o abastecimento público, realizado por meio da captação das águas do rio Piauitinga, que atende à zona urbana do município de Estância por meio do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. Além disso, o Sistema Integrado de Abastecimento d'Água do Piauitinga, operado pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), também fornece água para os municípios de Simão Dias, Lagarto, Riachão do Dantas, Pedrinhas, Boquim e diversas comunidades rurais da região.

A área escolhida para a implementação da avaliação da vazão no rio apresenta características favoráveis para o abastecimento de água, pois a qualidade da água é considerada excelente, com um teor de sais irrelevante, o que facilita seu uso tanto para a comunidade local quanto para os municípios que constituem a sub-bacia hidrográfica, como Lagarto, Estância, Salgado e Boquim. Além disso, essa água também abastece os municípios de Riachão do Dantas e Simão Dias (SANTOS, 2019)

3.2 Monitoramento da vazão

A demanda obtida através dos dados de vazão surgiu a partir de um monitoramento contínuo realizado entre os anos de 2015 e 2023. Para complementar essa análise, foram realizadas campanhas de avaliação no km 146 da BR-101, na estrada de chão que liga Estância a Itaporanga D'Ajuda. Durante essas avaliações, foi constatado que a largura do rio varia, em alguns trechos, entre 2,90 m e 11,30 m. Dessa forma, tornou-se imperativo quantificar o volume hídrico disponível no rio, a fim de estabelecer um parâmetro de captação adequado. Para tal, foi escolhido um trecho do rio com características adequadas para a medição.

A vazão parcial de cada intervalo foi calculada multiplicando a área do intervalo pela velocidade média medida. A soma das vazões parciais de todos os intervalos forneceu a vazão total do rio na seção estudada. As medições foram registradas em diferentes períodos do ano, abrangendo tanto as estações chuvosas quanto secas. Esses registros possibilitam a análise das variações sazonais e anuais da vazão do rio (ANA, 2019).

A seção foi subdividida em intervalos verticais (Figura 3), nos quais foram realizadas as medições da velocidade da água. Para capturar variações de velocidade ao longo da profundidade, foi utilizado um molinete hidrométrico e um contador de giros em diferentes pontos ao longo do curso fluvial, com o intuito de inspecionar a condição real da produção de

água, considerando a influência das precipitações pluviométricas e suas respectivas variações sazonais (Figura 3).

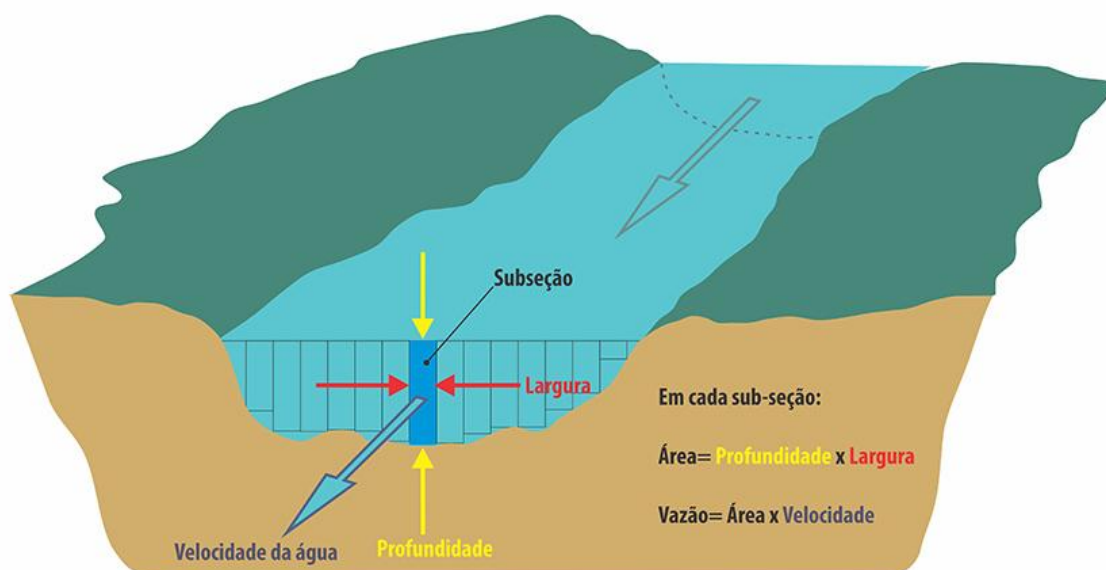


Figura 3 -Esquema simplificado do cálculo para a medição de vazão. (FONTE: Carlos E. Ribeiro Jr. InfoSãoFrancisco)

O molinete funciona de forma simples, utilizando uma hélice conectada a um eixo, que gira conforme a água passa por ela. A frequência de rotação é proporcional à velocidade da corrente de água. Cada giro da hélice corresponde a uma velocidade específica da água, que é registrada por um contador mecânico ou digital. O operador posiciona o molinete em diferentes profundidades e locais da seção transversal do rio para obter uma amostra representativa das velocidades da corrente em toda a largura do rio. A velocidade da água em cada ponto é calculada com base no número de rotações da hélice por segundo (Silva et al., 2023).

No entanto, o molinete pode enfrentar limitações em certos contextos. Entre tanto, os rios com grandes volumes de sedimentos, vegetação submersa ou detritos podem afetar a precisão das medições, já que a hélice pode se prender ou ser obstruída. O uso do molinete também exige que o operador seja bem treinado, pois medições imprecisas podem ocorrer devido ao posicionamento incorreto ou interpretação errada dos resultados (Silva et al., 2021).

Para obter uma leitura mais precisa da vazão, as medições são feitas em diferentes profundidades, considerando a variabilidade da velocidade da água ao longo da coluna de água. Normalmente, as velocidades são medidas a 20%, 60% e 80% da profundidade total. A

seção do rio é dividida em várias subáreas, geralmente em intervalos regulares, tanto na largura quanto na profundidade. Em cada ponto de amostragem, o molinete é submerso, e a velocidade da água é registrada. A eficácia desse método está no fato de considerar as diferenças de velocidade presentes tanto na profundidade quanto na largura do rio, o que possibilita uma estimativa mais confiável da vazão (Silva et al., 2023).

A fórmula utilizada para calcular a vazão:

$$Q = A \times V$$

onde: Q = vazão do rio em $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$

A = área da seção transversal do rio em m^2

V = velocidade média do fluxo no rio $\text{m}.\text{s}^{-1}$

A área da seção transversal (A) pode ser calculada por:

$$A = P \times L$$

onde: A = área da seção em m^2 ;

P = profundidade da seção em m;

L = largura da seção em m

A velocidade média (V) é obtida com o molinete hidrométrico, que registra a velocidade da água em diferentes pontos da seção transversal do rio. Após registrar as velocidades em vários pontos da seção transversal, a vazão é calculada multiplicando a velocidade média da água (V) pela área da seção transversal (A). Cada subdivisão da seção do rio contribui para o cálculo final da vazão:

$$Q = \sum A_i \times V_i$$

Os dados de vazão disponibilizados foram tabulados em planilhas eletrônicas para análise. Com base nos dados fornecidos, foi realizada uma análise estatística para complementar o trabalho sobre a vazão do Rio Piauitinga. Esta análise incluiu uma descrição

estatística dos dados de vazão e largura do rio, um teste de comparação de médias entre os períodos seco e úmido, e a correlação entre a vazão e a largura do rio (seção transversal).

De acordo com trabalhos realizados, análise descritiva ajuda a identificar anomalias hidrológicas e tendências de alteração na disponibilidade hídrica do rio ao longo do período estudado (Tucci, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da vazão do Rio Piauitinga, com base em dados coletados entre 2015 e 2023, oferece uma perspectiva detalhada sobre os fatores que influenciam a dinâmica hídrica dessa bacia hidrográfica no Nordeste brasileiro. Este texto discute os resultados à luz da literatura científica, abordando as variações sazonais da vazão, os impactos das atividades antrópicas, a relevância das matas ciliares e a necessidade de medidas de conservação para a administração sustentável dos recursos hídricos.

Conforme inspeção nos dados obtidos a partir de um monitoramento contínuo realizado entre os anos de 2015 e 2023. A análise dos dados de vazão do Rio Piauitinga ao longo dos períodos seco e úmido (Tabela 1). Já a Tabela 2 expõe o resumo da análise estatística descritiva para a vazão em cada período e para a largura do rio em geral. Os dados foram divididos em dois períodos: seco (12 medições) e úmido (9 medições).

Tabela 1. Dados de vazão do rio Piauitinga no período de 2015 a 2023, períodos seco e úmido.

DATA	VAZÃO (L/S)	PERÍODO	LARGURA DO RIO (m)
07/01/2015	783,72	SECO	9,6
10/11/2016	1013,44		3,2
07/02/2017	524,57		2,9
25/01/2018	1772,82		9,1
09/01/2019	514,57		4,4
01/12/2020	2759,01		8,7
28/10/2021	1964,22		8
09/12/2021	1908,53		8
12/01/2022	1672,1		8
24/02/2022	1426,38		7,7
01/02/2023	830,03		4,1

12/12/2023	771,8		4,1
23/04/2015	1191,69		4,5
05/05/2016	1234,01		6,2
11/04/2017	662,4		3
10/05/2017	1287,31		3,4
06/09/2018	1922,54	Úmido	8,7
18/09/2019	3335,09		11,3
31/08/2022	1554,39		3,9
19/04/2023	749,6		3,4
29/08/2023	1835,86		4,2

Tabela 2 - Resumo da análise estatística descritiva dos dados de vazão observados no rio Piautinga

	Vazão período seco (L/s)	Vazão período úmido (L/s)	Largura do Rio (m)
Número de medições	12	9	21
Média	1328,43	1530,32	6,02
Desvio padrão	699,05	800,73	2,62
Mínimo	514,57	662,4	2,9
Máximo	2759	3335,09	1,3

A vazão média no período úmido é maior que no período seco, refletindo a influência das chuvas sazonais. No entanto, o desvio padrão mais alto no período úmido (800,73 L/s) indica maior variabilidade, possivelmente devido a eventos de chuvas intensas e irregulares.

Um teste t de Student para amostras independentes foi realizado para verificar se há diferença significativa entre as médias de vazão dos períodos seco e úmido. As hipóteses

foram: 1) H_0 (nula): As médias de vazão são iguais nos dois períodos; 2) H_1 : As médias de vazão são diferentes nos dois períodos. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado do teste t para comparação de média entre o período seco e o período úmido.

Estatística t	-0,616
Graus de liberdade	19
Valor crítico ($\alpha = 0,05$)	2,093

Como $|t| = 0,616 < 2,093$, não rejeita-se a H_0 . Não há evidência estatística suficiente para afirmar que as médias de vazão diferem significativamente entre os períodos.

Embora a média do período úmido seja maior, a alta variabilidade e o tamanho reduzido da série de vazão podem ter contribuído para a não significância do teste. Isso sugere que fatores como a irregularidade das chuvas ou o impacto do uso do solo na bacia podem estar influenciando os resultados. A largura do rio foi considerada para a área da seção transversal, assumindo que a profundidade seja proporcional à largura. O coeficiente de correlação de Pearson foi estimado para distinguir a relação entre vazão e largura.

Os resultados obtidos indicam que o coeficiente de correlação (r) foi aproximadamente 0,5, ou seja, existe uma correlação positiva moderada entre a vazão e a largura do rio. Isso indica que, em geral, maiores larguras estão associadas a maiores vazões, mas a relação não é forte, sugerindo que outros fatores (como profundidade e velocidade da água) também influenciam a vazão.

Observações dos dados mostram exceções, como vazões altas com larguras baixas (1.554,39 L/s com 3,90 m), indicando que a largura sozinha não explica totalmente as variações na vazão.

A alta variabilidade dos dados no período úmido, no entanto, sugere que fatores além da precipitação podem estar modulando a resposta hidrológica do rio. Essa variabilidade pode ser parcialmente explicada pela geometria do canal, como largura, profundidade e velocidade da água, que influenciam a capacidade de transporte do rio (Chow et al., 1994). A correlação moderada ($r \approx 0,5$) entre vazão e largura do rio indica que, embora a geometria seja relevante, outros elementos dinâmicos desempenham papéis igualmente importantes.

A análise descritiva confirma a sazonalidade da vazão, com valores médios mais altos no período úmido, embora a diferença não seja estatisticamente significativa. Isso pode

refletir a variabilidade climática típica do Nordeste brasileiro, onde chuvas intensas ocorrem de forma irregular. Além disso, a correlação moderada entre vazão e largura sugere que a geometria do rio é apenas um dos fatores determinantes do fluxo, sendo necessário considerar profundidade e velocidade para uma análise mais completa.

A análise dos dados indica uma clara oscilação sazonal na vazão do Rio Piauitinga (Figura 4), com reduções acentuadas durante os meses de estiagem e elevações expressivas no período chuvoso. Um exemplo marcante foi o pico de vazão registrado em setembro de 2019, que alcançou 3.335,09 L/s, coincidente com uma precipitação de 30 mm, demonstrando a forte influência das chuvas sobre o comportamento do rio. Esse padrão se alinha ao observado em outras bacias localizadas em regiões semiáridas do Brasil, onde a distribuição irregular das chuvas impacta diretamente a oferta de água (Silva et al., 2020). Conforme apontam Tucci (2009) e Marengo et al. (2012), a dinâmica climática, especialmente a variação na intensidade das precipitações, exerce papel fundamental nos regimes de vazão no Nordeste brasileiro, o que reforça os resultados encontrados neste trabalho.

Além disso, a largura do rio nos períodos úmidos também se expande, chegando a 11,3 m evidenciando a maior quantidade de água fluindo pelo leito do rio no mesmo mês.

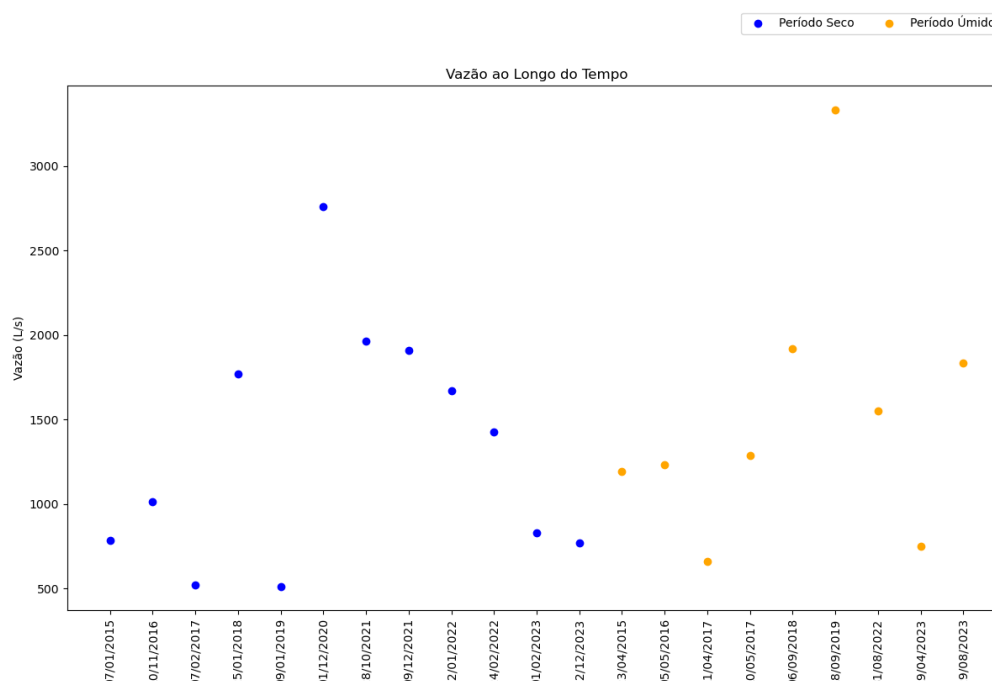


Figura 4 – Hidrograma dos períodos seco e úmido de 2015 a 2023 do Rio Piauitinga

Fonte: Construído a partir dos dados obtidos pela DESO

As mudanças na vazão e na largura do Rio Piauitinga entre as estações seca e chuvosa evidenciam a forte relação entre seu regime hidrológico e a sazonalidade climática. Durante o período de estiagem, a redução da vazão pode afetar diretamente o fornecimento de água e limitar o uso dos recursos hídricos na região. Por outro lado, na estação chuvosa, observa-se um aumento tanto na vazão quanto na extensão do leito do rio, o que indica maior disponibilidade hídrica, favorecendo atividades como a agricultura. No entanto, esse cenário também exige atenção por parte da gestão hídrica, uma vez que o volume elevado de água pode gerar riscos, como inundações e outros impactos associados ao excesso de fluxo.

De forma geral, os dados analisados revelam um comportamento sazonal característico da vazão, com reduções nos meses de estiagem e elevações durante o período de chuvas (Figura 4). Esse padrão reforça a necessidade de um monitoramento contínuo das vazões fluviais, essencial para um planejamento eficiente da gestão dos recursos hídricos. Tal prática contribui para o uso equilibrado da água e para a proteção dos ecossistemas, sobretudo em áreas vulneráveis à escassez hídrica.

O valor mais elevado de vazão durante o período chuvoso foi observado em 18 de setembro de 2019, quando o fluxo atingiu 3.335,09 m³/s, acompanhado por um volume de precipitação de 30 mm. Esse dado evidencia a influência direta das chuvas no aumento da vazão do rio, demonstrando a forte correlação entre os índices pluviométricos e o comportamento hidrológico da bacia. Nos meses do período úmido, as maiores quantidades de chuva elevam a quantidade de água que chega aos rios, resultando em vazões mais altas.

Em 18/09/19, por exemplo, quando a precipitação foi de 30 mm, a vazão chegou a 3.335,09 m³/s, evidenciando a conexão direta entre grandes volumes de chuva e grandes vazões. Já em 29/08/23, com uma precipitação de 118,2 mm, a vazão foi de 1.835,86 m³/s. Porém, em alguns anos, é possível observar variações ou anomalias nessa relação, frequentemente causadas por eventos climáticos atípicos, como tempestades intensas que ocorrem em períodos curtos.

Quando analisado distintamente, o período seco e o período úmido apresentaram fases que afetam a dinâmica dos recursos hídricos, especialmente a vazão dos rios.

Durante o período seco, as chuvas são escassas, o que reduz significativamente a quantidade de água disponível nos corpos hídricos. Isso resulta em uma menor vazão, como evidenciado nos dados fornecidos, onde as medições de vazão nos períodos secos foram consideravelmente mais baixas. A evaporação da água também tende a aumentar devido ao calor, agravando a escassez hídrica. Esse cenário impacta negativamente a agricultura, que

depende da irrigação ou de um bom regime hídrico, além de comprometer o abastecimento de água potável para a população. Em algumas regiões, a falta de chuva pode até gerar restrições no fornecimento de água. Além disso, a vegetação mais seca eleva o risco de incêndios florestais, afetando a biodiversidade e prejudicando a economia local.

Já o período úmido é marcado por uma maior incidência de chuvas, o que provoca um aumento significativo da vazão dos rios. Esse aumento da água disponível pode ser benéfico para o abastecimento de água, a agricultura e outras atividades econômicas, como a produção de energia hidrelétrica. No entanto, períodos de chuvas intensas podem gerar problemas, como enchentes e erosões, que podem causar destruição ao meio ambiente e às infraestruturas urbanas. Apesar disso, o período úmido, de maneira geral, tende a ser mais favorável à conservação de recursos hídricos, uma vez que repõe os níveis dos rios e reservatórios. No entanto, é importante que as infraestruturas de drenagem e os sistemas de controle de enchentes sejam eficientes para minimizar os riscos associados ao excesso de água.

Pesquisas sobre a vazão do Rio das Fêmeas indicaram que as variações nos fluxos de água são, em grande medida, determinadas pelas mudanças no uso e na cobertura do solo. Além das características climáticas, como a precipitação e as abstrações iniciais, a vazão dos rios é significativamente afetada por fatores como o tipo de utilização do solo e sua cobertura.

Assim, é possível observar que uma alteração na precipitação média nem sempre resulta em uma mudança proporcional na vazão média (Souza, Souza, Cardoso, 2017).

Outro estudo conduzido por Vestena et al (2012), revelou que a variabilidade temporal da vazão estabelece condições diferenciadas para o uso da água, com maiores volumes disponíveis nos períodos de cheia e volumes reduzidos durante os períodos de estiagem.

Em uma etapa posterior, em 12 de dezembro de 2024, realizou-se uma nova inspeção nas áreas onde o estudo de vazão havia sido conduzido. Embora não tenham sido realizados testes adicionais, efetuaram-se visitas nas margens do rio, com foco nas áreas reflorestadas. Durante esta inspeção, constatou-se a necessidade de promover o reflorestamento da mata ciliar para assegurar a perenidade da oferta de recursos hídricos locais.

As condutas dos humanos, as práticas como o desmatamento e a utilização inadequada do solo tendem a intensificar as variações no regime de vazão do Rio Piauítinga.

A ausência de significância estatística nas diferenças de médias de vazão entre os períodos seco e úmido pode ser atribuída, em parte, ao tamanho reduzido da amostra e à alta variabilidade dos dados. Contudo, também reflete a interferência antrópica no regime natural do rio. Pesquisas como a de Tucci (2004) indicam que a remoção da vegetação nativa e a transformação de áreas naturais em terrenos agrícolas ou pastoris aumentam o escoamento

superficial, diminuem a infiltração da água no solo e alteram os padrões de vazão. No caso do Rio Piauitinga, a observada redução da vazão nos últimos anos, mesmo durante períodos chuvosos, pode estar relacionada a esses fatores.

Adicionalmente, problemas como o assoreamento e a poluição, frequentemente encontrados em bacias hidrográficas do Brasil (Cavalcanti & Lacerda, 2020), impactam tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível. A degradação das matas ciliares, que desempenham papel crucial na regulação do ciclo da água e na proteção do ambiente aquático, agrava ainda mais esses problemas.

Essas áreas de vegetação são essenciais para a estabilidade hidrológica das bacias. No Rio Piauitinga, a deterioração das matas ciliares prejudica a retenção de água no solo, o que eleva o escoamento superficial e diminui a recarga dos aquíferos (Tucci, 2004). Esse fenômeno ajuda a explicar as variações na vazão e a redução da disponibilidade hídrica a longo prazo.

A vegetação ripária também atua como barreira natural contra o assoreamento e a entrada de poluentes, contribuindo para a manutenção da qualidade da água (Cavalcanti & Lacerda, 2020). Assim, a restauração dessas áreas emerge como uma medida prioritária para mitigar os impactos negativos identificados.

4.1 Propostas para Conservação e Gestão Sustentável

Os resultados deste estudo evidenciam a importância de uma abordagem integrada na gestão dos recursos hídricos, em conformidade com os princípios estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Entre as ações recomendadas, destaca-se a recomposição das matas ciliares, medida que busca restaurar a vegetação ao longo dos cursos d'água, favorecendo a regulação do fluxo hídrico e a conservação da qualidade da água. Também se torna indispensável a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, que reduzam o escoamento superficial e o risco de assoreamento, contribuindo para a manutenção equilibrada do regime de vazão dos rios.

O monitoramento contínuo também é uma medida proposta, com a implementação de sistemas para acompanhar a vazão e a qualidade da água, possibilitando uma avaliação mais precisa das condições da bacia.

Por fim, a criação de um Comitê de Bacia é vista como essencial, pois esse órgão colegiado poderia coordenar ações de conservação, envolver as comunidades locais e implementar políticas públicas eficazes. Essas ações visam garantir o ciclo hidrológico

sustentável na bacia do Rio Piauitinga, assegurando a disponibilidade de água para as populações locais e a preservação dos ecossistemas aquáticos.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, é possível tirar as seguintes conclusões:

O Rio Piauitinga apresenta um comportamento sazonal bem definido, com vazões mais baixas durante os períodos de estiagem — atingindo o mínimo de 514,57 L/s — e maiores durante a estação chuvosa, com pico de 3.335,09 L/s. Essa variação evidencia a necessidade de estratégias de gestão hídrica que estejam alinhadas com essa dinâmica natural.

Observou-se uma correlação significativa entre os volumes de chuva e os valores de vazão. Um exemplo claro ocorreu em 2019, quando a vazão máxima coincidiu com uma precipitação de 30 mm, demonstrando a forte dependência do rio em relação às chuvas sazonais. Esse cenário reforça a importância de sistemas de monitoramento contínuo e de alerta para situações extremas.

As flutuações identificadas ao longo da série histórica também sugerem a influência de ações humanas, como o desmatamento e o uso inadequado do solo, especialmente em anos em que a redução da vazão foi perceptível mesmo em períodos tipicamente úmidos.

Por fim, destaca-se a relevância da manutenção e ampliação das atividades de monitoramento, incorporando tecnologias como sensoriamento remoto e modelos hidrológicos. Esses recursos são fundamentais para identificar padrões de longo prazo e orientar políticas públicas e ações de gestão mais eficientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). **Manual de Gestão de Bacias Hidrográficas**. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-de-recursos-hidricos/manual-de-gestao>. Acesso em: 15 de fev. de 2025

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento/relatorio-de-conjuntura>. Acesso em: 02 de março de 2025

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). **Monitoramento dos Recursos Hídricos no Brasil: Relatório**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 02 de março de 2025

BENETTI, A. D.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Avaliação de métodos hidrológicos para a determinação de vazões ecológicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 1, p. 5-13, 2003.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. de J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 03, p. 453-462, 2017.

CETESB. **Manual de Monitoramento da Qualidade da Água**. 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/manual-de-monitoramento/>. Acesso em: 20 de fev. de 2025

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. Applied Hydrology. McGraw-Hill, 1994.
COLLISCHONN, W.; TASSI, R.; TUCCI, C. E. M. Modelagem hidrológica e a determinação de vazões ecológicas em rios brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 65-72, 2005.

FALKENMARK, M.; ROCKSTRÖM, J. The New Green Revolution: **Sustainable Intensification of Agriculture**. Routledge, 2018.

FAO. The State of the World's Water Resources: Summary Report. 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ecb51a59-ac4d-407a-80de-c7d6c3e15fcc/content>. Acesso em: 15 de março. de 2025.

FERREIRA, R. S. Água e Ecossistemas: **O Papel dos Rios na Conservação Ambiental**. Editora Verde, 2021.

FREIRE, G. D. S; FERREIRA, R. A; OLIVEIRA, E. V.S.; OLIVEIRA, M. I. U. Caracterização Florística de Áreas de Nascentes na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 123-139, 2022.

FROES, C. Aplicação do método Tennant no planejamento de recursos hídricos em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 1, p. 43-50, 2006.

LEME, E. J. et al. Hidrologia estatística da vazão mínima do rio Jaguari Mirim. Ecossistema. **Open Journal Systems** ,Vol. 27, n. 2, 2002.

LIMA, J. E. F. W.; LOBO, G. A.; SALGADO, J. R. **Hidrologia aplicada ao zoneamento ambiental**. Agência Nacional de Águas, 2015.

LUCAS, A. A. T. NETTO, A. O. A.; FOLEGATTI, M. V.; FERREIRA, R. A. Calibração do modelo hidrodinâmico MIKE 11 para a sub-bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, v. 5, n. 3, p. 195-207, 2010.

MARENGO, J. A. Extremos de seca e cheia na Amazônia: eventos de grande magnitude e impactos na sociedade. **Climatic Change**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2012.

MARSH-MCBIRNEY. Molinete para Medição de Vazão. 2020. Disponível em: <https://www.marsh-mcbirney.com>. Acesso em: 28 de jan. de 2025.

MARTINS, L. J. Bacia Hidrográfica e Desenvolvimento Regional: Estudo de Caso do Rio Piautinga. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 1, p. 75-89, 2020.

MEDEIROS, R. F.; SILVA, A. C. Gestão de recursos hídricos: Aspectos conceituais e práticas. **Editora Universitária**, 2019.

OLIVEIRA, M. C.; COSTA, A. P. Recursos Hídricos e Agricultura no Estado do Rio de Janeiro. **Editora Rural**, 2019.

OTT HYDROMET. Hydrometric Monitoring Solutions. 2020. Disponível em: <https://www.ott-hydromet.com>. Acesso em: 25 de jan. de 2025

PELISSARI, E.; SOUZA, R.; SANTOS, J. Estudo da demanda ecológica para o Rio Santa Maria da Vitória, Espírito Santo. **Revista de Hidrologia Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 25-33, 1999.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. H. Water Resources: Availability and Management. In: **Encyclopedia of Energy**. Elsevier, 2006.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, M. P. **Hidrologia aplicada ao manejo de microbacias hidrográficas**. Universidade Federal de Viçosa, 2004.

RANTZ, S. E.; OTHERS. **Measurement and Computation of Streamflow: Volume 1. Measurement of Stage and Discharge**. Geological Survey Water-Supply Paper, 1982.

SARMENTO, R. Métodos para determinação de vazões ecológicas em rios brasileiros. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 20, p. 33-45, 2007.

SHAW, E. M.; KELLER, R. J. **Hydrology in Practice**. CRC Press, 2011.

SONTEK. FlowTracker Handheld Acoustic Doppler Flow Meter. 2019 Disponível em: <https://www.sontek.com>. Acesso em 18 de jan. de 2025.

SOUZA, P. A. Geografia dos Rios Cariocas: Aspectos Econômicos e Ambientais. **Editora Carioca**, 2018.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS. Acoustic Doppler Current Profilers. 2021. Disponível em: <https://www.teledynedalsa.com>. Acesso em: 01 de março de 2025.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2002.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. **Editora Universidade/UFRGS**, 2009.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Modelagem hidrológica: princípios e aplicações. **Editora da UFRGS**, 1997.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I. **Gestão da Qualidade da Água e Disponibilidade Hídrica**. ABRH, 2008.

TULLER, M. **Fundamentals of Hydrology**. Routledge, 2002.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021**: Valorizando a água. 2021. Disponível em: <https://www.unesco.org>. Acesso em: 20 de jan. de 2025.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, É. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, L. E. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 212-227, 2012.

ALMEIDA, Roberto. *Monitoramento hídrico e sustentabilidade ambiental*. Porto Alegre: Editora Ecológica, 2020.

ALMEIDA, Roberto. *O uso da água na agricultura: impactos e desafios no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Agrícola, 2020.

BENETTI, Juliano et al. *Vazões ecológicas: conceito e desafios na preservação de ecossistemas aquáticos*. São Paulo: Editora Ambiental, 2003.

COSTA, Ana. *Água e indústria: a relação vital entre os setores produtivos e o recurso hídrico*. Belo Horizonte: Editora Ecoenergia, 2017.

COSTA, Ana. *Tecnologias avançadas no monitoramento hídrico*. São Paulo: Editora Tecno-água, 2018.

COSTA, João. *Gestão das águas e biodiversidade nos ecossistemas aquáticos.* Belo Horizonte: Editora Natureza, 2018.

COSTA, João. *Gestão hídrica e as influências da precipitação na vazão dos rios.* Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2021.

COSTA, Marcos. *A evolução das tecnologias no monitoramento de vazão: o molinete e as novas abordagens.* Belo Horizonte: Editora Ecossistemas, 2019.

COSTA, Marcos. *Estrutura e dinâmica das bacias hidrográficas no Brasil.* 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Água e Terra, 2016.

FERREIRA, Marcos. *Monitoramento e gestão de recursos hídricos no contexto da escassez.* Belo Horizonte: Editora Água Viva, 2021.

LIMA, Ana. *Relevo e hidrografia: a relação entre a topografia e o fluxo das águas.* Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2015.

LIMA, Maria. *Fatores que afetam a disponibilidade hídrica: uma análise geográfica e climática.* Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2018.

MARTINS, Ricardo. *A dinâmica da água e os impactos no uso do solo.* Curitiba: Editora Geográfica, 2019.

MARTINS, Ricardo. *Introdução às bacias hidrográficas: conceitos e definições.* 2. ed. São Paulo: Editora Geográfica, 2017.

OLIVEIRA, Ana. *Geografia das bacias hidrográficas brasileiras: desafios e impactos ambientais.* São Paulo: Editora Nacional, 2019.

PEREIRA, Marcos. *Gestão sustentável das bacias hidrográficas: desafios e soluções.* 1. ed. São Paulo: Editora Verde, 2020.

PEREIRA, Marcos. *Pequenos rios e riachos: aspectos da contribuição dos cursos d'água menores para as grandes bacias.* Belo Horizonte: Editora Água Viva, 2018.

PEREIRA, Roberto. *Mudanças climáticas e a gestão hídrica: desafios e soluções.* São Paulo: Editora Ecoágua, 2020.

SANTOS, Ana. *Qualidade da água e abastecimento nas sub-bacias hidrográficas: estudo de caso no Rio da região de Lagarto.* 2. ed. Aracaju: Editora Hidroambiental, 2019.

SANTOS, João. *Impactos da variabilidade climática sobre os aquíferos e os recursos hídricos.* 2. ed. São Paulo: Editora Águas, 2019.

SANTOS, Maria. *A dinâmica das bacias hidrográficas e seus cursos principais.* Curitiba: Editora Ecologia, 2020.

SANTOS, Maria. *A dinâmica da precipitação e os sistemas de drenagem.* Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2019.

SOUZA, João. *Gestão de recursos hídricos e a disponibilidade de água no Brasil*. 3. ed. São Paulo: Editora Ambiental, 2019.

SOUZA, João. *As bacias hidrográficas e a subsistência das comunidades ribeirinhas*. 3. ed. São Paulo: Editora Água Viva, 2018.

SARMENTO, Luiz. *Gestão de recursos hídricos: vazões ecológicas e seus desafios*. Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2007.

SILVA, Ana. *A adequação da disponibilidade hídrica para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Editora Soluções Hídricas, 2017.

SILVA, João. *Geografia das águas: bacias hidrográficas e os processos de drenagem*. 3. ed. São Paulo: Editora Geográfica, 2017.

SILVA, João. *Monitoramento hidrológico: desafios e limitações na medição de vazão*. São Paulo: Editora Água e Vida, 2016.

SILVA, João. *Água e preservação: uma análise dos ecossistemas aquáticos*. Rio de Janeiro: Editora Ecos, 2018.

TULLER, João. *Métodos tradicionais para medir a vazão dos rios: o molinete e suas aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Hidrologia, 2002.

ALMEIDA, Roberto. *Monitoramento hídrico e sustentabilidade ambiental*. Porto Alegre: Editora Ecológica, 2020.

ALMEIDA, Roberto. *O uso da água na agricultura: impactos e desafios no Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Agrícola, 2020.

BENETTI, Juliano et al. *Vazões ecológicas: conceito e desafios na preservação de ecossistemas aquáticos*. São Paulo: Editora Ambiental, 2003.

COSTA, Ana. *Água e indústria: a relação vital entre os setores produtivos e o recurso hídrico*. Belo Horizonte: Editora Ecoenergia, 2017.

COSTA, Ana. *Tecnologias avançadas no monitoramento hídrico*. São Paulo: Editora Tecnologia, 2018.

COSTA, João. *Gestão das águas e biodiversidade nos ecossistemas aquáticos*. Belo Horizonte: Editora Natureza, 2018.

COSTA, João. *Gestão hídrica e as influências da precipitação na vazão dos rios*. Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2021.

COSTA, Marcos. *A evolução das tecnologias no monitoramento de vazão: o molinete e as novas abordagens*. Belo Horizonte: Editora Ecossistemas, 2019.

COSTA, Marcos. *Estrutura e dinâmica das bacias hidrográficas no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Água e Terra, 2016.

FERREIRA, Marcos. *Monitoramento e gestão de recursos hídricos no contexto da escassez.* Belo Horizonte: Editora Água Viva, 2021.

LIMA, Ana. *Relevo e hidrografia: a relação entre a topografia e o fluxo das águas.* Rio de Janeiro: Editora Ambiental, 2015.

LIMA, Maria. *Fatores que afetam a disponibilidade hídrica: uma análise geográfica e climática.* Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2018.

MARTINS, Ricardo. *A dinâmica da água e os impactos no uso do solo.* Curitiba: Editora Geográfica, 2019.

MARTINS, Ricardo. *Introdução às bacias hidrográficas: conceitos e definições.* 2. ed. São Paulo: Editora Geográfica, 2017.

OLIVEIRA, Ana. *Geografia das bacias hidrográficas brasileiras: desafios e impactos ambientais.* São Paulo: Editora Nacional, 2019.

PEREIRA, Marcos. *Gestão sustentável das bacias hidrográficas: desafios e soluções.* 1. ed. São Paulo: Editora Verde, 2020.

PEREIRA, Marcos. *Pequenos rios e riachos: aspectos da contribuição dos cursos d'água menores para as grandes bacias.* Belo Horizonte: Editora Água Viva, 2018.

PEREIRA, Roberto. *Mudanças climáticas e a gestão hídrica: desafios e soluções.* São Paulo: Editora Ecoágua, 2020.

SANTOS, Ana. *Qualidade da água e abastecimento nas sub-bacias hidrográficas: estudo de caso no Rio da região de Lagarto.* 2. ed. Aracaju: Editora Hidroambiental, 2019.

SANTOS, João. *Impactos da variabilidade climática sobre os aquíferos e os recursos hídricos.* 2. ed. São Paulo: Editora Águas, 2019.

SANTOS, Maria. *A dinâmica das bacias hidrográficas e seus cursos principais.* Curitiba: Editora Ecologia, 2020.

SANTOS, Maria. *A dinâmica da precipitação e os sistemas de drenagem.* Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2019.

SOUZA, João. *Gestão de recursos hídricos e a disponibilidade de água no Brasil.* 3. ed. São Paulo: Editora Ambiental, 2019.

SOUZA, João. *As bacias hidrográficas e a subsistência das comunidades ribeirinhas.* 3. ed. São Paulo: Editora Água Viva, 2018.

SARMENTO, Luiz. *Gestão de recursos hídricos: vazões ecológicas e seus desafios.* Rio de Janeiro: Editora Água e Vida, 2007.

SILVA, Ana. *A adequação da disponibilidade hídrica para o desenvolvimento sustentável.* Rio de Janeiro: Editora Soluções Hídricas, 2017.

SILVA, João. *Geografia das águas: bacias hidrográficas e os processos de drenagem*. 3. ed. São Paulo: Editora Geográfica, 2017.

SILVA, João. *Monitoramento hidrológico: desafios e limitações na medição de vazão*. São Paulo: Editora Água e Vida, 2016.

SILVA, João. *Água e preservação: uma análise dos ecossistemas aquáticos*. Rio de Janeiro: Editora Ecos, 2018.

TULLER, João. *Métodos tradicionais para medir a vazão dos rios: o molinete e suas aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Hidrologia, 2002.