

ANÁLISE DA SITUAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE ITAPIPOCA-CE: CAPACIDADE DOS AÇUDES GAMELEIRA, POÇO VERDE E QUANDU

Antônio Ari Cardoso Teixeira¹
Ligia Maria Carvalho Sousa²

RESUMO

A região semiárida brasileira é caracterizada por condições climáticas adversas, como elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e precipitações irregulares, o que impacta diretamente a disponibilidade de água para consumo humano, agricultura e outras atividades essenciais. Diante desse cenário, o gerenciamento adequado dos recursos hídricos torna-se uma prioridade. O presente trabalho tem como objetivo analisar a situação hídrica do município de Itapipoca, localizado no estado do Ceará, com foco na capacidade de seus reservatórios de água: Açude Gameleira, Açude Poço Verde e Açude Quandu. Para isso, foi realizada uma compilação de dados obtidos por meio da Interface de Programação de Aplicações (API) da Agência Nacional de Águas (ANA), mais especificamente do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR). Esse sistema permite acompanhar os volumes acumulados nos principais reservatórios da região, oferecendo informações para a gestão dos recursos hídricos. Com base nesse levantamento, foi possível construir um histórico dos volumes de água acumulados nos últimos dez anos, fornecendo uma visão precisa e atualizada sobre a disponibilidade de água no município. Os dados históricos indicam que os açudes de Itapipoca possuem capacidade de atender à demanda hídrica atual em condições de chuva moderada. No entanto, um período prolongado de estiagem, representa um risco significativo para a segurança hídrica do município.

Palavras-chave: Planejamento de Recursos Hídricos, Abastecimento de Água, Demandas Populacionais

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region is characterized by adverse climatic conditions, such as high temperatures, low relative humidity, and irregular rainfall, which directly impact water availability for human consumption, agriculture, and other essential activities. Given this scenario, the proper management of water resources becomes a priority. This study aims to analyze the water situation of the municipality of Itapipoca, located in the state of Ceará, focusing on the capacity of its water reservoirs: Açude Gameleira, Açude Poço Verde, and Açude Quandu. For this purpose, data were compiled using the Application Programming Interface (API) of the National Water Agency (ANA), specifically the Reservoir Monitoring System (SAR). This system enables monitoring of the accumulated volumes in the region's main reservoirs, providing valuable information for water resource management. Based on this data collection, a historical record of accumulated water volumes over the past ten years was constructed, offering an accurate and updated perspective on the municipality's water availability. Historical data indicate that Itapipoca's reservoirs are capable of meeting the current water demand under moderate rainfall conditions. However, a prolonged drought period poses a significant risk to the municipality's water security.

Keywords: Water Resources Planning, Water Supply, Population Demands

¹ Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), aact.ary@gmail.com.

² Docente do Programa de Pós-graduação, PGEA da UNILAB, ligia@unilab.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro, que abrange estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais, ocupa 12% do território nacional e abriga cerca de 28 milhões de habitantes, sendo um dos semiáridos mais populosos do mundo. A região, marcada pela irregularidade das chuvas e altas taxas de evapotranspiração, enfrenta constantes desafios relacionados à escassez hídrica e à desertificação, que afeta 85% do território em grau moderado. Apesar disso, destaca-se pela riqueza ambiental, cultural e econômica, com o bioma Caatinga abrigando mais de 11 mil espécies vegetais, incluindo cactáceas, algumas ameaçadas de extinção. Além disso, a oferta de água na região é limitada, e iniciativas como o reaproveitamento de esgoto tratado são apontadas como alternativas para minimizar conflitos pelo uso da água (INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO, 2025).

A hidrografia no Brasil não segue os limites político-administrativos das Unidades da Federação, pois os rios atravessam esses limites. No país, as águas estão organizadas em 12 Regiões Hidrográficas, conforme definido pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos na Resolução nº 32 de 2003 (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2022).

A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental se destaca pela sua relevância na ocupação urbana, abrangendo importantes capitais e regiões metropolitanas do Nordeste, além de um significativo parque industrial. Com uma área de 286.802 km², corresponde a 3,3% do território brasileiro e, em 2010, abrigava mais de 24 milhões de pessoas, representando 12,6% da população do país. A urbanização é evidente, com 80% da população concentrada nas capitais e grandes cidades. A região também apresenta impactos significativos da ação humana, como a devastação da caatinga e o desmatamento da Zona da Mata para a cultura canavieira (ANA, 2017).

A região hidrográfica das bacias litorâneas abrange uma área de drenagem de 8.619 km² e inclui diversas bacias, como as do Aracatiaçu, Mundaú, Aracati-Mirim, Trairi e Zumbi, além de uma faixa litorânea de escoamento difuso. O rio Aracatiaçu nasce nas Serras de Santa Luzia e Tamadua, no centro-norte do estado, e percorre 181 km. Já a bacia do rio Mundaú é formada pelos rios Mundaú e Cruxati, sendo que o Mundaú percorre 76,5 km até se encontrar com o Cruxati, que percorre 77,5 km antes desse encontro (SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ, 2018).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Esse sistema se forma a partir da convergência dos ventos alísios provenientes dos hemisférios Norte e Sul,

criando uma banda de nuvens na região equatorial. Além dos ventos alísios, as temperaturas elevadas da superfície do mar influenciam tanto o posicionamento quanto a intensidade da ZCIT. Durante o fim do verão e o início do outono, especialmente entre março e abril, o sistema desloca-se para o Hemisfério Sul, causando chuvas mais intensas no norte e semiárido nordestino. A ZCIT também desempenha um papel crucial na agricultura de sequeiro, fundamental para as culturas de milho e feijão no Nordeste brasileiro (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2023).

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o fenômeno El Niño, que costuma se formar no segundo semestre do ano, caracteriza-se pelo aumento da temperatura das águas da superfície do Oceano Pacífico Equatorial em pelo menos 0,5°C acima da média durante um período mínimo de seis meses. Em dezembro de 2023, foi registrada a maior intensidade do fenômeno, com um aumento de temperatura de 2,0°C acima da média. Contudo, entre fevereiro e março de 2024, houve uma redução dessa temperatura, indicando o enfraquecimento do El Niño, que permaneceu na categoria moderada. No mesmo período, foram observadas condições climáticas extremas no Brasil, como déficit de chuvas em Mato Grosso e na Região Norte, enquanto no Rio Grande do Sul ocorreram volumes de chuva acima da média histórica (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2023).

A quadra chuvosa no Nordeste brasileiro, especialmente no estado do Ceará, ocorre entre os meses de fevereiro e maio. No Ceará, as chuvas durante esse período são determinantes para o abastecimento dos reservatórios e para o desenvolvimento de atividades agrícolas, que sustentam grande parte da economia regional.

Historicamente, a média anual de precipitação no estado do Ceará varia entre 600 mm e 800 mm, concentrando-se principalmente na quadra chuvosa. Contudo, essa média apresenta grande variabilidade espacial, com áreas do litoral recebendo volumes superiores a 1.000 mm, enquanto regiões do sertão, como o sertão central e os Inhamuns, registram médias inferiores a 400 mm. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA) apontam que, nos últimos anos, o Ceará tem enfrentado uma sequência de períodos de chuvas abaixo da média, agravando a situação hídrica do estado.

Os principais reservatórios cearenses, como o Castanhão, o Orós e o Banabuiú, enfrentam níveis críticos de armazenamento devido à irregularidade das chuvas. Conforme relatórios da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), o volume médio acumulado nos reservatórios do estado foi inferior a 20% da capacidade total em anos de estiagem severa, o que reflete a vulnerabilidade hídrica da região.

O objetivo do artigo é analisar a situação hídrica do município de Itapipoca-CE, com foco na capacidade dos seus reservatórios: Açude Gameleira, Açude Poço Verde e Açude Quandu. A pesquisa busca identificar os padrões históricos de armazenamento de água nos últimos dez anos, avaliando a suficiência desses reservatórios para atender à demanda hídrica urbana e propondo estratégias de gestão sustentável diante das condições climáticas adversas da região semiárida.

Este artigo é composto, além da introdução, por mais quatro seções. Na segunda seção, apresenta-se a fundamentação teórica, abordando conceitos sobre a gestão de recursos hídricos, o impacto de condições climáticas no semiárido e as políticas públicas relacionadas. Na terceira seção, está a metodologia da pesquisa, que utiliza uma abordagem quantitativa para analisar dados históricos de volume dos reservatórios Gameleira, Poço Verde e Quandu, coletados por meio do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR). Na quarta seção, são mostrados os resultados do estudo, incluindo análises sobre o armazenamento hídrico dos reservatórios e projeções de demanda urbana. Finalmente, na quinta seção, são destacadas as principais conclusões do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e essencial para a vida. A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas, ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Lei nº 9.433/1997).

O semiárido brasileiro apresenta características marcantes, como a irregularidade da quadra chuvosa e a predominância de longos períodos de estiagem, que desafiam a capacidade de armazenamento e manejo sustentável dos recursos hídricos (SOUZA *et al.*, 2020).

De acordo com Liebmann *et al.* (2011), a ocorrência de chuvas intensas no Nordeste do Brasil (NEB) está associada à interação entre sistemas atmosféricos de grande escala e fatores locais. Entre os principais sistemas identificados estão a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que desempenha papel importante durante a estação chuvosa, e as ondas de leste, responsáveis por instabilidades que favorecem chuvas fortes. Além disso, padrões de teleconexão, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação do Atlântico Norte (NAO), modulam a circulação atmosférica regional. Fatores locais, como o relevo, a cobertura do solo e a proximidade do oceano, também contribuem para a intensificação das chuvas em áreas específicas.

Alves, Servain e Campos (2009) apontam que o período chuvoso no Nordeste do Brasil (NEB) ocorre predominantemente entre os meses de fevereiro e maio, enquanto os meses mais secos se concentram entre agosto e dezembro. Essa distribuição sazonal das chuvas é fortemente influenciada pela variabilidade climática associada a fenômenos como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação do Atlântico Tropical, os quais modulam os padrões de precipitação e afetam significativamente o ciclo hídrico e a agricultura na região.

Alves *et al.* (2017) apontam que os eventos de chuva extrema no Nordeste do Brasil, embora raros, podem causar impactos significativos, como enchentes e danos à produção agrícola. Esses eventos estão frequentemente relacionados a características atmosféricas específicas, como a atuação da Zona de Convergência Intertropical e sistemas de ondas de leste, além de anomalias na temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical. A ocorrência desses eventos pode, portanto, afetar consideravelmente a região, exigindo maior atenção nas previsões meteorológicas e na gestão dos recursos hídricos.

Segundo estudos de Marengo e Bernasconi (2022), as chuvas concentradas em poucos meses do ano resultam em fluxos irregulares para os reservatórios, comprometendo a recarga hídrica. No Ceará, políticas de convivência com o semiárido, como o Plano Estadual de Recursos Hídricos, regulamentado pela Lei nº 14.844/2010, têm buscado mitigar os impactos dessas condições por meio de uma gestão mais eficiente.

Pereira Neto (2017) discute a açudagem como uma prática histórica essencial para garantir o abastecimento de água no semiárido brasileiro, especialmente em períodos de seca prolongada. O autor analisa a adaptação dessa estratégia às condições climáticas adversas, destacando as vantagens e limitações para a segurança hídrica. Aponta os impactos das mudanças climáticas e a variabilidade das chuvas, que têm comprometido a capacidade de armazenamento nos açudes, afetando o abastecimento para consumo humano, agricultura e pecuária. Além disso, enfatiza a importância de uma gestão integrada e sustentável dos reservatórios, propondo a adoção de novas tecnologias e práticas de conservação do solo.

Estudos de Medeiros *et al.* (2021) destacam que esses açudes apresentam desafios como o assoreamento e perdas por evaporação, fatores agravados pela alta demanda hídrica em períodos de seca prolongada. A gestão hídrica no Nordeste Brasileiro, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), requer o uso de ferramentas como os Comitês de Bacias Hidrográficas para integrar a sociedade na tomada de decisões e na proteção dos recursos.

Santos, Oliveira e Massaro (2000) investigaram a salinização de açudes no semiárido brasileiro, analisando a qualidade da água armazenada e a concentração de sais solúveis, que comprometem a potabilidade da água e os usos para a agricultura e consumo

humano. A pesquisa de Santos *et al.* (2000) revelou que muitos açudes apresentam elevados níveis de salinidade, o que gera impactos ambientais e sociais, como a degradação da água e dificuldades no uso dos recursos hídricos. Os autores destacam a necessidade de estratégias de monitoramento e gestão para controlar a salinização e assegurar a qualidade da água para a população local e o ecossistema.

Silva *et al.* (2023) destacam que a aridez no semiárido brasileiro está intimamente ligada à escassez de chuvas e à alta variabilidade climática, o que, em conjunto com o aumento das temperaturas e alterações nos regimes de precipitação causadas pelas mudanças climáticas, pode agravar o processo de desertificação. O estudo aponta que, nos cenários futuros, as áreas de aridez extrema tendem a se expandir, tornando a região mais vulnerável à degradação, o que afeta diretamente os recursos hídricos, a agricultura e a biodiversidade local.

José *et al.* (2023) destacam que, para minimizar os impactos da seca no semiárido da Bahia, é fundamental a implementação de estratégias de gestão de recursos hídricos. As políticas públicas devem focar na adaptação ao clima, utilizando tecnologias de monitoramento e previsão climática, a fim de garantir uma gestão eficiente da água e reduzir os efeitos negativos da escassez hídrica, especialmente para a agricultura de sequeiro, que é altamente vulnerável a esses períodos de seca.

Nascimento e Medeiros (2022) destacam que o semiárido da Paraíba enfrenta secas com variações significativas na intensidade e frequência ao longo do tempo, o que gera impactos diretos na agricultura, nos recursos hídricos e na segurança alimentar da população. Esses efeitos são agravados pela irregularidade das chuvas e pela variabilidade climática. Os autores sugerem que o monitoramento constante e a utilização de índices de severidade da seca são fundamentais para orientar estratégias de mitigação e adaptação, como o gerenciamento eficiente da água e a implementação de políticas públicas voltadas para a redução dos impactos das secas na região.

Buriti *et al.* (2020) analisam a gestão hídrica no semiárido brasileiro, destacando a relação entre as secas recorrentes e as estratégias adotadas, como a construção de reservatórios e projetos de irrigação. Apesar dessas iniciativas, as políticas de água mostraram-se limitadas para promover o desenvolvimento sustentável da região, devido à falta de planejamento integrado, à negligência das especificidades do clima semiárido e às falhas na gestão e manutenção das infraestruturas. O estudo conclui que é necessário reorientar as políticas públicas, priorizando soluções integradas que considerem mudanças climáticas, gestão eficiente dos recursos hídricos e o desenvolvimento socioeconômico.

Figueiredo e Becker (2018) demonstram que a seca reduz os volumes de água armazenados nos reservatórios, resultando em maior concentração de nutrientes e substâncias tóxicas, o que intensifica a eutrofização. Em contrapartida, eventos de chuvas intensas levam ao aporte significativo de sedimentos e matéria orgânica, alterando a qualidade da água e dificultando seu tratamento. Esses efeitos são acentuados pela irregularidade climática e pela gestão inadequada dos recursos hídricos na região semiárida.

Com relação ao crescimento da demanda de abastecimento urbano de água, Medeiros, Rufino e Aragão (2024) identificam que o consumo de água nas áreas urbanas está relacionado ao crescimento desordenado das cidades e às desigualdades na distribuição de recursos. Nas regiões mais densamente povoadas, observa-se um uso mais intensivo de água, enquanto áreas periféricas enfrentam dificuldades no acesso ao abastecimento. Além disso, fatores climáticos, como a disponibilidade hídrica, e políticas públicas de gestão urbana também influenciam diretamente os padrões de consumo.

Marinho *et al.* (2021) evidenciam que o crescimento urbano desorganizado exerce pressão sobre os sistemas de abastecimento de água, comprometendo sua capacidade de atender à demanda crescente. Fatores como a impermeabilização do solo, a ocupação de áreas de preservação e a ausência de planejamento integrado aumentam os riscos de escassez hídrica, sobretudo durante períodos de estiagem. Além disso, políticas públicas ineficazes e a desigualdade no acesso à água intensificam a vulnerabilidade das populações que vivem em áreas periféricas.

Silva *et al.* (2019) analisam os desafios enfrentados por Fortaleza, como o crescimento populacional, a expansão desordenada e a variabilidade climática, que comprometem os recursos hídricos e a capacidade de abastecimento. Os autores propõem uma gestão integrada das águas urbanas, abordando abastecimento, drenagem, tratamento de esgoto e reuso de água, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos e promover a sustentabilidade. Estratégias como captação de águas pluviais, controle de perdas no sistema e tecnologias de reuso são indicadas como medidas eficazes para reduzir os riscos de escassez hídrica.

Gonçalves *et al.* (2023) defendem que a combinação de diferentes índices de seca proporciona uma visão mais precisa do estado hidrológico dos reservatórios, auxiliando na tomada de decisões mais eficazes para o gerenciamento dos recursos hídricos. Os autores destacam a importância de incorporar esses índices no planejamento da gestão hídrica para enfrentar os desafios relacionados à variabilidade climática e aos eventos de seca no Ceará.

Com relação à legislação brasileira, a gestão de recursos hídricos e abastecimento urbano é composta por uma série de normas que visam garantir a utilização sustentável dos

recursos hídricos, assegurando o abastecimento de água para a população, a preservação ambiental e a gestão integrada desses recursos. A base legal para a gestão da água no Brasil é a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como a Lei das Águas. Esta lei estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que institui o gerenciamento integrado e descentralizado das águas, com a participação do poder público, usuários e sociedade civil. A lei também criou o Sistema de Gestão de Recursos Hídricos, por meio de comitês de bacias hidrográficas, e regulamenta a outorga de direitos de uso da água, estabelecendo critérios para a alocação dos recursos.

Em relação ao abastecimento urbano, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como a Lei do Saneamento Básico, trata do planejamento, da regulação e da prestação de serviços de água, esgoto e resíduos sólidos. Ela estabelece diretrizes para a universalização dos serviços e a adequação dos sistemas de abastecimento à demanda urbana. A Lei nº 11.445 também impõe a necessidade de planejamento integrado de recursos hídricos, levando em consideração as características locais e as condições do meio ambiente.

Complementando a legislação, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que, embora não trate diretamente da água, impacta na gestão dos recursos hídricos ao promover a gestão integrada de resíduos, evitando a contaminação das águas e a degradação dos ecossistemas aquáticos.

O Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, regulamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos e detalha os instrumentos de gestão, como a cobrança pelo uso da água e os planos de recursos hídricos. O decreto também aborda a integração dos instrumentos de planejamento, como os planos de bacias hidrográficas e os sistemas de informações sobre recursos hídricos.

Além das leis e decretos, diversas portarias e resoluções complementam a legislação, abordando questões específicas, como a qualidade da água para abastecimento público, o controle da poluição hídrica e as diretrizes para a realização de estudos e diagnósticos sobre os recursos hídricos. A Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, estabelece os critérios de potabilidade da água para consumo humano, especificando os limites para substâncias químicas e microbiológicas presentes na água.

A legislação também é complementada por normas estaduais e municipais, que adaptam as diretrizes gerais para as realidades locais. Nos estados e municípios, são criados planos de bacia, comitês de gestão e outros dispositivos normativos para a implementação da gestão integrada das águas, alinhados com as diretrizes federais, mas com foco nas especificidades regionais.

A Resolução nº 1, de 13 de janeiro de 2016, da Agência Nacional de Águas (ANA), por exemplo, define as diretrizes para a elaboração de planos de recursos hídricos, com a finalidade de apoiar os estados e municípios na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A resolução estabelece critérios para a análise da disponibilidade de recursos hídricos e a definição de prioridades para seu uso.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho enquadra-se como uma pesquisa descritiva, que, conforme Triviños (1987), visa caracterizar, registrar, analisar e interpretar fenômenos ou processos existentes. Nesse caso, o foco está na análise do histórico de volumes dos reservatórios Gameleira, Poço Verde e Quandú no município de Itapipoca-CE nos últimos 10 anos, buscando identificar padrões, variações sazonais e os fatores que influenciam os períodos de maior e menor armazenamento de água.

Itapipoca, localizada no estado do Ceará, é um município com 131.123 habitantes (IBGE, 2022) e uma densidade demográfica de 81,93 habitantes por km², sendo o 6º município mais populoso do estado. Com uma área de 1.600,358 km², é o 21º maior município cearense. Seu PIB per capita foi de R\$ 13.547,33 (IBGE, 2021). O abastecimento urbano de água é realizado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), utilizando mananciais superficiais, incluindo os açudes Gameleira, Poço Verde e Quandú. Em 2020, a população urbana era de 86.699 pessoas, com demanda hídrica de 254 litros por segundo. Projeta-se que, em 2035, a população urbana alcance 105.309 habitantes, com demanda de 295 litros por segundo. O sistema de abastecimento é isolado, atendendo às necessidades urbanas. Apesar de avanços, desafios permanecem em saneamento, com 32,9% dos domicílios urbanos dotados de esgotamento sanitário adequado.

O primeiro açude, Gameleira, inaugurado em setembro de 2013 pela Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará, localiza-se no boqueirão do rio Mundaú, na divisa entre os municípios de Itapipoca e Trairi, e beneficia mais de 115 mil pessoas na região do Litoral Oeste do estado. Com capacidade de 52,64 milhões de metros cúbicos, a obra triplicou o acúmulo hídrico de Itapipoca, atendendo à demanda de abastecimento público da sede municipal e comunidades rurais. Construído com um investimento de 40 milhões de reais, provenientes do Projeto de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (PROGERIRH) e do Governo Estadual, o açude é monitorado e mantido pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (SRH, 2021).

O segundo, Poço verde, foi construído no ano de 1955 sobre o leito do rio Sororô, é considerado uma das principais fontes de abastecimento hídrico do município, atualmente com 56,70% de volume tem a capacidade máxima de 13,65 milhões de metros cúbicos de água.

O terceiro, Quandu, localizado na região serrana do município foi construído no ano de 1990 sobre o leito do Riacho Quandu, um dos afluentes do rio Mundaú. É o menor dos três reservatórios atualmente com 40,25% de volume com capacidade máxima para 4 milhões de metros cúbicos de água.

A pesquisa utiliza uma abordagem quantitativa, uma vez que envolve a coleta e análise de dados numéricos, como volumes históricos de armazenamento dos reservatórios, índices pluviométricos e estimativas de perdas hídricas. O método aplicado será a análise documental, que, segundo Lakatos e Marconi (2003), consiste na utilização de materiais já existentes, como relatórios técnicos, dados históricos e bases públicas. A análise dos dados será feita com ferramentas estatísticas e gráficas, permitindo identificar tendências e ciclos hídricos.

Os dados foram obtidos através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR, criado pela Agência Nacional das Águas em 2013 com intuito de conceber um sistema operacional que reunisse e organizasse os dados operativos dos reservatórios do Brasil. Lançado oficialmente em 2014, o SAR, consiste em uma plataforma web que permite, de maneira simples, o acompanhamento da operação dos principais reservatórios do Brasil. O Sistema está dividido em 3 módulos: Sistema Interligado Nacional – SIN; Nordeste e Semiárido; e Outros Sistemas Hídricos.

Para compilar os dados históricos necessários à análise, foi desenvolvido pelo autor deste estudo um script em Python utilizando a plataforma Google Colab. A ferramenta automatiza as requisições à API, permitindo delimitar consultas por intervalos de datas e organizando os dados em um único arquivo, posteriormente convertido para o formato Excel, facilitando o processamento e a análise.

O script, criado como parte deste estudo, está disponível para consulta pública e encontra-se descrito nas referências. Ele foi essencial para a sistematização dos dados históricos dos reservatórios Gameleira, Poço Verde e Quandu, que embasaram as análises apresentadas neste trabalho.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

O abastecimento urbano de água no município de Itapipoca é realizado a partir de mananciais superficiais, representados pelos três açudes: Gameleira, Poço Verde e Quandu. A operação e gestão desse sistema são realizadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), responsável por atender à demanda hídrica da população urbana. Os dados de demanda urbana estão organizados na Tabela 1

Tabela 1. Demanda de água para abastecimento urbano.

Município	Ano	População Urbana	Demanda (L/s)
Itapipoca	2020	86.699	254
Itapipoca	2035	105.309	295

Fonte: ANA, Disponível em < <https://public.flourish.studio/visualisation/14491417/> >.

De acordo com a Tabela 1, a projeção para o ano de 2035 indica uma retirada de 295 litros por segundo para o abastecimento urbano. Com base nessa informação, é possível calcular a demanda diária e anual em hm³, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Projeção da demanda de água para abastecimento urbano em 2035.

Município	Ano	Retirada (m ³ /s)	Acumulado Dia (m ³)	Acumulado Ano (m ³)	Acumulado Ano (hm ³)
Itapipoca	2020	0,254	21.945,60	8.010.144,00	8,01
Itapipoca	2035	0,295	25.488,00	9.303.120,00	9,30

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 2 apresenta a projeção da demanda anual de água para abastecimento urbano no município de Itapipoca para o ano de 2035, estimada em 9,30 hm³/ano. Para garantir a estabilidade hídrica, é necessário analisar o volume armazenado nos reservatórios do município e identificar os períodos do ano mais críticos de redução nos níveis de água. A Tabela 3 apresenta os detalhes de cada reservatório.

Tabela 3. Lista de reservatórios e seus respectivos volumes.

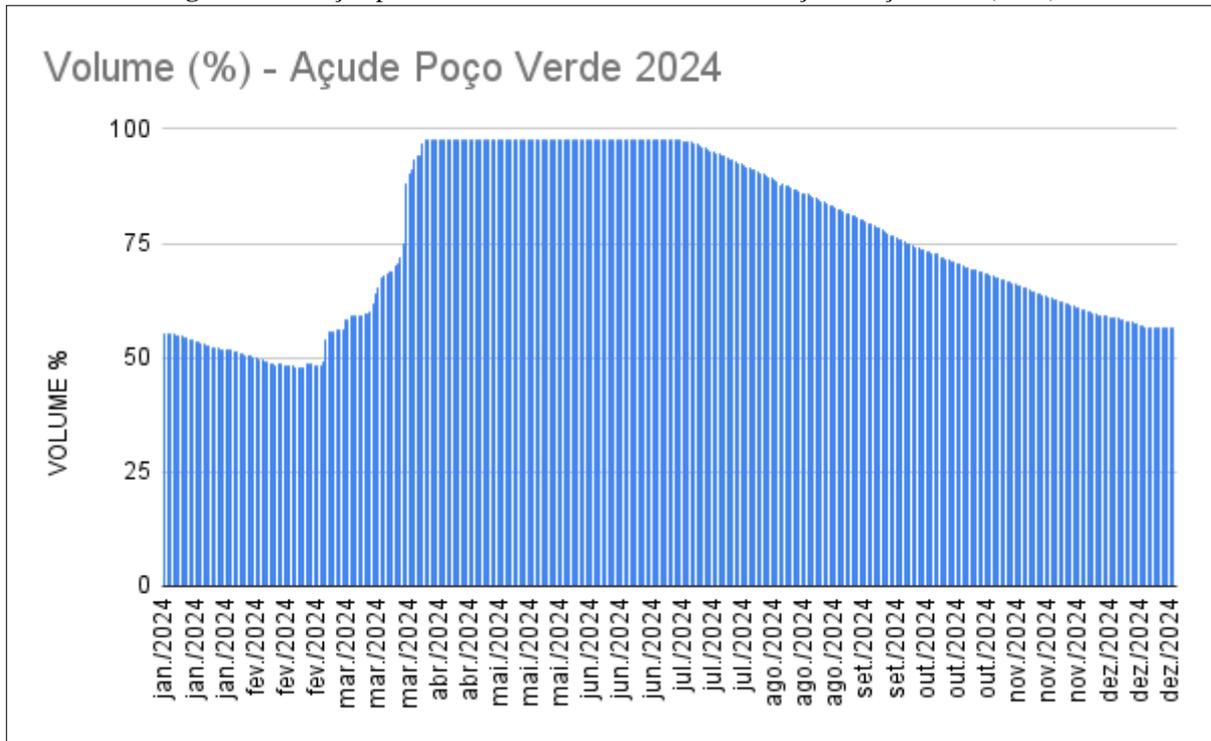
Reservatório	Capacidade (hm ³)	Volume (hm ³)	Volume (%)	Data
GAMELEIRA	52,64	19,93	37,86	20/12/2024
POÇO VERDE	13,65	7,74	56,70	20/12/2024
QUANDÚ	4	1,61	40,25	20/12/2024

Fonte: Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA, 2024

Somados, os reservatórios possuem uma capacidade total de 70,29 hm³, com um volume atual de 29,28 hm³, o que corresponde a 42% da disponibilidade hídrica total.

A sangria de um açude ocorre quando o nível do reservatório ultrapassa o seu máximo. O tamanho da bacia hidrográfica do açude é um fator que influencia a sangria. No ano

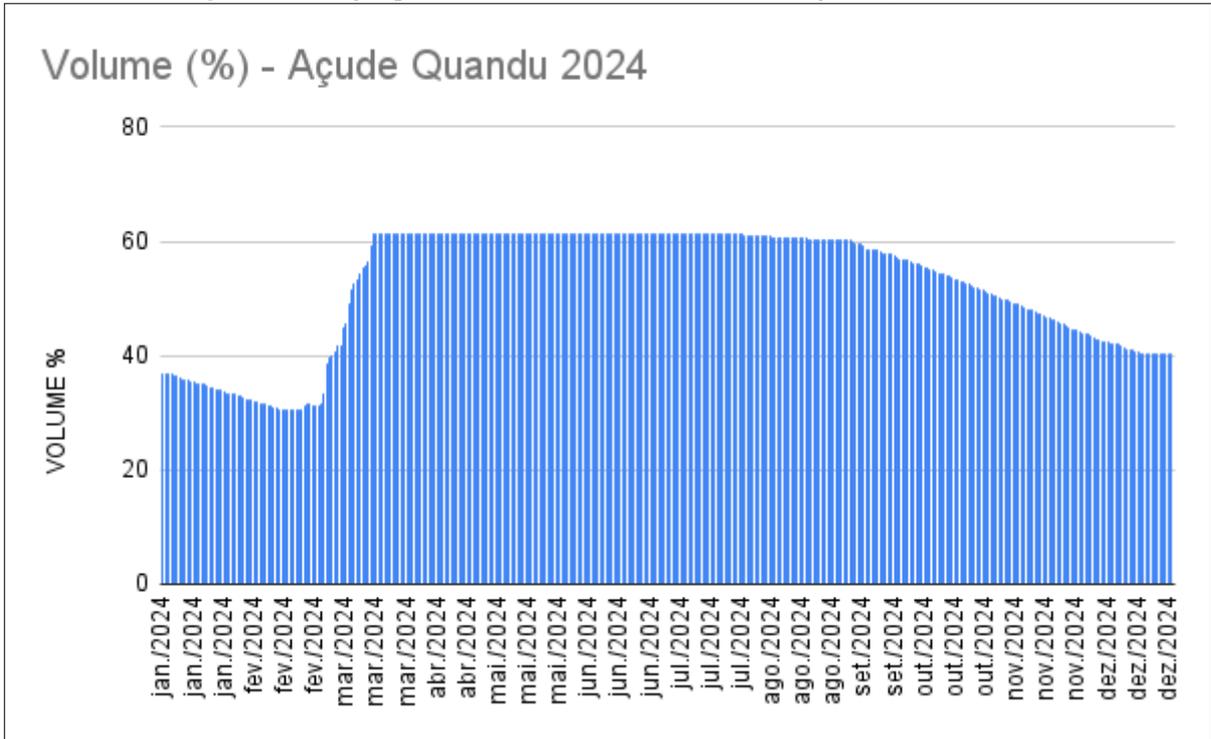
Figura 2. Variação percentual do volume armazenado do açude Poço Verde (2024)



Fonte: Elaboração própria

A Figura 2 mostra a variação anual do volume armazenado no Açude Poço Verde ao longo do ano de 2024. O volume do reservatório atinge sua capacidade máxima entre os meses de março e abril, período correspondente à quadra chuvosa no Ceará. Nos meses seguintes à quadra chuvosa, o volume armazenado apresenta uma leve queda devido ao uso contínuo da água para abastecimento e perdas por evaporação.

O açude Quandú foi o primeiro dos três reservatórios a sangrar em 2024, especificamente no dia 17 de março, a figura 3 mostra a variação percentual do volume armazenado do açude Quandú (2024).

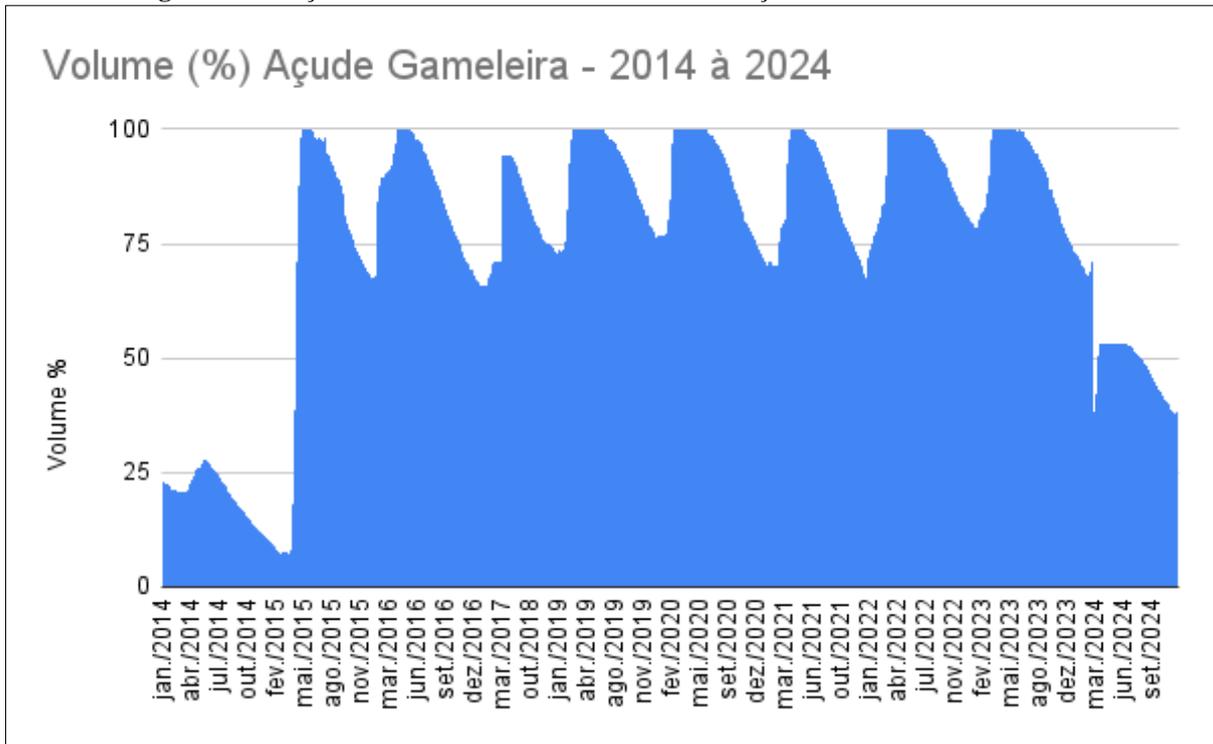
Figura 3. Variação percentual do volume armazenado do açude Quandu (2024)

Fonte: Fonte: Elaboração própria

A Figura 3 apresenta a variação anual do volume armazenado no Açude Quandu ao longo do ano de 2024. O volume armazenado atinge seu ponto máximo entre os meses de março e abril, período em que as chuvas são mais intensas no estado do Ceará. Após o pico de armazenamento, o volume do açude apresenta uma queda gradual nos meses subsequentes. No final do ano, o volume do açude estabiliza em torno de 40,25% de sua capacidade total.

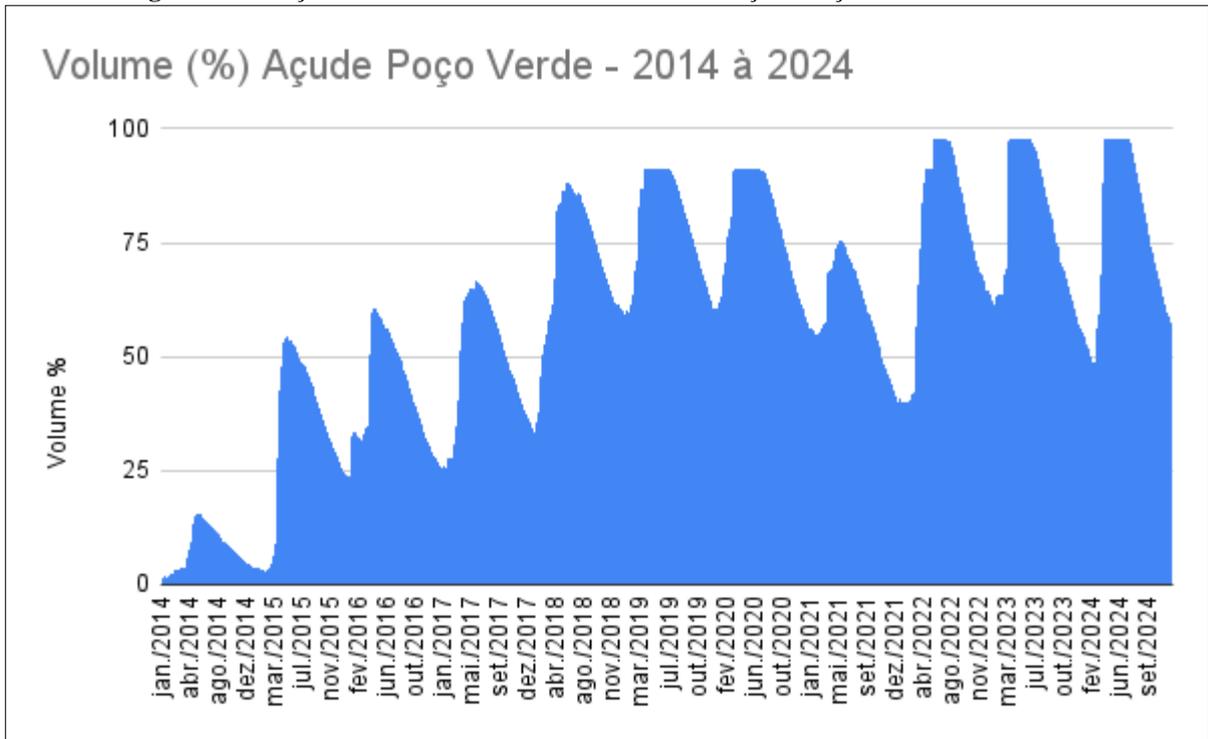
Conforme observado nas Figuras 1, 2 e 3, identifica-se um padrão de cheia durante a quadra chuvosa, seguido por uma estabilização do volume nos meses subsequentes, resultando em uma média de 40% do volume total ao final do ano de 2024.

Considerando as medições diárias dos reservatórios do estado do Ceará, foi feito um gráfico dos últimos 10 anos para averiguar a situação hídrica dos principais reservatórios da cidade, conforme mostrado nas figuras 4, 5 e 6.

Figura 4. Variação histórica do volume armazenado no Açude Gameleira – 2014 a 2024

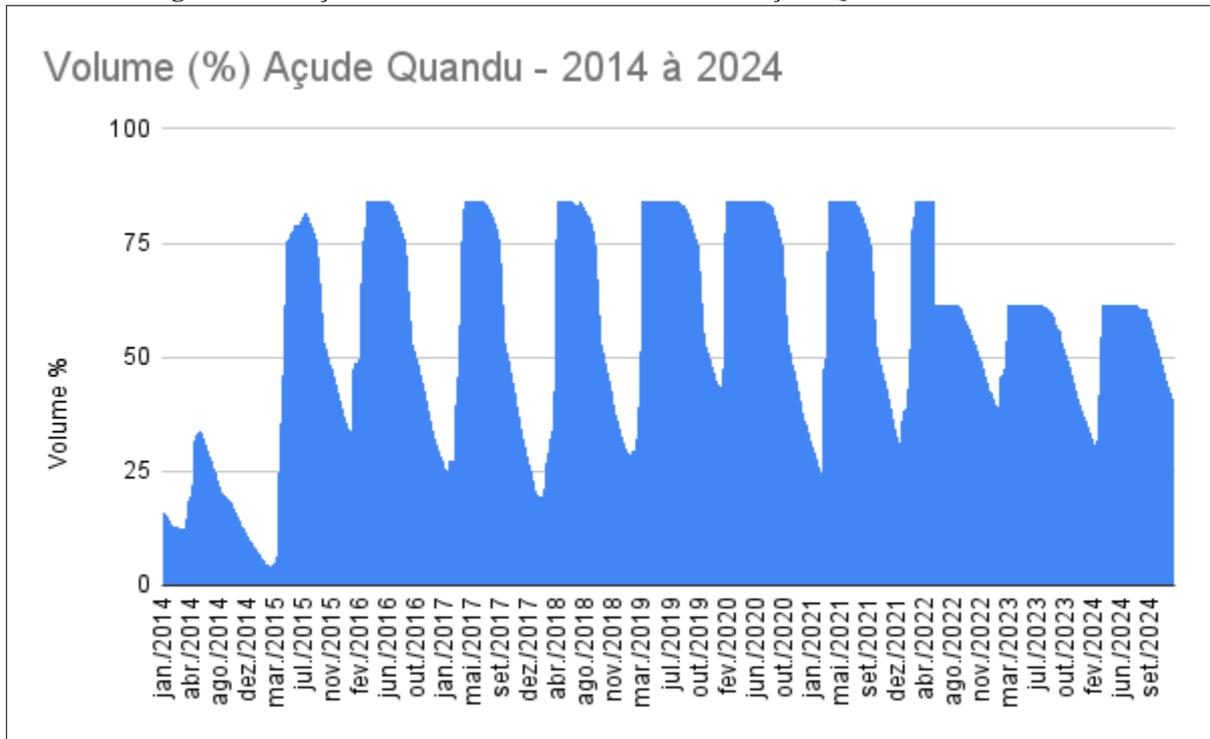
Fonte: Fonte: Elaboração própria

Como ilustrado na Figura 4, a maior baixa no volume do Açude Gameleira ocorreu em 2014, quando o armazenamento caiu para menos de 10% de sua capacidade total. Esse cenário foi seguido por períodos de cheia nos meses iniciais dos anos subsequentes, alinhados com a quadra chuvosa. A partir de 2015, observa-se uma tendência de recuperação parcial nos volumes iniciais do ano, mas com uma média que se mantém em declínio progressivo nos meses finais, culminando em uma redução considerável em 2024. A análise histórica aponta que a média de volume armazenado no Açude Gameleira nos últimos dez anos foi de 39,20 hm³, representando 74,47% de sua capacidade total. O volume máximo registrado foi de 52,64 hm³ (100%), enquanto o mínimo foi de 3,64 hm³ (6,91%).

Figura 5. Variação histórica do volume armazenado no Açude Poço Verde – 2014 a 2024

Fonte: Fonte: Elaboração própria

O Açude Poço Verde apresenta um comportamento histórico semelhante ao do Açude Gameleira (Figura 4). Conforme ilustrado na Figura 5, observa-se uma queda acentuada no volume em 2014, seguida por uma leve recuperação em 2015. O açude alcançou níveis próximos de sua capacidade máxima em 2018, 2019 e 2020. Em 2021, o volume armazenado caiu para menos de 50%, mas os anos seguintes registraram cheias que mantiveram o volume em níveis mais elevados. A média histórica do volume armazenado no Açude Poço Verde nos últimos dez anos foi de 7,97 hm³, o que equivale a 58,40% de sua capacidade total. O volume máximo registrado foi de 13,34 hm³ (97,73%), enquanto o mínimo foi de apenas 0,17 hm³ (1,25%).

Figura 6. Variação histórica do volume armazenado no Açude Quandu – 2014 a 2024

Fonte: Elaboração própria

A Figura 6 apresenta o volume armazenado no Açude Quandu ao longo dos últimos dez anos. Assim como os açudes Gameleira (Figura 4) e Poço Verde (Figura 5), observa-se uma baixa no ano de 2014, seguida por um padrão recorrente nos anos de 2015 a 2022. Durante o período de março a maio de 2022, houve repetição nos valores das medições diárias, resultando em uma variação atípica em relação aos anos anteriores. Em 2023 e 2024, o açude retornou ao mesmo padrão observado nos anos anteriores, com ciclos de aumento e redução do volume armazenado. A análise histórica aponta que a média de volume armazenado no Açude Quandu nos últimos dez anos foi de 2,20 hm³, representando 54,97% de sua capacidade total. O volume máximo registrado foi de 3,37 hm³ (84,25%), enquanto o mínimo foi de 0,16 hm³ (4%).

Os três açudes apresentam padrões semelhantes de recarga durante a quadra chuvosa (fevereiro a maio) e redução gradual nos meses subsequentes. Isso demonstra a dependência direta desses reservatórios das precipitações sazonais para garantir a disponibilidade hídrica. Embora períodos de estiagem moderada tenham ocorrido nos últimos dez anos, os açudes conseguiram se recuperar em anos com chuvas dentro da média ou ligeiramente acima dela, indicando resiliência hídrica relativa. Em 2024, os reservatórios apresentam volumes razoáveis (Gameleira com 37,86%, Poço Verde com 56,70% e Quandu com 40,25%), o que sugere que o município está, até o momento, preparado para atender à demanda projetada de 9,3 hm³/ano (Tabela 2). Como os dados históricos mostram quedas

críticas em anos de seca (ex.: 2014), uma estiagem prolongada que ultrapasse dois ou mais anos pode levar os reservatórios a níveis alarmantemente baixos, comprometendo o abastecimento urbano.

O clima semiárido, com altas temperaturas, amplifica as perdas por evaporação, acelerando a redução do volume armazenado, especialmente em açudes menores como Quandu e Poço Verde. A demanda hídrica projetada para 2035 indica um aumento significativo no consumo urbano. Sem recarga suficiente nos reservatórios, o município poderá enfrentar escassez para atender às necessidades básicas da população.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a localização geográfica do município de Itapipoca, situado na região Nordeste do Brasil, e levando em conta o clima predominantemente semiárido, caracterizado pela escassez de chuvas e pela distribuição irregular dos volumes pluviométricos, é possível fazer uma análise mais aprofundada sobre a situação hídrica do município. Os dados históricos indicam que os açudes de Itapipoca possuem capacidade de atender à demanda hídrica atual em condições de chuva moderada. No entanto, um período prolongado de estiagem, que não ocorreu na última década, representa um risco significativo para a segurança hídrica do município.

Entretanto, é fundamental observar que a gestão hídrica de Itapipoca não deve apenas se apoiar na disponibilidade atual de recursos, mas também se planejar para o futuro, com foco na sustentabilidade e na eficiência do uso da água. A gestão deve priorizar a melhoria contínua dos sistemas de captação, armazenamento e distribuição, além da otimização dos equipamentos de infraestrutura hídrica existentes, de modo a evitar desperdícios e garantir um abastecimento contínuo e de qualidade para a população. A integração de novas tecnologias de monitoramento e o investimento em sistemas de gestão inteligente de água são essenciais para que Itapipoca esteja preparado para atender às necessidades hídricas nas próximas décadas, enfrentando com eficácia as dificuldades impostas pelo clima semiárido.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Brasil**. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **API do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR)**. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/sar/restportal/swagger-ui.html#/sar45rest> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: < https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf >. Acesso em: 2 jan. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Nordeste e Semiárido: Ceará**. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido/ceara> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 1, de 13 de janeiro de 2016. Diretrizes para elaboração de planos de recursos hídricos**. Diário Oficial da União, 2016.

ALVES, J. M. B. *et al.*. Eventos Extremos Diários de Chuva no Nordeste do Brasil e Características Atmosféricas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 227–233, abr. 2017.

ALVES, J.M.B.; SERVAIN, J. & CAMPOS, J.N.B. Relationship Between Ocean Climate Variability and Rain Fed Agriculture in Northeast Brazil. **Clim Res.**, v. 38, p. 225-236, 2009.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União, 2010.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Lei do Saneamento Básico**. Diário Oficial da União, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, 2010.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Estabelece os critérios de potabilidade da água para consumo humano**. Diário Oficial da União, 2011.

BURITI, C. DE O. *et al.*. Un Siglo de Sequías: ¿Por qué las Políticas de Agua no Desarrollaron la Región Semiárida Brasileña?. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 683–688, out. 2020.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Especial: Açude Gameleira triplicou a capacidade de acúmulo hídrico em Itapipoca**. Disponível em: < <https://www.srh.ce.gov.br/especial-acudes-gameleira-triplicou-a-capacidade-de-acumulo-hidrico-em-itapipoca/> >. Acesso em: 2 jan. 2025.

COGERH. **Monitoramento dos Reservatórios do Ceará**. Disponível em: < <https://www.cogerh.com.br/> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

DECRETO Nº 8.211, DE 21 DE MARÇO DE 2014. **Regulamenta o Programa Água Doce**. Disponível em: < <https://www.gov.br/> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

FUNCEME. **Fenômenos Climáticos e Seus Impactos no Nordeste**. Disponível em: < <https://www.funceme.br/> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

GÜNTHER, H.. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201–209, maio 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidade e estados do Brasil**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/itapipoca/panorama> >. Acesso em: 21 dez 2024

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Climatologia do Semiárido Brasileiro**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> >. Acesso em: 21 dez. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **El Niño: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil> >. Acesso em: 2 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/noticias/zona-de-convergencia-intertropical-zcit> >. Acesso em: 2 jan. 2025.

JOSÉ, R. V. S. *et al.*. RISCO DE SECA NO SEMIÁRIDO DA BAHIA. **Mercator (Fortaleza)**, v. 22, p. e22024, 2023.

LEI Nº 14.844, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2010 (CE). **Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará**. Disponível em: < <http://www.al.ce.gov.br/> >. Acesso em: 22 dez. 2024.

LIEBMANN, B.; KILADIS, G. N.; ALLURED, D.; VERA, C.; JONES, C.; CARVALHO, L. M. V.; BLADE, I. B.; GONZALES, P. L. M. Mechanisms associated with large daily rainfall events in Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 24, n. 2, p. 376-396, 2011. DOI: 10.1175/2010JCLI3457.1.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. **Variabilidade Climática no Semiárido e Implicações para os Recursos Hídricos**. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 15-28, 2022.

MARINHO, M. C.; MEDEIROS, Y. G.; SILVA, A. R. **Gestão Hídrica no Semiárido Brasileiro: Desafios e Perspectivas**. **Revista de Recursos Hídricos**, v. 32, n. 4, p. 112-124, 2021.

MARINHO, S. D. A. M. *et al.*. Interfaces entre a produção do espaço urbano e o risco de desabastecimento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 417-427, maio 2021.

MEDEIROS, C. K.; RUFINO, I. A. A.; ARAGÃO, R. DE .. Consumo de água e crescimento urbano: análises espaciais e relações possíveis. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, p. e20230039, 2024.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Conexão Água: por bacia hidrográfica**. Disponível em: < <https://conexaoagua.mpf.mp.br/atuacao-estrategica/por-bacia-hidrografica> >. Acesso em: 2 jan. 2025.

NASCIMENTO, M. B. DO .; MEDEIROS, M. D. DE .. INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NO SEMIÁRIDO, PARAÍBA. **Mercator (Fortaleza)**, v. 21, p. e21024, 2022.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. **Variabilidade Climática no Brasil e os Fenômenos El Niño e La Niña**. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, 2020.

PEREIRA NETO, M. C.. PERSPECTIVAS DA AÇUDAGEM NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E SUAS IMPLICAÇÕES NA REGIÃO DO SERIDÓ POTIGUAR. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 2, p. 285–294, maio 2017.

SANTOS, J. S. DOS .; OLIVEIRA, E. DE .; MASSARO, S.. Avaliação da salinização de açudes no semi-árido brasileiro por ICP-AES. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 453–456, jul. 2000.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. **Caracterização da Bacia Hidrográfica Litoral**. Disponível em: < <https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/Caracterização-da-Bacia-Hidrográfica-Litoral.pdf> >. Acesso em: 2 jan. 2025.

SILVA, L. A. P. DA . *et al.*. Mapping of aridity and its connections with climate classes and climate desertification in future scenarios - Brazilian semi-arid region. **Sociedade & Natureza**, v. 35, p. e67666, 2023.

SILVA, S. M. O. *et al.*. Proposta de gestão integrada das águas urbanas como estratégia de promoção da segurança hídrica: o caso de Fortaleza. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 239–250, mar. 2019.

SOUZA, L. M.; PEREIRA, R. S.; OLIVEIRA, F. T. **Impactos da Escassez Hídrica no Nordeste Brasileiro e Estratégias de Mitigação**. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, p. 1-18, 2020.

TEIXEIRA, A. A. C.; SOUSA, L. M. C. **Script Python para Coleta e Organização de Dados Hidrológicos**. Disponível em: < <https://colab.research.google.com/drive/1jNd91Wi-7I4GvFm3KvXmOu81HxbARtC7?usp=sharing> >. Acesso em: 21 dez. 2024.