



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATÉUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ CARLOS PEREIRA CRUZ

**ANÁLISE DO USO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES PARA REDUÇÃO
DA DEMANDA DE ÁGUA URBANA EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO
CEARENSE**

CRATEÚS/CE

2024

JOSÉ CARLOS PEREIRA CRUZ

ANÁLISE DO USO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES PARA REDUÇÃO DA
DEMANDA DE ÁGUA URBANA EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Tatiane Lima Batista.

CRATEÚS/CE

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C962a Cruz, José Carlos Pereira.
Análise do uso de equipamentos economizadores para redução da demanda de água urbana em um município do semiárido cearense / José Carlos Pereira Cruz. – 2024.
52 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2024.
Orientação: Profa. Ma. Tatiane Lima Batista.
1. Aparelhos economizadores de água. 2. Conservação de água. 3. Equipamento convencional de água. I. Título.

CDD 620

JOSÉ CARLOS PEREIRA CRUZ

ANÁLISE DO USO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES PARA REDUÇÃO DA
DEMANDA DE ÁGUA URBANA EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia Civil Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 02/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Tatiane Lima Batista (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Karina Albuquerque da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao meu irmão eterno, Chagas (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus, por conceder-me a força e coragem necessárias para superar os desafios ao longo desta jornada, e por possibilitar mais uma conquista em minha vida. Reconheço que a conclusão deste ciclo não seria possível sem Sua graça.

À minha família, dedico meu agradecimento pelo amor, dedicação, encorajamento e confiança, especialmente aos meus pais, Maria Ivonilde e Francisco Cláudio. Agradeço por sempre acreditarem em minha capacidade e escolhas, proporcionando-me educação e exemplos fundamentais desde minha formação como ser humano. Destaco também a importância de meus irmãos, Francisco das Chagas (que descansa na glória eterna) e Marcos Antônio, que estiveram presentes em toda essa caminhada.

À professora e orientadora, Tatiane Lima Batista, expresso minha gratidão pela excelência com que exerce sua profissão, pela paciência, e pelas discussões e sugestões valiosas que enriqueceram este período crucial da graduação. Agradeço por conduzir-me a uma nova etapa da minha vida e por sua notável contribuição para minha formação profissional. Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre e Prof. Me. Karina Albuquerque da Silva, agradeço pelo tempo dedicado, pelas colaborações valiosas e pelas sugestões proporcionadas.

Aos amigos e colegas de faculdade, bem como aos futuros companheiros de profissão, expresso minha gratidão pelas reflexões, apoios, críticas e sugestões ao longo deste período. Especial agradecimento aos amigos Eliardo, Bruno, Serafin, Júnior e outros com os quais tive a oportunidade de compartilhar e adquirir conhecimento.

“Feliz aquele que acreditou, pois o que lhe foi dito da parte do Senhor será cumprido.”
(Lc 1,39-45).

RESUMO

A água é um recurso vital para os seres humanos e, portanto, a utilização sensata desse recurso é uma preocupação de alcance mundial. Diante disso, surgem várias pesquisas com intuito de analisar e buscar alternativas de conservação de água através da redução do consumo de recursos hídricos. Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar o impacto da substituição de equipamentos sanitários convencionais por equipamentos economizadores de água na demanda de água urbana do município de Crateús-CE. Dessa forma, foi realizado um estudo de caso considerando 12 cenários com diferentes combinações de substituição desses aparelhos nas edificações residenciais. Este processo iniciou-se com uma aquisição de dados, seguido de uma caracterização populacional. Na sequência, os cenários foram caracterizados e os custos foram levantados. Com isso, foi calculada a economia de água proporcionada pelo equipamento economizador e o retorno do investimento. A demanda média mensal do município de Crateús foi calculada em torno de 144,74 l/hab/dia, considerando os anos de 2018 a 2023. Em apenas um cenário dos doze analisados, o retorno do investimento ocorreu em menos de um ano para consumos de 100 m³/mês. Os índices de redução de consumo de água variaram de 1,16% a 26,55% com a economia de água atingindo valores notáveis, como 87.568,22 m³/mês no cenário 11 para o ano de 2022. Além disso, a substituição de torneiras da cozinha (cenário 8) e do lavatório em conjunto com a da cozinha (cenário 9) por equipamentos economizadores resultaram no melhor retorno de investimento.

Palavras-chave: Aparelhos economizadores de água; Conservação da água; equipamento convencional de água.

ABSTRACT

Water is a vital resource for human beings and, therefore, the wise use of this resource is a global concern. In view of this, several researches are emerging with the aim of analyzing and seeking alternatives for water conservation by reducing the consumption of water resources. In this context, the present research has the general objective of analyzing the impact of replacing conventional sanitary equipment with water-saving equipment on urban water demand in the municipality of Crateús-CE, as well as evaluating the financial viability in various scenarios of replacing these devices and characterize water demand in this municipality. Thus, a case study was carried out considering 12 different scenarios using two bathrooms and a kitchen for two buildings as an analysis reference. This process began with data acquisition, followed by population characterization and another characterization for different scenarios involving their associated costs. With this, the average monthly consumption of conventional equipment, the monthly consumption with the implementation of water-saving equipment, the water savings provided by the water-saving equipment and the return on investment in month t were calculated. Finally, the result was that the average monthly demand in the municipality of Crateús was calculated at around 144.74 l/inhabitant/day, considering the years 2018 to 2023 and in only one scenario of the twelve analyzed, the return on investment occurred in less than a year for consumption of 100 m³/month. Water consumption reduction rates ranged from 1.16% to 26.55% with water savings reaching notable values, such as 87,568.22 m³/month in scenario 11 for the year 2022. In addition, the replacement of faucets in the kitchen (scenario 8) and the sink in conjunction with the kitchen (scenario 9) using energy-saving equipment resulted in the best return on investment.

Keywords: Water saving devices; consumption; conventional water equipment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Médias de redução no Brasil.....	21
Figura 2 – Representação esquemática de uma bacia sanitária com descarga dual.	24
Figura 3 – Mapa de localização de Crateús.	26
Figura 4 – Metodologia.	27
Figura 5 – Média da representatividade de consumo por tipo de aparelho.	30
Figura 6 – Consumo per capita ao longo do tempo.	33
Figura 7 – Consumo per capita mensal.	34
Figura 8 – Consumo per capita anual.	34
Figura 9 – Representação gráfica dos tempos de retorno.	43
Figura 10 – Relação entre investimento e economia de água.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Economia gerada pelos dispositivos.	25
Tabela 2 – Fatores de redução para os equipamentos redutores de água.	31
Tabela 3 – Populações estimadas para 2022 e 2042.	35
Tabela 4 – Resumo dos cenários para 2022.	36
Tabela 5 – Resumo dos cenários para 2042.	37
Tabela 6 – Composição 1.	38
Tabela 7 – Composição 2.	38
Tabela 8 – Composição 4.	38
Tabela 9 – Composição 5.	39
Tabela 10 – Composição 6.	39
Tabela 11 – Composição 7.	39
Tabela 12 – Composição 8.	39
Tabela 13 – Estrutura tarifaria da CAGECE para a categoria residencial.	41
Tabela 14 – Tempo de retorno dos cenários.	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Acessórios economizadores de água incorporados a torneiras.....	22
Quadro 2 – Economizadores para torneiras.....	23
Quadro 3 – Economizadores para chuveiros.....	23
Quadro 4 – Cenários sugeridos para avaliação de economia de água.....	29
Quadro 5 – Custos dos cenários.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GBC	<i>Green Building Coaching</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
ONU	Organização das Nações Unidas
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização.....	14
1.2	Questão de pesquisa.....	15
1.3	Objetivos.....	15
1.3.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>15</i>
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	<i>15</i>
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	Escassez hídrica	16
2.2	Conservação da água.....	18
2.3	Equipamentos economizadores de água	20
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	26
3.1	Aquisição de dados	27
3.2	Projeção populacional	27
3.3	Caracterização dos cenários	28
3.4	Estimativa dos custos associados aos diferentes cenários	29
3.5	Índice de redução do consumo de água e retorno do investimento.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	Consumo de água no município	33
4.2	Estimativa populacional.....	35
4.3	Avaliação dos cenários	35
5	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXO A – CONSUMO PER CAPITA POR PERÍODO	51

1 INTRODUÇÃO

Para dar início ao trabalho, esta seção apresenta uma contextualização, problemática e questão de pesquisa, assim como justificativa, objetivo geral e específicos e apresentação do roteiro temático.

1.1 Contextualização

A água é um recurso vital para os seres humanos e, portanto, a utilização sensata desse recurso é uma preocupação de alcance mundial. Gleick (1996) relata que o direito à água suficiente para atender às necessidades básicas deve ser uma obrigação dos governos e instituições de gestão de recursos hídricos.

Segundo os números do relatório mundial de desenvolvimento das águas da Organização das Nações Unidas - ONU (2023), cerca de 2 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável e esse problema deve atingir 2,4 bilhões de pessoas até 2050. Além disso, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), no Brasil é usado em média, a cada segundo, 2 milhões e 83 mil litros de água, prevendo para 2030 que este total supere a marca de 2,5 milhões de litros por segundo.

Guiguer e kohnke (2002) afirmam que o aumento de demanda por água global está associado com o aumento populacional. Nessa perspectiva, Bokova (2015) ressalta que as tendências atuais de consumo revelam que não haverá água suficiente, e de qualidade para atender às crescentes necessidades mundiais, sem que se altere radicalmente a forma como esses recursos são utilizados.

Esse cenário reflete a importância de ações de gestão dos recursos hídricos considerando, inclusive estratégias para redução do consumo de água, como, por exemplo, o reúso (Moura *et al*, 2020), aproveitamento de águas pluviais e uso de aparelhos economizadores de água, que podem ser definidos como aparelhos que permitem um uso otimizado da água, consumindo um mínimo volume possível para a atividade pretendida (Velazquez; Munguia; Ojeda, 2013).

Alguns estudos sobre planos de desenvolvimento de conservação de forma regional estão surgindo, expondo medidas como substituição de equipamentos sanitários por equipamentos economizadores, ou seja, equipamentos que permitem um uso otimizado da água, consumindo um mínimo volume possível para a atividade pretendida. Nesse contexto, a ideia deste trabalho é analisar a substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por

equipamentos hidrossanitários economizadores de água no consumo de residências em Crateús-CE, visto que o município possui períodos de precipitações muito curtos, sofrendo em determinadas épocas com estiagens.

A relevância desta pesquisa é reforçada pela problemática da escassez de água na região que possui clima semiárido e sofre, historicamente, com eventos de secas e conflitos pelo uso da água. Sendo assim, este trabalho visa contribuir com o estudo da conservação da água na cidade de Crateús, analisando a viabilidade da tecnologia supracitada que visa atender a exigências relacionadas à redução de consumo da água potável de forma sustentável e econômica.

1.2 Questão de pesquisa

Diante do contexto apresentado anteriormente, este trabalho pretende responder ao seguinte questionamento:

Qual o impacto econômico e ambiental do uso de aparelhos economizadores de água no consumo hídrico em residências na cidade de Crateús?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar o impacto da substituição de equipamentos sanitários convencionais por equipamentos economizadores de água na demanda de água urbana do município de Crateús-CE.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a demanda de água urbana do município;
- Quantificar a economia de água gerada pela substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos hidrossanitários economizadores de água na demanda de água do município;
- Avaliar a viabilidade financeira em vários cenários de substituição dos equipamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta o referencial teórico que aborda assuntos necessários para a execução do presente estudo, sendo eles organizados nas seguintes subseções: Escassez hídrica, Conservação da água e Aparelhos economizadores de água.

2.1 Escassez hídrica

Os registros geológicos indicam que ao longo de um período de um milhão de anos, a quantidade total de água na Terra permanece relativamente constante. No entanto, isso não implica que as quantidades de água nos diferentes tipos de reservatórios, como oceanos e rios, não tenham experimentado alterações durante esse período (Rebouças, 2001). O relatório Organização Meteorológica Mundial - OMM (2022), indica que os anos de 2015 a 2022 foram marcados como os mais quentes já documentados, com registros também apontando para recordes alcançados no aumento do nível do mar e no aquecimento dos oceanos. O documento emitido pela agência da ONU ainda destaca que o agravamento das alterações climáticas resultou em um aumento de situações de seca, enchentes e ondas de calor em várias regiões do globo. Essas ramificações representam uma ameaça significativa tanto para a vida das pessoas quanto para os meios de sustento.

As atuais tendências de exploração, degradação e poluição dos recursos hídricos atingiram níveis alarmantes e têm o potencial de impactar negativamente o abastecimento de água em breve, a menos que sejam revertidas. No entanto, existe uma alternativa mais econômica e viável para atender às necessidades da crescente população mundial. Essa alternativa seria aprender a usar a água disponível de maneira mais eficiente. Isso se deve ao fato de que a produtividade está em constante crescimento, e a população está adotando cada vez mais práticas de higiene que aumentam o consumo de água, resultando em uma maior demanda por esse recurso em todo o mundo (Rebouças, 2001). Diante disso, o tema sobre água tem se tornado uma questão amplamente debatida, tanto nos meios de comunicação quanto em conferências, fóruns e ambientes educacionais. A razão para essa preocupação é a crescente ameaça de escassez de água potável que afeta a população mundial (Venancio *et al*, 2015).

Campos (2023) afirma que as mudanças climáticas, ao afetar o regime de precipitação, transformam a frequência de períodos chuvosos. Logo, em determinadas épocas do ano, é possível a ocorrência de longos períodos de secas e baixa quantidade de água para preencher os reservatórios. Além disso, baseando-se em alguns pesquisadores, a crise hídrica no século

XXI é muito mais de gestão do que um problema real de escassez e estresse (ROGERS *et al.*, 2006).

Contudo, para outros pesquisadores, é resultado de uma combinação de questões ambientais agravadas por desafios econômicos e de desenvolvimento social adicionais (Gleick, 2000). Para Somlyódy & Varis (2006), o crescimento e a dificuldade da crise hídrica resultam da presença de obstáculos reais relacionados à disponibilidade de água e ao aumento da demanda, bem como de um sistema de gestão que ainda é setorial, reativo a crises e problemas, carecendo de uma abordagem preditiva e sistêmica. Tundisi (2008) sintetiza todas essas causas da crise da água citando que sua ocorrência é existente por conta de vários fatores de origem social, econômica e ambiental.

Peixinho e Diniz (2019) ressalta que a seca no semiárido é um evento que acontece de forma repetitiva, com períodos de maior intensidade. As causas desse fenômeno são amplamente conhecidas e incluem um regime hidrológico caracterizado por baixa e irregular precipitação pluvial e alta evapotranspiração. Além disso, as características geológicas da região desempenham um papel crucial, com predominância de rochas impermeáveis do embasamento cristalino. Esses fatores em conjunto contribuem significativamente para a escassez de água, o que tem impactos significativos nas esferas econômica e social.

Nessa região, também referida como sertão, na qual, segundo a ANA (2020) demonstra baixos índices pluviométricos (inferiores a 900 mm) é caracterizada por apresentar temperaturas elevadas durante todo ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2° C a 3°C), fortes insolação e altas taxas de evapotranspiração. Dessa forma, para contornar o balanço hídrico negativo que é configurado por conta dos elevados índices de evapotranspiração que supera os totais pluviométricos irregulares, uma das formas para garantir uma segurança hídrica no Nordeste é implementação de construções de açudes, que desempenham uma função importante na gestão dos recursos hídricos pela capacidade de estocar e atender diversos usos da água, sejam eles consuntivos ou não.

De acordo com Gitel (2020), somente um pouco mais da metade da população cearense com um total de 59% tem acesso a água e 44% deste recurso sofre com perdas na distribuição. Este impasse é verificável na cidade de Fortaleza, que possui um índice de perdas de água tratada que atinge 48,1%. No quesito abastecimento, a capital cearense ocupa a posição 73 na classificação de saneamento das 100 maiores cidades em 2020, com 77,31% em abastecimento de água (EOS,2021).

2.2 Conservação da água

A conservação da água pode ser compreendida como a implementação de práticas, tecnologias e incentivos que aprimoram a eficiência no seu uso (AWWA, 1993 *apud* Gonçalves, 2010). Além disso, ela pode ser descrita como qualquer ação que reduz a quantidade de água retirada das fontes de abastecimento, diminui o consumo e desperdício de água, melhora a eficiência em sua utilização, promove a reciclagem e evita a poluição da água (Oliveira *et al.*, 2011). Para Hespanhol & Gonçalves (2004) a definição da conservação da água é considerada como um conjunto de práticas e iniciativas técnicas e tecnológicas para reduzir o uso da água, atuando tanto na demanda quanto na oferta dela, no qual visa o uso hídrico de forma racional, sustentável e incentiva o uso de fontes alternativas.

O final dos anos 90 foi caracterizado por um movimento voltado para a busca de maior eficiência no uso dos recursos hídricos. Nesse contexto, a água se tornou um dos principais pontos de preocupação para as autoridades governamentais (Tucci, 2000). Em 1997, como resultado do aprimoramento das diretrizes relacionadas à proteção e gestão da água, foi promulgada a Lei das Águas (Lei Federal N° 9.433). Essa lei estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e deu origem ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Além disso, a mesma lei deu origem aos Comitês de Bacia Hidrográfica, reconhecendo a crescente complexidade dos desafios envolvendo o uso, a qualidade e a administração da água. Também foram estipuladas diretrizes para a formação e operação desses comitês (ALMEIDA, 2013). De acordo com Oliveira (2011) e Tundisi (2006), essas legislações desempenharam um papel crucial na promoção da gestão integrada dos recursos hídricos, permitindo a participação de diversos atores sociais, que vão desde o poder público, incluindo representantes federais, estaduais e municipais, até a sociedade civil organizada.

Acercando a definição de conservação de água para um contexto mais voltado à engenharia e suas aplicações em edifícios, a ABNT NBR 16782 (2019) a descreve como um conjunto de ações que visam aprimorar os sistemas prediais com o objetivo de diminuir o consumo de água. Além disso, essa abordagem promove a utilização de fontes alternativas de água, o que se traduz em uma gestão eficiente tanto da demanda quanto da oferta hídrica.

De acordo com Magalhães, Cardozo e Demanboro (2015), ao longo do tempo, a estratégia para preservar a água evoluiu para a expansão das redes de abastecimento, o que complicou a administração da oferta. Eles também observam que, devido à escassez crescente de água e aos custos em constante elevação, ocorreu uma mudança de paradigma, passando-se

da gestão da oferta para a gestão da demanda, considerada mais alinhada com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Gonçalves *et al.* (2006) apresentam uma classificação abordando a conservação da água, dividida em cinco categorias, que estão relacionadas a diferentes dimensões, tais como o caráter incremental (ou de redução), a função (estrutural ou não estrutural) e a progressividade das ações. É importante destacar que a adoção de ações mais complexas deve ser considerada somente após a avaliação, implementação ou descarte das opções mais simples. As categorias de conservação da água incluem: uso eficiente das fontes hídricas, aproveitamento de fontes alternativas, desenvolvimento e adaptação tecnológica, gestão das águas em edificações e promoção de um comportamento conservacionista. No contexto do uso eficiente, há uma distinção entre aspectos quantitativos, que são definidos com base em critérios de desempenho, e aspectos qualitativos, que levam em consideração percepções socioculturais e as necessidades dos usuários.

O primeiro aspecto envolve a redução do volume de consumo de água até alcançar o nível estritamente necessário, considerando os critérios ambientais, de saúde, higiene e regulamentos de vigilância sanitária. Um exemplo disso é a implementação de dispositivos economizadores de água, como os aeradores. O segundo aspecto está relacionado à inclusão da subjetividade e da perspectiva dos usuários do serviço (Gonçalves, 2006). Um exemplo desse conceito é a utilização de água não potável nas descargas sanitárias.

O emprego de fontes alternativas refere-se à utilização e aproveitamento de qualquer tipo de água que não provenha dos sistemas de abastecimento público ou privado. Exemplos típicos incluem águas residuais não contaminadas (águas cinzas), coleta de água da chuva e fontes naturais (Gonçalves, 2006).

A inovação e a adaptação tecnológica desempenham um papel crucial no desenvolvimento, com um foco principal na pesquisa (Cheung, 2009). Isso resulta na criação de produtos que otimizam o consumo de água. Por exemplo, a instalação de mictórios com sensores e bacias equipadas com válvulas de acionamento duplo é uma ilustração notável desse uso eficiente. Esse sistema consiste em dois botões, um dos quais libera metade do volume máximo de água (geralmente usados para descargas de urina), enquanto o outro mantém a descarga completa (geralmente usada para resíduos sólidos). Ao adequar o acionamento de acordo com a necessidade, é possível reduzir significativamente o consumo de água.

Diante de um vasto cenário de estratégias para a conservação de água, será apresentada em sequência aquela que irá fazer parte da metodologia dessa pesquisa.

2.3 Equipamentos economizadores de água

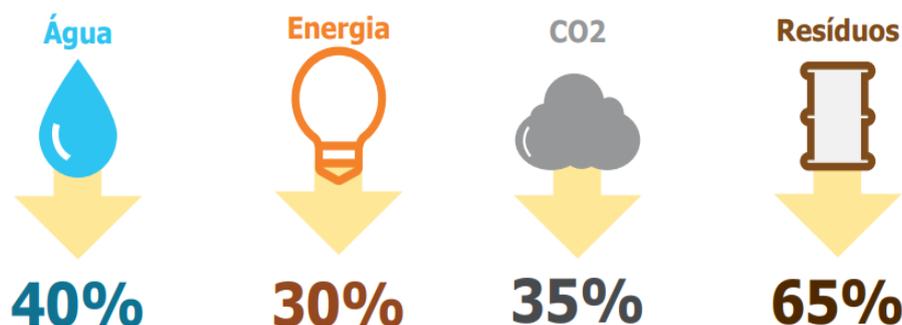
Segundo Magalhães, Cardozo e Demanboro (2015, p. 3) “aparelhos economizadores de água são equipamentos e acessórios hidrossanitários que proporcionam, na sua utilização, uma maior eficiência hídrica”. Conforme citado por Santander (2017), a utilização de dispositivos hidrossanitários que economizam água resulta na redução do consumo hídrico, sem necessidade de alterar os comportamentos dos usuários. Isso possibilita a diminuição da demanda por água potável e, conseqüentemente, promove seu uso mais racional. Além disso, o mesmo ainda menciona exemplos desses dispositivos, como as bacias sanitárias com acionamento duplo e os arejadores para torneiras e chuveiros.

No cenário atual, devido à crescente ênfase na preservação dos recursos hídricos, têm surgido diversas inovações no que se refere aos aparelhos hidráulicos, concentrando-se especialmente na eficiência da vazão desses dispositivos. Essas inovações abrangem desde pequenos dispositivos que podem ser instalados em torneiras ou chuveiros até mudanças na concepção de vasos sanitários e mictórios. O uso de dispositivos como arejadores de torneira, redutores de pressão, bacias sanitárias de duplo acionamento, bem como torneiras com fechamento automático ou acionadas por sensor fotoelétrico, pode resultar em uma significativa diminuição de até 70% no consumo de água. Nos Estados Unidos e na Europa, o emprego de torneiras automáticas e equipadas com sensores fotoelétricos em espaços públicos de grande circulação é uma prática consolidada há muitos anos. No Brasil, o uso desses dispositivos está ganhando cada vez mais espaço, alinhando-se com as tendências globais de conservação e uso racional da água (Lombardi, 2012).

Uma dessas tendências é a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*, termo que tem como tradução Liderança em Energia e Design Ambiental), que é aplicado pelo USGBC - *United States Green Building Council* e desenvolvida no Brasil pelo GBC Brasil - *Green Building Coaching Brasil*. É aplicado em mais de 160 países e possui quatro níveis: *Certified* (certificado), *Silver* (Prata), *Gold* (Ouro) e *Platinum* (Platina), conforme pontuação adquirida pelo empreendimento e créditos alcançados. Este método de avaliação incentiva uma abordagem abrangente do processo de construção, desde o planejamento inicial do projeto até a fase final da construção e subsequente manutenção. Isso envolve a consideração de diversos aspectos, como localização, conservação de recursos hídricos, eficiência energética, escolha de materiais, qualidade do ambiente interno, adoção de estratégias inovadoras e consideração de fatores de importância local (GBC BRASIL, 2023).

Segundo o GBC Brasil (2023), as médias nos países em empreendimentos certificados são: 40% na redução de consumo de água, 30% na redução do consumo de energia, 35% de redução nas emissões de dióxido de carbono e 65% na redução de resíduos sólidos, como expressado na Figura 1.

Figura 1 – Médias de redução no Brasil



Fonte: Gbc Brasil (2023).

Em consonância com Zina (2022) a especificação e implementação de dispositivos economizadores de água são cruciais para promover o uso responsável da água. Esse critério é uma exigência nas certificações LEED, que estabelecem que esses dispositivos devem reduzir o consumo de água em um intervalo de 25% a 50% em relação a um valor de referência estabelecido e devem demonstrar seu desempenho eficiente. Além disso, a certificação GBC Brasil Casa, uma adaptação do LEED para edificações no Brasil, também aborda esse tema.

O método de avaliação utilizado nestes sistemas de certificação se baseia em um checklist que inclui pré-requisitos e créditos. O atendimento a esses critérios determina a classificação final do projeto, que pode variar de "verde" até "platina" e ser avaliado em uma faixa de 40 a 110 pontos. A avaliação se concentra em cinco áreas de consumo de água: bacias sanitárias e sistemas de descarga, torneiras e misturadores para lavatórios, torneiras e misturadores para cozinhas, chuveiros e torneiras de uso geral.

No que diz respeito ao uso eficiente básico, recomenda-se o uso de mecanismos de descarga seletiva em bacias sanitárias. As torneiras e misturadores de lavatórios e cozinha devem ter uma vazão máxima igual ou inferior a 9 litros por minuto, enquanto os chuveiros devem ter uma vazão máxima inferior a 12 litros por minuto.

Para alcançar o nível de uso eficiente otimizado, as torneiras e misturadores de lavatórios e cozinha devem apresentar uma vazão máxima igual ou inferior a 6 litros por minuto. No caso dos chuveiros, há duas opções de vazão, sendo necessário um fluxo inferior a 8 litros

por minuto para obter um ponto e menos de 6 litros por minuto para conquistar dois pontos. As torneiras de uso geral, localizadas em áreas comuns, devem ser equipadas com mecanismos de acionamento restrito como requisito mínimo.

De acordo com Lombardi (2012), o uso de torneiras está intimamente associado à quantidade de água que elas liberam e ao tempo durante o qual são utilizadas. Existem diversos complementos que podem ser instalados nas torneiras, como exemplo aeradores, pulverizadores, mecanismos de fechamento automático e dispositivos de acionamento fotoelétrico. No Quadro 1 a seguir, são enumeradas algumas das características desses acessórios mencionados anteriormente. A presença desses complementos pode resultar em uma diminuição no consumo de água quando comparados com torneiras convencionais.

Quadro 1 – Acessórios economizadores de água incorporados a torneiras.

Acessórios incorporados a torneira	Características	Economia de água	Exemplos
Arejadores	É instalado na saída da bica e é incorporado por uma tela fina que reduz a área de saída e possibilita a entrada de ar pelas laterais.	Por terem custos mais elevados, são indicados para locais com alto fluxo de pessoas.	
Restritores	Eles dividem a saída de água em diversos jatos.	Podem reduzir até 70% do consumo de água.	
Fechamento automático e sensores	Por terem custos mais elevados, são indicados para locais com alto fluxo de pessoas.	Podem reduzir até 55% e 70% respectivamente.	

Fonte: Adaptação de Lombardi (2012).

A seguir, o Quadro 2 apresenta algumas torneiras de baixo consumo comumente utilizadas em edificações comerciais e residenciais.

Quadro 2 – Economizadores para torneiras.

<p>TORNEIRAS HIDROMECÂNICAS</p>	<p>Os utilizadores não afetam o fluxo, uma vez que este é controlado por um regulador de vazão. Além disso, devido à presença de um temporizador, o consumo deles é minimizado, com um intervalo que varia de 4 a 10 segundos,</p>	
<p>TORNEIRAS COM SENSOR</p>	<p>O comando e a ativação serão realizados por meio de um sensor de presença que detecta a presença das mãos do usuário. O desligamento é automático e acontece aproximadamente 2 segundos após a utilização.</p>	

Fonte: DECA (2023).

O Quadro 3 apresenta mais alguns exemplos de economizadores para chuveiros.

Quadro 3 – Economizadores para chuveiros.

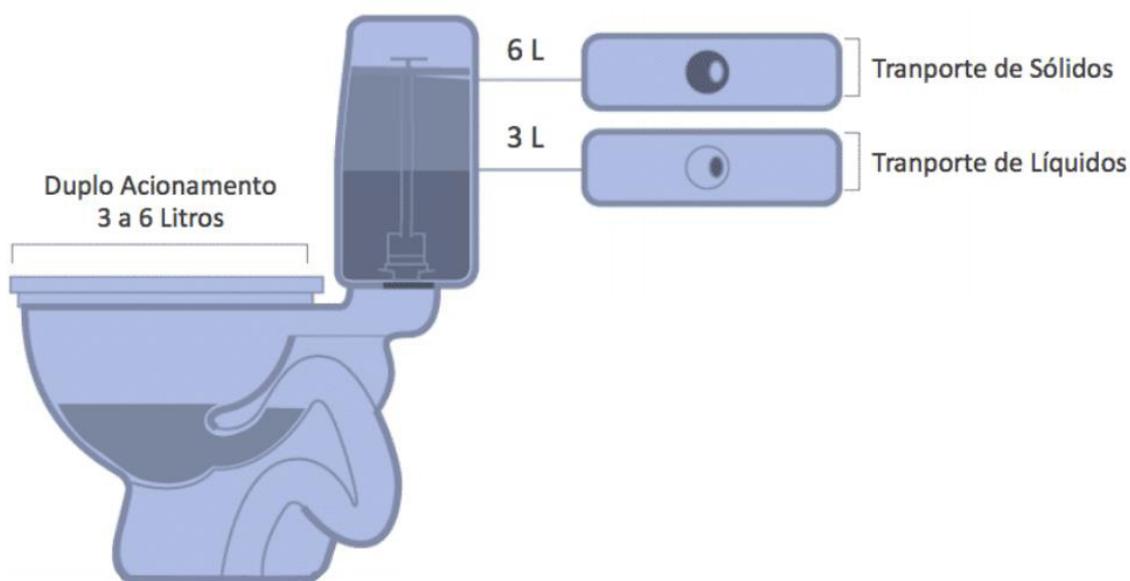
<p>REGISTROS REGULADORES DE VAZÃO PARA CHUVEIROS</p>	<p>Esses registros apresentam semelhanças com os restritores de vazão, mas permitem que o utilizador ajuste o valor desejado de forma personalizada.</p>	
<p>CHUVEIROS ECONÔMICOS</p>	<p>Os chuveiros de baixo fluxo, que liberam apenas 6 litros por minuto, permitem desfrutar de um banho satisfatório ao mesmo tempo em que economizam água.</p>	

Fonte: DECA (2023).

O consumo de água das bacias sanitárias reduziu significativamente ao longo dos anos. Entretanto, de acordo com Valencio e Gonçalves (2017), esse consumo representa, em média, 19,4% do consumo de água total interno de uma residência. Esse valor foi calculado por meio de um estudo de campo em que o consumo de água de dez unidades habitacionais foi monitorado. Barreto (2008) obteve um valor próximo a esse em seu monitoramento, em que concluiu que a bacia sanitária representa 20,0% do consumo de água total interno de uma residência. Quando considerado o consumo de água total interno e externo, o consumo da bacia sanitária representa 5,5%.

Para contornar o alto consumo foi criado e comercializado a utilização de bacias sanitárias com descarga dupla de 3 litros (transportes de líquidos) ou 6 litros (transportes de sólidos) de acordo com a necessidade, a Figura 2 fornece um exemplo visual dessa solução mencionada anteriormente.

Figura 2 – Representação esquemática de uma bacia sanitária com descarga dual.



Fonte: Live (2024).

Segundo Grisolia (2015) a economia que cada tipo de dispositivo economizador pode oferecer está presente na Tabela 1.

Tabela 1 – Economia gerada pelos dispositivos.

Local	Aparelhos indicados	Vazão usualmente utilizada (litros/minuto)	Economia estimada (%)	Tempo de retorno do investimento (meses)
Chuveiro	Registro regulador de vazão	15 a 48	20	6
	Válvula de fechamento automático		20	12
Lavatório	Registro regulador de vazão	6 a 20	20	5
	Arejador para bica ou torneira		20	5
	Torneira automática		25	8
	Torneira eletrônica		35	12
Bacia Sanitária	Bacia para 6 litros	12 a 40 litros por ciclo	50	6
	Caixa de descarga duplo		50	8
	Válvula de descarga duplo		20	8
Pia de cozinha	Arejador para bica ou torneira	8 a 25	20	5
	Registro regulador de vazão		20	5

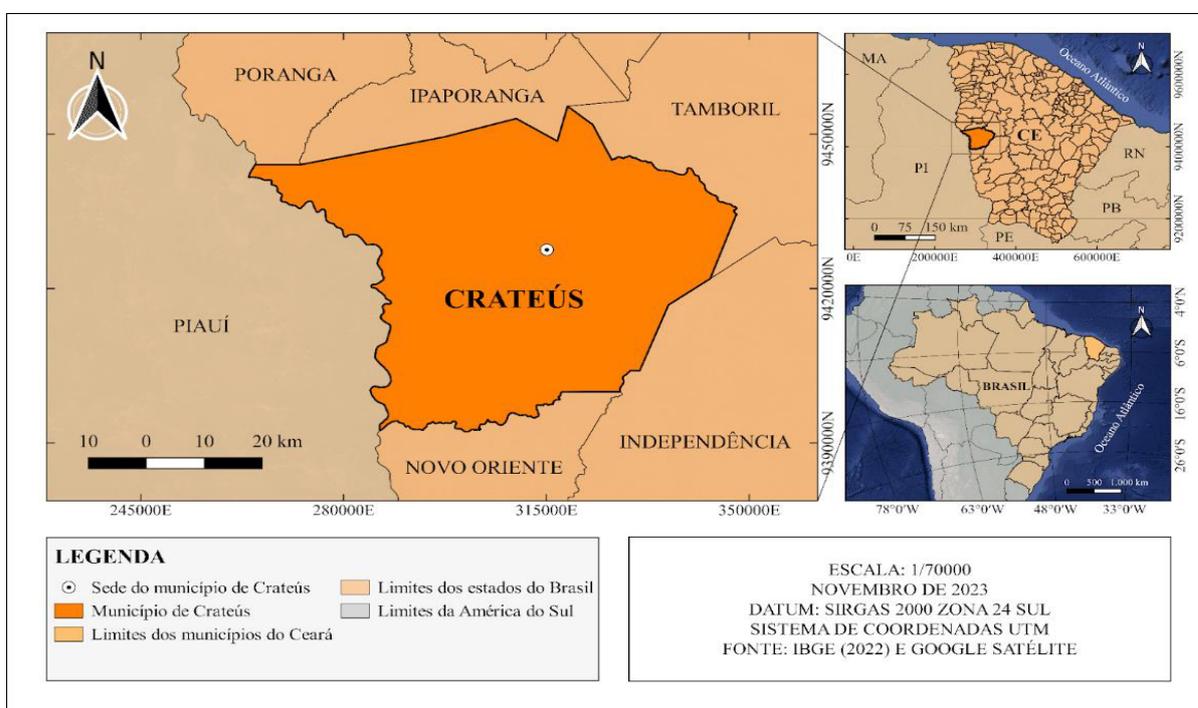
Fonte: Adaptado de Grisolia (2015).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho utiliza o método de pesquisa de estudo de caso e possui como área de estudo o município de Crateús – CE (Figura 3).

O município de Crateús encontra-se situado na região da bacia do rio Poti, cobrindo uma extensão territorial de 2.985,41 km². De acordo com os dados do censo demográfico de 2022, sua população é de 76.390 habitantes (IBGE, 2022).

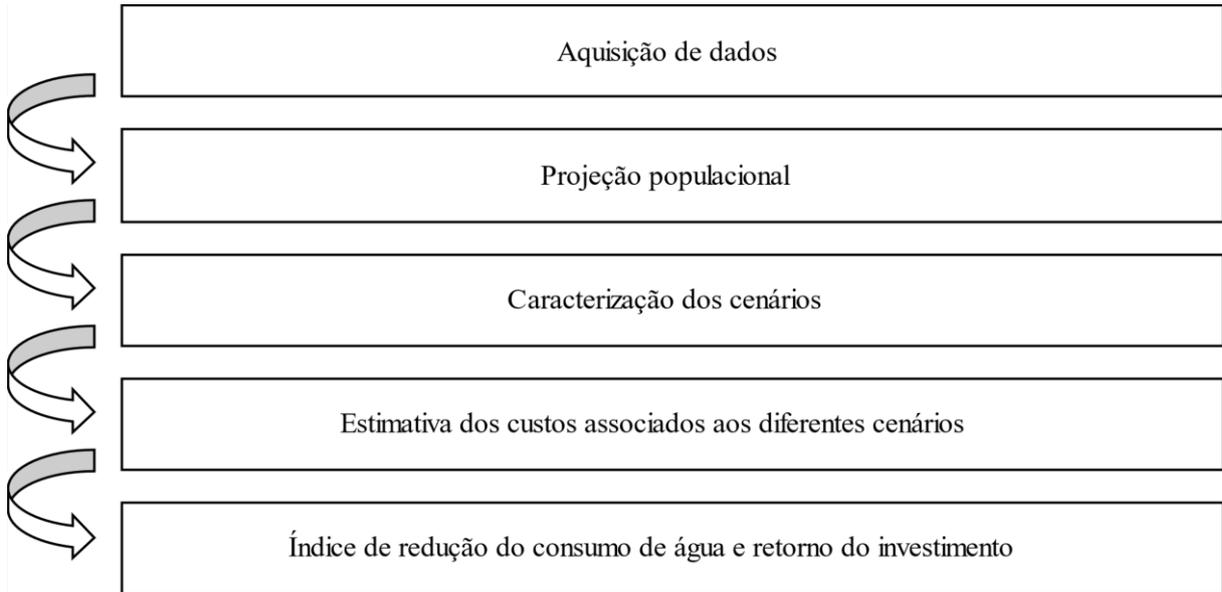
Figura 3 – Mapa de localização de Crateús.



Fonte: Autor (2023).

Os dados utilizados nesta pesquisa foram adquiridos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CA-GECE). O delineamento da pesquisa é demonstrado no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 – Metodologia.



Fonte: Autor (2024).

3.1 Aquisição de dados

Para este estudo, a empresa local de abastecimento de água, CAGECE, forneceu os dados de consumo per capita e o volume distribuído mensal dos anos de 2018 a 2023.

Os dados referentes à população do município foram coletados dos censos do IBGE. Adicionalmente, uma previsão de demanda foi conduzida considerando um horizonte temporal de vinte anos, projetando-se até o ano de 2042.

3.2 Projeção populacional

Para estimar a população de 2042, foi utilizada a progressão geométrica, que é um método empregado pelo IBGE (2022). Segundo Tsutiya (2006), este método pressupõe que para intervalos de tempo iguais, a mesma porcentagem de aumento da população é considerada. Matematicamente, pode ser expresso como na Equação 1:

$$P = P_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{t-t_2}{t_2-t_1} \right)} \quad (1)$$

Em que:

- P é a população de projeto;

- P_1 é a população do penúltimo censo;
- P_2 é a população do último censo;
- t_1 é o ano penúltimo censo;
- t_2 é o ano último censo;
- t é o ano para a população de projeto.

3.3 Caracterização dos cenários

Foram propostos 12 cenários distintos, cada um cuidadosamente avaliado com base nos investimentos necessários e nos benefícios esperados em termos de redução no consumo de água. Alguns desses dispositivos são dotados de tecnologia avançada, que os fabricantes afirmam proporcionar uma eficiência superior em termos de economia hídrica.

Além disso, foram exploradas combinações de dispositivos avançados com opções mais simples, assim como o uso de tecnologias menos sofisticadas para atingir os objetivos de economia de água. Embora os equipamentos mais avançados ofereçam um potencial maior de redução no consumo, os custos associados à sua implementação podem representar um obstáculo significativo.

Por essa razão, foram considerados cenários adicionais, com foco na avaliação dos volumes de água que poderiam ser poupados com a adoção das medidas propostas. É crucial observar que o estudo contemplou uma configuração padrão, com uma cozinha e dois banheiros por residência, cada um equipado com vaso sanitário, pia e chuveiro, para estimar o impacto das mudanças propostas no consumo hídrico residencial.

O Quadro 4 apresenta uma análise detalhada de 12 cenários distintos, fundamentados na pesquisa de Guedes *et al.* (2014). Este trabalho oferece uma visão abrangente e aprofundada dos diversos panoramas relacionados à temática abordada, explorando tanto o uso de equipamentos convencionais quanto de economizadores em uma variedade de ambientes, incluindo cozinhas e banheiros. Os cenários examinados fornecem informações importantes sobre como diferentes tecnologias e consumos podem influenciar significativamente na economia de água.

Quadro 4 – Cenários sugeridos para avaliação de economia de água.

Nº	Descrição do cenário
1	Fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga
2	Fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)
3	50% de fornecimento e instalação de bacia VDR (6 litros/descarga) mais 50% de fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)
4	Fornecimento e instalação de torneira com fechamento automático
5	Fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro
6	Fornecimento e instalação de chuveiro com arejador
7	Fornecimento e instalação de chuveiro com válvula de fechamento automático
8	Fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha
9	Fornecimento e instalação de torneira com fechamento automático para banheiro mais fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha
10	Fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga) mais fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro
11	Fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga) mais fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro mais duplo fornecimento e instalação de chuveiro com válvula de fechamento automático
12	Fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga mais fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha mais fornecimento e instalação de chuveiro com arejador

Fonte: Autor (2024).

3.4 Estimativa dos custos associados aos diferentes cenários

Para calcular os custos estimados relacionados aos serviços necessários para implementar os dispositivos economizadores de água sugeridos neste estudo, foram empregadas as Tabelas de Custos da Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA, 2024) como referência. No entanto, dado que não existem composições específicas que abranjam o uso de tais dispositivos, foi preciso adaptá-las utilizando de pesquisas mercadológicas sobre tais aparelhos. As estimativas de custo para os componentes foram obtidas através de cotações de preços realizadas no ano de 2024.

3.5 Índice de redução do consumo de água e retorno do investimento

A partir dos valores de consumo per capita definidos e dos estudos populacionais realizados, foi possível estimar os gastos de água em metros cúbicos por mês ($m^3/mês$). O consumo de água para cada equipamento foi calculado conforme a Equação 2, adaptada de Guedes *et al.* (2014).

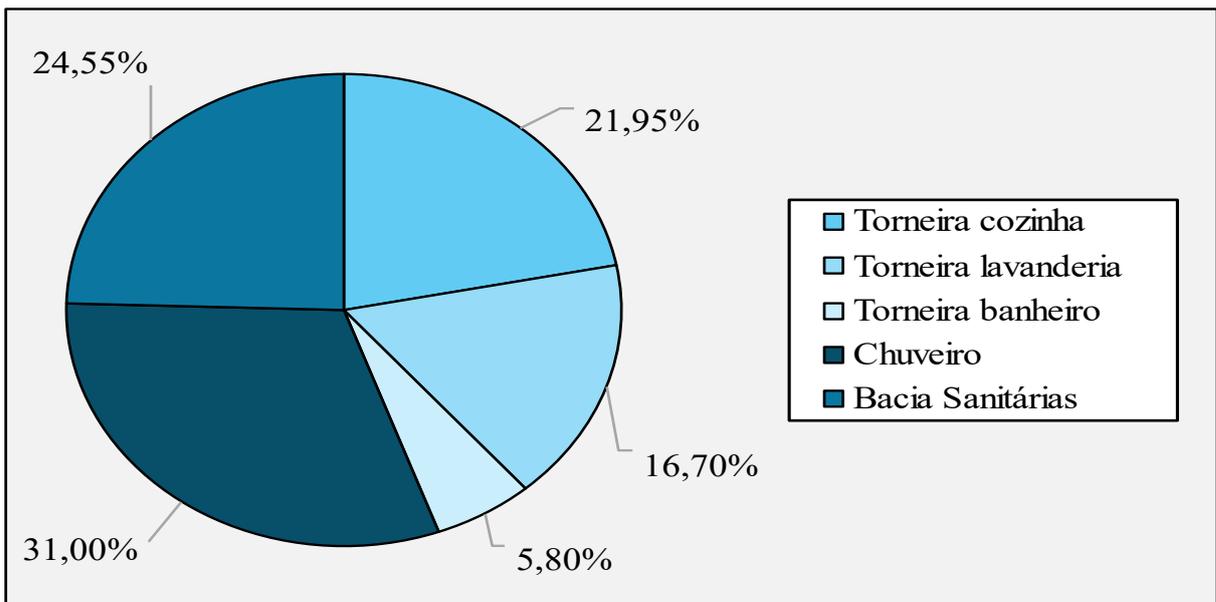
$$CAC_i = DCA_i \cdot CMR \quad (2)$$

Em que:

- CAC_i é o consumo médio mensal do equipamento convencional (m^3 /mês);
- DCA_i é a distribuição do consumo de água por equipamento sanitário i ;
- CMR é o consumo médio mensal da cidade (m^3 /mês).

O valor de DCA representa a porcentagem do consumo total que está associada a cada aparelho. Esse valor foi calculado para este estudo com base na pesquisa de Machado (2022) que investigou a distribuição do consumo residencial entre os aparelhos sanitários em municípios da região. A Figura 5 demonstra estes resultados.

Figura 5 – Média da representatividade de consumo por tipo de aparelho.



Fonte: Adaptado de Machado (2022).

Para calcular o consumo mensal de cada dispositivo economizador, utiliza-se a Equação 3.

$$CAP_i = (1 - F_r) \cdot CAC_i \quad (3)$$

Em que:

- CAP_i é o consumo mensal com implantação de equipamentos economizadores de água (m^3 /mês);

- F_r é o fator de redução do consumo de água por equipamentos.

Os valores de F_r são fornecidos pelo fabricante, representando a relação entre a vazão do equipamento economizador de água e o convencional. Assim, tais valores são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores de redução para os equipamentos redutores de água.

Cenários	F_r
Chuveiro com redutor de fluxo de água	0,20
Chuveiro com válvula de fechamento automático	0,32
Detector de movimento	0,40
Tanque sanitário de 6 L	0,50
Válvula de descarga dupla	0,63
Torneira de fechamento automático para banheiro	0,20
Torneira com aerador de cozinha	0,20

Fonte: Guedes *et al.* (2014).

Para obter a economia de água, foi adotada a Equação 4.

$$EDA_i = CAC_i - CAP_i \quad (4)$$

Em que:

- EDA_i é a economia de água proporcionada pelo equipamento economizador ($m^3/mês$);
- CAC_i é o consumo médio mensal do equipamento convencional ($m^3/mês$);
- CAP_i é o consumo mensal com a implementação do equipamento economizador de água ($m^3/mês$).

O cálculo do retorno do investimento (RI) foi realizado considerando tanto a economia na conta de água do usuário, conforme sugerido por Guedes, Ribeiro e Vieira (2014), quanto o investimento inicial. O investimento inicial abrange não apenas os custos dos equipamentos, mas também os gastos relacionados à instalação deles. Para isso, foram desenvolvidas composições de custos por serviço.

Além disso, ao determinar o tempo de retorno financeiro, levou-se em conta o investimento inicial (custo dos equipamentos e serviços de instalação), subtraindo o volume de água economizado multiplicado pela tarifa de água. Esse cálculo foi repetido quantas vezes fossem necessárias até que o valor do investimento inicial alcançasse zero. Essas operações foram realizadas de acordo com as Equações 5 e 6.

$$RI_t = (EDA \cdot P)t \quad (5)$$

$$I_0 - (RI_1 + RI_2 + \dots + RI_n) = 0 \quad (6)$$

Em que:

- RI_t é o retorno do investimento no mês t ;
- EDA é a economia de água fornecida pelo cenário no mês t ;
- P é o valor da tarifa de água;
- I_0 é o investimento inicial para adoção do cenário/gestão.

O índice de redução do consumo (IR) foi calculado conforme a Equação 7:

$$IR(\%) = \frac{\text{Economia de água}}{\text{Consumo mensal total}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Em que:

- Economia de água é estabelecido conforme a Equação 4;
- Consumo mensal total é a quantidade de água consumida pela população total em um mês ($m^3/mês$).

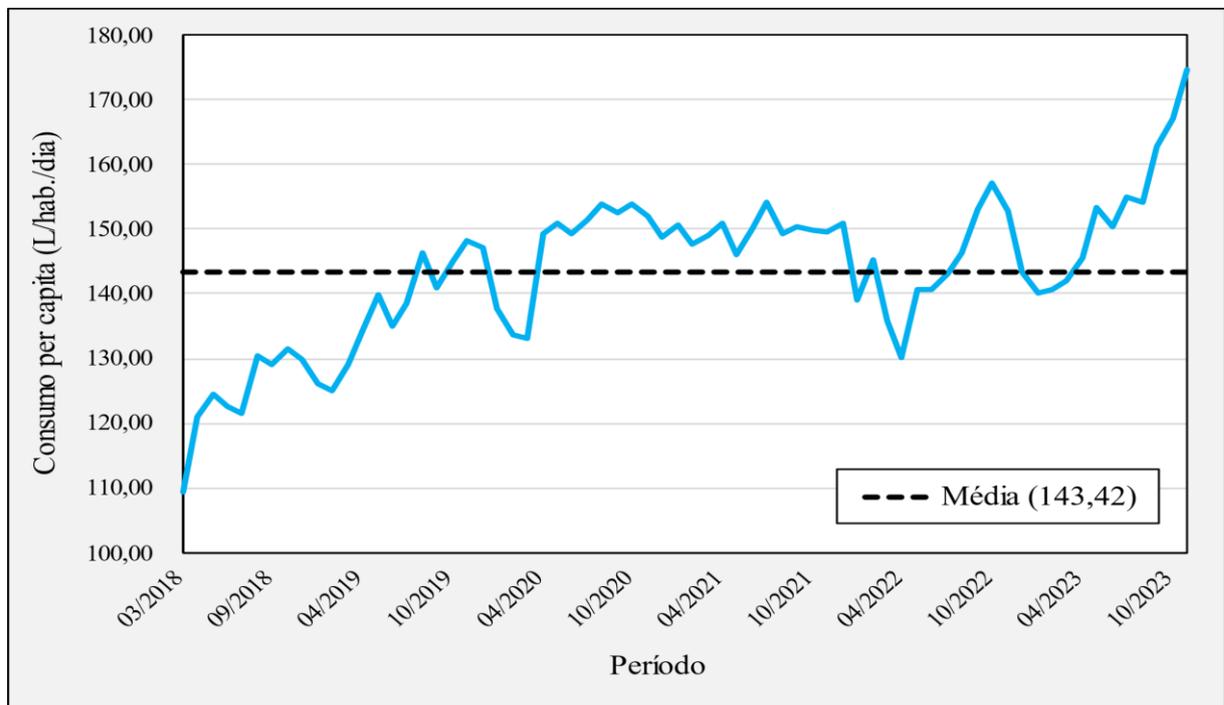
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Consumo de água no município

Seguindo os procedimentos apontados na metodologia deste presente trabalho, inicialmente foi realizada uma análise do consumo per capita de água da população de Crateús.

Os dados de consumo per capita disponibilizados pela CAGECE foram analisados ao longo do tempo. Na Figura 6, observa-se uma representação visual dos picos mínimos e máximos de consumo de água entre os anos de 2018 e 2023.

Figura 6 – Consumo per capita ao longo do tempo.



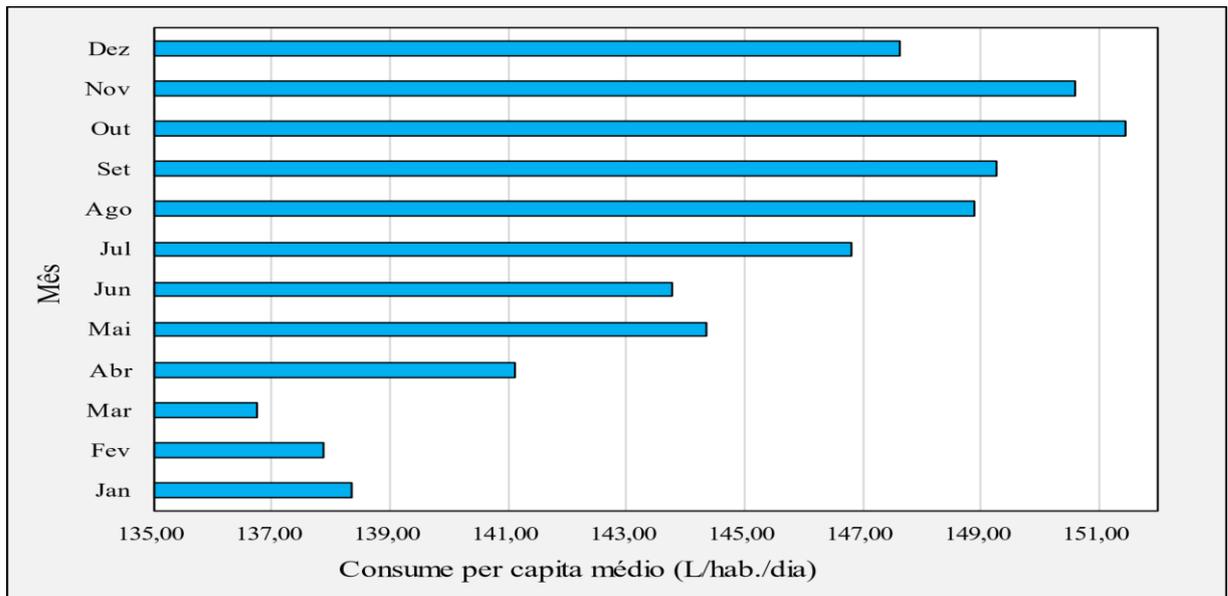
Fonte: Autor (2024).

Esta análise proporciona uma visão clara das flutuações sazonais e das tendências de consumo ao longo do período em questão. Além disso, uma linha média foi traçada sobre os dados, destacando um consumo médio per capita de 143,42. Esta linha média oferece uma referência valiosa para avaliar variações significativas em relação ao padrão médio de consumo, possibilitando uma compreensão mais profunda das mudanças no comportamento de consumo ao longo do tempo. É posto que analisar os fatores que influenciam as variações de demanda não compete ao escopo da pesquisa.

Durante este período, é evidente um aumento no consumo de água, apesar de uma

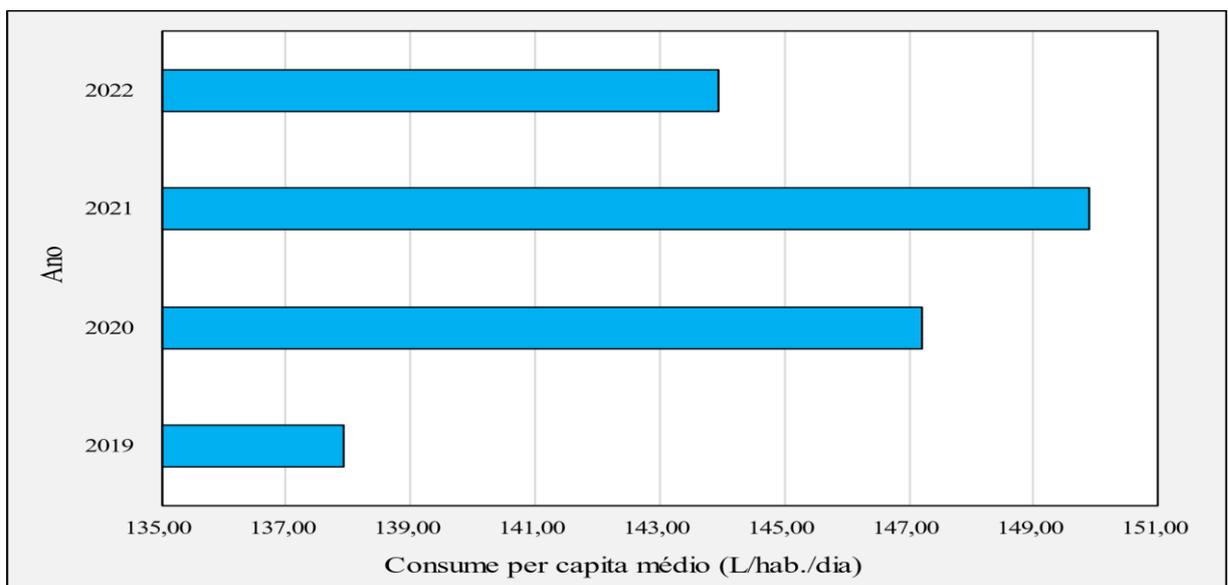
tendência média aparentemente estável. Para compreender melhor esse comportamento, foi realizada uma análise adicional. As Figura 7 e Figura 8 apresentam os consumos médios per capita anual e mensal, respectivamente. Notavelmente, o mês de outubro se destaca com a maior média, o que é compreensível, dado que coincide com o período de estiagem na região. No ano de 2021, observou-se a maior média de consumo, sugerindo que diversos fatores podem ter contribuído para tal impacto.

Figura 7 – Consumo per capita mensal.



Fonte: Autor (2024).

Figura 8 – Consumo per capita anual.



Fonte: Autor (2024).

A FUNASA (2015) estabelece diretrizes que consideram o consumo per capita com base na densidade populacional das áreas residenciais. Nesse contexto, o consumo diário por pessoa é estimado entre 100 e 150 litros para regiões com até 6.000 habitantes, entre 150 e 200 litros para populações entre 6.000 e 30.000 habitantes, entre 200 e 250 litros para cidades com 30.000 a 100.000 habitantes, e entre 250 e 300 litros para localidades com mais de cem mil habitantes. Já segundo Tsutiya (2006) e Creder (2006), o consumo médio de água por pessoa em ambientes residenciais varia entre 150 e 200 litros por dia, enquanto em habitações populares esse valor se situa em torno de 120 litros por dia. Portanto, considerando os anos em pesquisa, a cidade de Crateús apresenta valores de consumo médio um pouco abaixo dos apontados pela literatura citada, em média.

4.2 Estimativa populacional

A partir dos censos do IBGE disponíveis, ou seja, referentes aos anos de 2010 e 2022, estabeleceu-se a população do município, a partir da Equação 1. A Tabela 3 apresenta as respectivas populações para os anos de análise nesta pesquisa.

Tabela 3 – Populações estimadas para 2022 e 2042.

Ano	População
2022	76.390
2042	82.749

Fonte: Autor (2024).

4.3 Avaliação dos cenários

Os parâmetros CACi, CAPI, EDAi e IRi são resumidos na Tabela 4 com todos os resultados obtidos para a população de 2022. Neste processo foram seguidos todos os processos metodológicos desta pesquisa, os consumos para equipamentos convencionais e aparelhos economizadores são obtidos em m³/mês, a economia de água segue o mesmo critério, por fim o índice de redução é resultado em porcentagem. Vale ressaltar, que todos esses valores são expressados para o consumo populacional total do município.

Tabela 4 – Resumo dos cenários para 2022.

Cenário	Descrição	População 2022	Consumo (m³/mês)	CAC (m³/mês)	CAP (m³/mês)	EDA (m³/mês)	IR (%)
1	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga	76.390	329.867,30	80.982,42	40.491,21	40.491,21	12,28
2	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	76.390	329.867,30	80.982,42	29.963,50	51.018,93	15,47
3	50% das residências adotam uma bacia VDR (6 litros/descarga); e 50% adotam uma bacia sanitária c/caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/descarga)	76.390	329.867,30	80.982,42	35.227,35	45.755,07	13,87
4	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro	76.390	329.867,30	19.132,30	15.305,84	3.826,46	1,16
5	Cada residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro	76.390	329.867,30	19.132,30	11.479,38	7.652,92	2,32
6	Cada residência adota um chuveiro c/ arejador	76.390	329.867,30	102.258,86	81.807,09	20.451,77	6,20
7	Cada residência adota uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro	76.390	329.867,30	102.258,86	69.536,03	32.722,84	9,92
8	Cada residência adota uma torneira c/ arejador p/ a cozinha	76.390	329.867,30	72.405,87	57.924,70	14.481,17	4,39
9	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha	76.390	329.867,30	174.664,73	127.460,72	47.204,01	14,31
10	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro	76.390	329.867,30	100.114,72	55.797,05	44.317,67	13,44
11	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro	76.390	329.867,30	202.373,59	114.805,37	87.568,22	26,55
12	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga + uma torneira c/ arejador p/cozinha + um chuveiro c/ arejador	76.390	329.867,30	255.647,16	180.223,00	75.424,16	22,87

Fonte: Autor 2024.

É evidente que o cenário 12 apresenta o maior índice médio mensal de consumo de água convencional, dado que inclui três aparelhos que representam aproximadamente 61,35% do consumo de água das residências analisadas. Em contrapartida, o cenário 11 se destaca pelo maior índice de economia de água entre os cenários, alcançando 87.568,22 m³/mês. Este cenário inclui equipamentos poupadores de água em todos os aparelhos do banheiro. Em todos os 12 cenários simulados, observa-se que a redução no consumo de água varia significativamente, de 1,16% a 26,55%, indicando que a escolha do equipamento a ser substituído pode impactar de forma mais ou menos significativa o consumo de água na cidade.

A Tabela 5 apresenta análises referentes para a população de 2042.

Tabela 5 – Resumo dos cenários para 2042.

Cenário	Descrição	População 2042	Consumo (m ³ /mês)	CAC (m ³ /mês)	CAP (m ³ /mês)	EDA (m ³ /mês)	IR (%)
1	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga	82.749	359.312,71	88.211,27	44.105,63	44.105,63	12,28
2	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	82.749	359.312,71	88.211,27	32.638,17	55.573,10	15,47
3	50% das residências adotam uma bacia VDR (6 litros/descarga); e 50% adotam uma bacia sanitária c/caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/descarga)	82.749	359.312,71	88.211,27	38.371,90	49.839,37	13,87
4	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro	82.749	359.312,71	20.840,14	16.672,11	4.168,03	1,16
5	Cada residências adotam uma torneira c/ sensor de presença p/ o banheiro	82.749	359.312,71	20.840,14	12.504,08	8.336,05	2,32
6	Cada residência adota um chuveiro c/ arejador	82.749	359.312,71	111.386,94	89.109,55	22.277,39	6,20
7	Cada residência adota uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro	82.749	359.312,71	111.386,94	75.743,12	35.643,82	9,92
8	Cada residência adota uma torneira c/ arejador p/ a cozinha	82.749	359.312,71	78.869,14	63.095,31	15.773,83	4,39
9	Cada residência adota uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma torneira c/ arejador p/ a cozinha	82.749	359.312,71	190.256,08	138.838,43	51.417,65	14,31
10	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada VDR (6 litros/descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro	82.749	359.312,71	109.051,41	60.777,74	48.273,66	13,44
11	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga) + uma torneira c/ fechamento automático p/ o banheiro + uma válvula de fechamento automático p/ o chuveiro	82.749	359.312,71	220.438,35	125.053,40	95.384,95	26,55
12	Cada residência adota uma bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga + uma torneira c/ arejador p/cozinha + um chuveiro c/ arejador	82.749	359.312,71	278.467,35	196.310,50	82.156,85	22,87

Fonte: Autor 2024

Percebe-se que o consumo mensal de água geral aumentou de 329.867,30 m³/mês para 359.312,71 m³/mês com o aumento da população. Esse aumento fez com que os valores de consumo de água pelos aparelhos sanitários convencionais aumentassem também. Porém, em porcentagem, os valores de IR permanecem os mesmos em comparação com o cenário de 2022. Para a determinação dos custos financeiros do projeto, foi necessário elaborar 7 tabelas de composições detalhadas, baseadas nas diretrizes fornecidas pela SEINFRA (2024) e complementadas por pesquisas mercadológicas. Essas tabelas que correspondem aos cenários 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8, foram minuciosamente divididas em custos de mão de obra e material, proporcionando uma visão clara e segmentada dos gastos necessários para cada cenário específico. Em relação aos cenários 3, 9, 10, 11 e 12, estes foram desenvolvidos a partir da mesclagem das tabelas de composições anteriores. A utilização dessas composições mescladas facilita a

comparação entre múltiplos cenários, destacando variações de custos e identificando as estratégias mais eficientes e econômicas para as instalações.

Tabela 6 – Composição 1

C0348 - BACIA DE LOUÇA BRANCA C/CAIXA ACOPLADA - UN					
MÃO DE OBRA					
10043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	2,0000	21,1000	42,2000
12320	ENCANADOR	H	2,0000	26,1800	52,3600
				Total:	94,5600
MATERIAIS					
10171	BACIA LOUÇA BRANCA PARA CAIXA ACOPLADA	UN	1,0000	237,2400	237,2400
10406	CAIXA ACOPLADA DE LOUÇA BRANCA PARA BACIA	UN	1,0000	260,6300	260,6300
11091	ENGATE CROMADO	UN	1,0000	22,5900	22,5900
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,5600	0,3600	0,2016
11579	PARAFUSO CROMADO P/FIXAÇÃO SANITÁRIOS, INCLUSIVE PORCA CEGA, ARRUELA E BUCHA DE NYLON	UN	2,0000	9,4000	18,8000
11925	TAMPA PLÁSTICA PARA BACIA	UN	1,0000	36,9300	36,9300
				Total:	576,3916
				Total Simples:	670,95
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	670,95

Fonte: Autor 2024.

Tabela 7 – Composição 2.

C01 - BACIA DE LOUÇA BRANCA C/CAIXA ACOPLADA DUAL FLASH - UN					
MÃO DE OBRA					
10043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	2,0000	21,1000	42,2000
12320	ENCANADOR	H	2,0000	26,1800	52,3600
				Total:	94,5600
MATERIAIS					
10171	BACIA LOUÇA BRANCA PARA CAIXA ACOPLADA	UN	1,0000	237,2400	237,2400
10406	CAIXA ACOPLADA DUAL FLASH DE LOUÇA BRANCA PARA BACIA	UN	1,0000	307,7600	307,7600
11091	ENGATE CROMADO	UN	1,0000	22,5900	22,5900
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,5600	0,3600	0,2016
11579	PARAFUSO CROMADO P/FIXAÇÃO SANITÁRIOS, INCLUSIVE PORCA CEGA, ARRUELA E	UN	2,0000	9,4000	18,8000
11925	TAMPA PLÁSTICA PARA BACIA	UN	1,0000	36,9300	36,9300
				Total:	623,5216
				Total Simples:	718,08
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	718,08

Fonte: Autor 2024.

Tabela 8 – Composição 4.

C2502 - TORNEIRA DE FECHAMENTO AUTOMÁTICO - UN					
MAO DE OBRA					
10043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,6500	21,1000	13,7150
12320	ENCANADOR	H	0,6500	26,1800	17,0170
				Total:	30,7320
MATERIAIS					
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,2800	0,3600	0,1008
12128	TORNEIRA DE FECHAMENTO AUTOMÁTICO	UN	1,0000	180,5800	180,5800
				Total:	180,6808
				Total Simples:	211,41
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	211,41

Fonte: Autor 2024.

Tabela 9 – Composição 5

C2503 - TORNEIRA DE PAREDE C/ FOTO SENSOR - UN					
	MAO DE OBRA	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
10043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,6500	21,1000	13,7150
12320	ENCANADOR	H	0,6500	26,1800	17,0170
				Total:	30,7320
	MATERIAIS				
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,2800	0,3600	0,1008
12129	TORNEIRA DE FOTO SENSOR, A BATERIA	UN	1,0000	743,7000	743,7000
				Total:	743,8008
				Total Simples:	774,53
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	774,53

Fonte: Autor 2024.

Tabela 10 – Composição 6.

C02 - CHUVEIRO C/AREJADOR (INSTALADO) - UN					
	MAO DE OBRA	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
12320	ENCANADOR	H	0,2500	26,1800	6,5450
				Total:	6,5450
	MATERIAIS				
10796	CHUVEIRO C/AREJADOR	UN	1,0000	820,9500	820,9500
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,3500	0,3600	0,1260
				Total:	821,0760
				Total Simples:	827,62
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	827,62

Fonte: Autor 2024.

Tabela 11 – Composição 7.

C03 - CHUVEIRO C/ VÁLVULA AUTOMÁTICO (INSTALADO) - UN					
	MAO DE OBRA	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
12320	ENCANADOR	H	0,2500	26,1800	6,5450
				Total:	6,5450
	MATERIAIS				
10796	CHUVEIRO PLÁSTICO	UN	1,0000	7,2200	7,2200
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,3500	0,3600	0,1260
	VÁLVULA AUTOMÁTICA	UN	1,0000	405,6000	405,6000
				Total:	412,9460
				Total Simples:	419,49
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	419,49

Fonte: Autor 2024

Tabela 12 – Composição 8.

C04 - TORNEIRA C/ AREJADOR PARA COZINHA - UN					
	MAO DE OBRA	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
10043	AJUDANTE DE ENCANADOR	H	0,6500	21,1000	13,7150
12320	ENCANADOR	H	0,6500	26,1800	17,0170
				Total:	30,7320
	MATERIAIS				
11180	FITA DE VEDAÇÃO	M	0,2800	0,3600	0,1008
12128	TORNEIRA C/ AREJADOR PARA COZINHA	UN	1,0000	126,0100	126,0100
				Total:	126,1108
				Total Simples:	156,84
				Encargos Sociais:	INCLUSO
				Valor BDI:	0,00
				Valor Geral:	156,84

Fonte: Autor 2024.

Quadro 5 – Custos dos cenários.

CENÁRIO 1	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga	1.341,90
CENÁRIO 2	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	1.436,16
CENÁRIO 3	
ITEM	CUSTO (R\$)
50% de duplo fornecimento e instalação de bacia VDR (6 litros/descarga)	1.341,90
50% de duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	1.436,16
Total	1.389,03
CENÁRIO 4	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de torneira com fechamento automático	422,82
CENÁRIO 5	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro	1.549,06
CENÁRIO 6	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de chuveiro com arejador	1.655,24
CENÁRIO 7	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de chuveiro com válvula de fechamento automático	838,98
CENÁRIO 8	
ITEM	CUSTO (R\$)
Fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha	156,84
CENÁRIO 9	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de torneira com fechamento automático para banheiro	422,82
Fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha	156,84
Total	579,66
CENÁRIO 10	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	1.436,16
Duplo Fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro	1.549,06
Total	2.985,22
CENÁRIO 11	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada dual-flush (3 ou 6 litros/ descarga)	1.436,16
Duplo fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro	1.549,06
Duplo fornecimento e instalação de chuveiro com válvula de fechamento automático	838,98
Total	3.824,20
CENÁRIO 12	
ITEM	CUSTO (R\$)
Duplo fornecimento e instalação de bacia sanitária c/ caixa acoplada de 6 litros/descarga	1.341,90
Fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha	156,84
Duplo fornecimento e instalação de chuveiro com arejador	1.655,24
Total	3.153,98

Fonte: Autor 2024.

O Quadro 5 apresenta, de forma resumida, os custos dos 12 cenários sugeridos. Conforme descrito na metodologia deste trabalho, para a elaboração das estimativas de custos dos serviços necessários à implantação dos equipamentos economizadores de água sugeridos, foram consultadas tabelas de composições da SEINFRA (2024). Essas tabelas fornecem uma base detalhada para a avaliação de custos, mas apresentaram algumas limitações. Como algumas composições não contemplavam os aparelhos economizadores de água específicos, foi necessária a adaptação de algumas composições hidráulicas já existentes.

Cada cenário foi cuidadosamente analisado para garantir a precisão das estimativas de custos. Os resultados obtidos demonstram que, embora os equipamentos economizadores proporcionem uma significativa economia de água a longo prazo, eles demandam um maior investimento inicial. Esse investimento é menor conforme o uso da tecnologia mais baixas, como no caso do cenário 8.

Ademais, essa análise é compreendida quando comparamos o cenário 11, que possui uma grande quantidade de aparelhos poupadores, chegando a totalizar um valor de R\$ 3.824,20, com o cenário 8, que possui somente um equipamento poupador com um custo de R\$ 156,84.

Para fins de retorno de investimentos foi utilizado a estrutura tarifaria da CAGECE (2023) que é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Estrutura tarifaria da CAGECE para a categoria residencial.

Categoria	Faixa de consumo (m³)	Tarifa água (R\$/m³)	Tarifa esgoto (R\$/m³)
Residencial Popular com demanda mínima de 10 m ³ água e 8 m ³ esgoto	0 a 10	4,02	4,02
	11 a 15	6,83	6,83
	16 a 20	7,41	7,41
	21 a 50	12,75	12,75
	>50	22,72	22,72

Fonte: CAGECE (2023).

Este modelo considera uma Tarifa Social que beneficia os consumidores com renda mensal de até 1 salário mínimo, cujo consumo não ultrapasse 10 m³/mês e uma Tarifa Normal, aplicada aos consumidores com renda mensal superior. Para o período do retorno de investimentos em meses, a Tabela 14 apresenta a disposição dos melhores cenários simulados junto aos seus investimentos iniciais e a economia de água para cada um, considerando faixas de

consumo mensal por residência (15, 20, 50 e 100 m³/mês), de maneira que seja possível o cálculo da redução na conta de água (sem taxas de esgotos) dos usuários. Além disso, é importante frisar que para o consumo de 10 m³/mês, o investimento não seria amortizado, devido ao valor fixo já cobrado pela concessionária. Estes cálculos também não consideram os reajustes tarifários aplicados anualmente pela CAGECE.

Tabela 14 – Tempo de retorno dos cenários.

Cenário	I ₀ (R\$)	EDA (m ³ /mês)	Consumo (m ³)			
			15	20	50	100
8	R\$ 3.993.669,20	14481,17	40	37	22	12
9	R\$ 14.760.075,80	47204,01	46	42	25	14
7	R\$ 21.363.227,40	32722,84	96	88	51	29
2	R\$ 36.569.420,80	51018,93	105	97	56	32
3	R\$ 35.369.333,90	45755,07	113	104	61	34
1	R\$ 34.169.247,00	40491,21	124	114	66	37
12	R\$ 80.310.844,07	75424,16	156	144	84	47
11	R\$ 97.376.879,33	87568,22	163	150	87	49
10	R\$ 76.013.651,93	44317,67	251	231	135	75
6	R\$ 42.147.927,87	20451,77	302	278	162	91
4	R\$ 10.766.406,60	3826,46	412	380	221	124
5	R\$ 39.444.231,13	7652,92	755	696	404	227
Taxa (R\$/m ³)			6,83	7,41	12,75	22,72

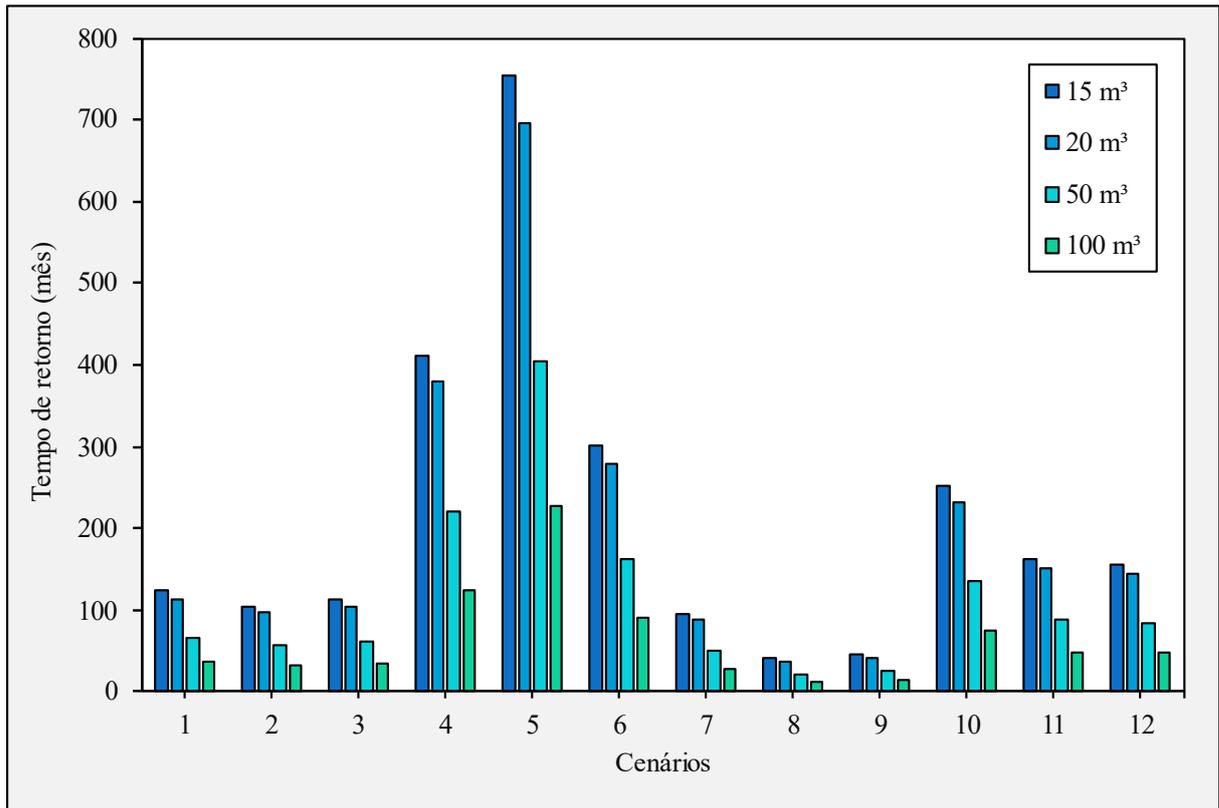
Fonte: Autor 2024.

Os resultados apresentados na Tabela 14 permitem verificar que, em algumas situações, o investimento já seria integralmente amortizado praticamente no primeiro ano de implantação do aparelho hidrossanitário poupador, como é analisado no fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha (cenário 8) com 12 meses e duplo fornecimento e instalação de torneira com fechamento automático para banheiro conjugado com fornecimento e instalação de torneira com arejador para cozinha (cenário 9) com 14 meses, para a faixa de consumo 100 m³/mês. Não obstante, houve casos em que, economicamente, a adoção do cenário apresentaria maiores dificuldades, com o retorno do investimento ocorrendo no 755º mês em duplo fornecimento e instalação de torneira com sensor de presença para banheiro (cenário 5), para a faixa de consumo de 15 m³/mês.

Para a faixa de consumo mais frequente na cidade (11-20 m³/mês): o menor período de retorno do investimento equivale a 40 meses para o cenário 8 e 46 meses para o cenário 9. Quando se considera o cenário 11 no qual é composto totalmente por equipamentos economizadores de água, era esperado que este proporcionasse o maior índice de redução do consumo

total e de fato resultou-se com um valor de (26,55%), tendo seu investimento feito com uma amortização em 163 meses. A Figura 9 aborda de forma esquemática visual uma outra maneira de apresentação destes resultados, é notório a diferença entre os cenários 8 que se encontra com melhor retorno de investimento e o 5 como o menos vantajoso economicamente.

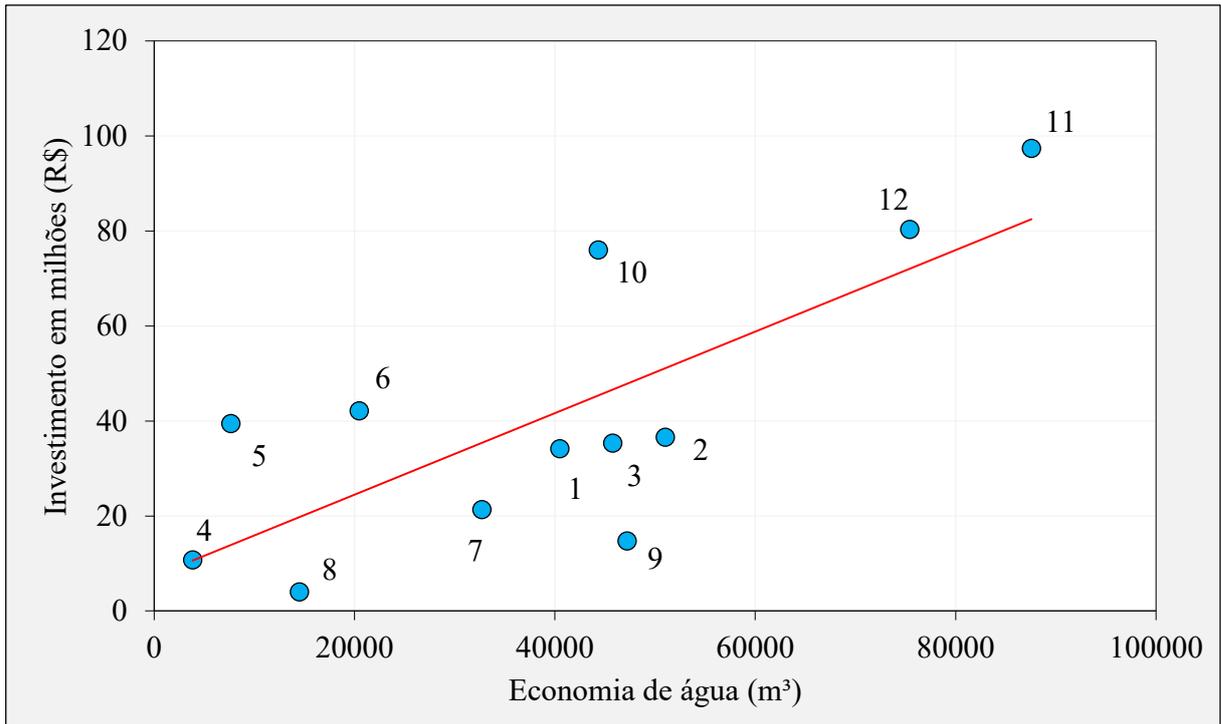
Figura 9 – Representação gráfica dos tempos de retorno.



Fonte: Autor 2024.

Para analisar a relação entre o investimento inicial em um determinado cenário e a economia de água que este proporciona, foi elaborado um comparativo, conforme ilustrado na Figura 10. Concluiu-se que os cenários 11 e 12 possuem investimentos iniciais muito elevados, mas, em contrapartida, têm economias de águas proporcionais às suas aplicações financeiras implementadas. Além disso, é verificável que o cenário 10 teve investimento de R\$ 76.013.651,13 e uma economia de 44.3317,67 m³/mês enquanto o cenário 9 possuiu um investimento muito menor de R\$ 14.760.075,80 e uma maior economia de água de 47.204,01 m³/mês. Em relação aos cenários 1,3,5,6 e 7 comparados com o cenário 2, é visto que possuem investimentos médios iguais próximos, porém a economia de água de 51.018,93 m³/mês do cenário 2 supera todas as outras economias comparadas.

Figura 10 – Relação entre investimento e economia de água.



Fonte: Autor 2024.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou 12 cenários de substituição de aparelhos hidrossanitários convencionais por aparelhos economizadores de água em residências no que diz respeito a economia de água e viabilidade financeira, considerando o município de Crateús-CE.

A demanda média mensal do município de Crateús foi calculada em torno de 144,74 l/hab/dia, considerando os anos de 2018 a 2023. Essa demanda apresenta variações ao longo dos meses do ano e ao longo dos anos, tendendo a aumentar nos últimos anos.

Embora o investimento inicial para aparelhos poupadores seja elevado, ele pode ser amortizado com a redução das contas de água ou subsídios. Em apenas um cenário dos doze analisados, o retorno do investimento ocorreu em menos de um ano para consumos de 100 m³/mês. Os índices de redução de consumo de água variaram de 1,16% a 26,55% com a economia de água atingindo valores notáveis, como 87.568,22 m³/mês no cenário 11 para o ano de 2022.

Os cenários que apresentaram melhores valores de retorno de investimento envolvem a substituição de torneiras da cozinha (cenário 8) e do lavatório em conjunto com a da cozinha (cenário 9) por equipamentos economizadores.

A escolha de equipamentos economizadores de água é uma decisão que pode trazer retornos econômicos e ambientais, constituindo uma alternativa para contribuir com a redução da demanda de água potável em um município, podendo ser adotada em conjunto com outras alternativas como o aproveitamento de águas da chuva, reuso de águas, etc. Além disso, a implementação dessas tecnologias pode resultar em economia de energia, já que menos água precisa ser tratada e transportada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. F. R. de.; BROCH, S. A. O.; DIAS, C. A.; SOBRINHO, T. A. Análise do gerenciamento dos recursos hídricos de Mato Grosso do Sul. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v.10, n.1, p. 5-16, 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/127/e9c3f8ed395a6c4400925264130b4ba7_07218ae02317c73f952bb84d0148fb33.pdf. Acesso em: 1 dez. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Manual dos Usos Consuntivos de Água do Brasil**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/@@download/file/ANA_Manual_de_Usos_Consuntivos_da_Agua_no_Brasil.pdf. Acesso em: 1 dez. 2023.
- _____. **Açudes do Nordeste**. Publicado em: 23 set. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/acudes-do-semiarido/saiba-mais>. Acesso em: 2 dez. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16782:2019: **Conservação de água em edificações — Requisitos, procedimentos e diretrizes**. Rio de Janeiro - Rj: Abnt, 2019. 22 p. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/11513/nbr16782-conservacao-de-agua-em-edificacoes-requisitos-procedimentos-e-diretrizes>. Acesso em: 2 dez. 2023.
- BARRETO, D. Perfil do **Consumo Residencial e Usos Finais da Água**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.
- BOKOVA, I. **Message from Ms Irina Bokova, Director-General of UNESCO on the occasion of the World Water day**. 2015. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002322/232250e.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2023.
- CAMPOS, J. S. L. Escassez hídrica: um conceito global. **Politize** [online]. Publicado em: 22 set. 2023. Disponível em: <https://www.politize.com.br/escassez-hidrica/>. Acesso em: 2 dez. 2023.
- CHERCHIGLIA, R. C. **Pesquisa por amostragem em Curitiba sobre a popularização das certificações ambientais para empreendimentos imobiliários**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19068>. Acesso em: 1 dez. 2023.
- CHEUNG, P. B. Consumo de água. In: **Gonçalves, R. F. (Coord.). Uso racional da água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 36-98. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: 2 dez. 2023.
- DA SILVA, M. J.; PATERNIANI, J. E. S.; ASSUNÇÃO, F. J. *et al.* Avaliação da economia de água em chuveiro com dispositivo aerador. **Organizações e sociedade**. Iturama, MG :

Faculdade Aldete Maria Alves, 2017.. Vol. 6, no. 5 (jan./jun., 2017), p. 4-18. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1650848>. Acesso em: 2 dez. 2023.

DECA. **Catálogos**, 2016. Disponível em <https://deca.com.br/catalogos>. Acesso em: 29 nov. 2023.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. Contribuições Para a Conservação Da água: Pesquisa Com Membros De Comitês De Bacias Hidrográficas. **Caderno De Geografia**, v. 27, n. 49, 2017. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/14844>. Acesso em: 2 dez. 2023.

DRACO. **Ducha Croma Eco**, 2023. Disponível em: [ttp://www.dracoeletronica.com.br/chuveiro-croma.htm](http://www.dracoeletronica.com.br/chuveiro-croma.htm). Acesso em: 2 dez. 2023.

EOS ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS LTDA. **Conheça a situação do saneamento básico no Nordeste**. EOS [online]. Publicado em 2021. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/saneamento-basico-no-nordeste/>. Acesso em: 2 dez. 2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília, 2015. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/541>. Acesso em 2 fev. 2024.

GITEL, M. **No Nordeste, 72% da população ainda carece de coleta de esgoto**. ECO NORDESTE [online], Publicado em: 14 set. 2020. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/no-nordeste-72-da-populacao-ainda-carece-de-coleta-de-esgoto/>. Acesso em: 2 dez. 2023.

GLEICK, P. H. Requisitos básicos de água para atividades humanas: Atendendo às necessidades básicas. **Rev. Água Internacional**. v. 21, nº 2, pp. 83-92, 1996.

GLEICK, P. H. **The world's water 2000-2001**. Report on Freshwater Resources. Island Press, 2000. 315p.

GONÇALVES, M. A. Universidade Federal de Minas Gerais. **Rahis**, n. 2, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.21450/rahis.v0i2.782>. Acesso em: 2 dez. 2023.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. Prosab-Finep Edital 4. Rio de Janeiro: Abes, 2006. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5622/1/2006_uso_racional_da_agua_em_edificacoes.pdf. Acesso em: 2 dez. 2023.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. C. **Alternativas de gerenciamento de água na escala de uma cidade**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 9, n. 2, p. 123-134, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n2.p123-134>. Acesso em 2 dez. 2023.

GUIGUER, N.; KOHNKE, M. W. MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22314>. Acesso em: 22 ago. 2023.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Compreenda o LEED**. 2023. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2023.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M. (Coordenadores). **Conservação e Reúso de Água – Manual de Orientações para o Setor Industrial**, V. 1, 2004. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 2 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/crateus.html>. Acesso: 12 jan. 2024.

LOMBARDI, L. R. **Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: Análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no Instituto de Pesquisas Hidráulicas**. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/79746>. Acesso em: 2 dez. 2023.

MACHADO, Antonio Victor Lima. **Estudo comparativo de tecnologias de conservação da água em edificações residenciais de pequeno porte**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Campus de Crateús, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/67402>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MAGALHÃES, R.; CARDOZO, D.; DEMANBORO, A. C. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade na Bacia do Rio Piracicaba – Sustentabilidade Hídrica Através de Dispositivos Poupadores de Água**. 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/download/30289963/resumo_expandido_rayssa.pdf. Acesso em: 2 dez. 2023.

MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDMAM, N. B *et al.* Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 791–808, nov. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7888VSVHBqZK7Bnz85X5Z8x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 dez. 2023.

OLIVEIRA, I. A.; YAFUSHI, C. A. PIMENTA JÚNIOR, I. L. *et al.* O Reuso Da Água Proporciona Competitividade Ao Setor Industrial. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, p. 214–224, 2011. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180719173519id_/http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/download/115/117. Acesso em: 2 dez. 2023.

OLIVEIRA, S. C. de. Gerenciamento de bacias hidrográficas, qualidade da água e saneamento ambiental. In: Org. por SANTOS, S. A. M. dos.; OLIVEIRA, H. T. de.; **Cadernos do CESCAR – Educação Ambiental, Caderno 2. Metodologias e temas socioambientais na formação de educadores ambientais (2007-2008)**. São Carlos: Ed Futura, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Valeria-Ghisloti-Iared/publication/322699476_Mapeamento_socioambiental_participativo_como_instrumentos_para_as_interacoes_em_Educacao_Ambiental_uma_experiencia_do_CESCAR/links/5a69f9310f7e9b01f3efb390/Mapeamento-socioambiental-participativo-como-instrumentos-para-as-interacoes-em-Educacao-Ambiental-uma-experiencia-do-CESCAR.pdf#page=113. Acesso em: 2 dez. 2023.

PEIXINHO, F. C.; DINIZ, J. A. O. **Plano estratégico em recursos hídricos no Nordeste brasileiro: uso sustentável da água subterrânea para aumento da oferta hídrica**. CPRM, 2019. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21488/1/rel_plano_estrategico_recursos_hidricos.pdf. Acesso em: 2 dez. 2023.

PEREIRA, M. A. F.; BARBIEIRO, B. L.; QUEVEDO, D. M. DE. Importance of river basin monitoring and hydrological data availability for the integrated management of water resources. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 292–303, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/jQSnLRKrRypfvm5nZWmKtxr/?lang=en>. Acesso em: 1 dez. 2023.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/fZfSwyYNKf6MMNnQcCxypXd/>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ROGERS, P. P. Water governance, water security and water sustainability. In: ROGERS, P. P. et al. (Ed.) **Water crisis: myth or reality? London: Fundación Marcelino Botín**, Taylor & Francis, 2006. p.3-36.

SANTANDER, B. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; Centro de Ciências Jurídicas e Sociais – CCJS; Unidade Acadêmica de Ciências Contábeis – UACC; **Curso de Ciências Contábeis**. v. 87, n. 1,2, p. 70 149–200, 2017.

SILVA, J. K.; NUNES, L. G. F.; SOARES, A. E. P. *et al.* Assessment of water-saving equipment to support the urban management of water. **RBRH**, v. 22, p. e44, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/5S7Z6bBQWtKnfN3nGqhxwqF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 2 dez. 2023.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. de. M. C. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.5, n.3, p. 31–43, 2000. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/232499>. Acesso em: 2 dez. 2023.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>. Acesso em: 2 dez. 2023.

TUNDISI, J. G.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C. Os recursos hídricos e o futuro: síntese. **Águas doces no Brasil**. Tradução . São Paulo: Escrituras, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/491b1aaf-61ec-448a-8938-429620fd9fe8/1687757.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2023.

VALENCIO, I. P.; GONCALVES, O. M. Field **Evaluation of Water Consumption and Drainage** System Performance When 6.8Lpf Toilets Were Replaced by 4.8Lpf Toilets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIBW062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 43., Haarlem, 2017. Proceedings... Sao Paulo: USP, 2017.

VELAZQUEZ, L.; MUNGUÍA, N.; OJEDA, M. Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico. **Journal of cleaner production**, v. 46, p. 83-88, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.005>. Acesso em: 2 dez. 2023.

VENANCIO, D. .; SANTOS, R. .; CASSARO, S. .; PIERRO, P. . A crise hídrica e sua contextualização mundial. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 11, n. 22, 2015. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1356>. Acesso em: 22 set. 2023.

ZINA, C. M., SANT'ANA, D., BLUMENSCHNEIN, R. N., DURANTE, L. C. Análise dos critérios de gestão da água em certificações ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–9. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2045. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2045>. Acesso em: 3 dez. 2023.

ANEXO A – CONSUMO PER CAPITA POR PERIODO

Período	Consumo per capita (L/hab./dia)	Período	Consumo per capita (L/hab./dia)
03/2018	109,25	02/2021	147,55
04/2018	121,10	03/2021	148,96
05/2018	124,56	04/2021	150,87
06/2018	122,65	05/2021	146,09
07/2018	121,38	06/2021	150,14
08/2018	130,37	07/2021	154,07
09/2018	129,04	08/2021	149,36
10/2018	131,36	09/2021	150,45
11/2018	129,79	10/2021	149,82
01/2019	125,97	11/2021	149,57
02/2019	125,04	12/2021	151,02
03/2019	129,09	01/2022	138,91
04/2019	134,24	02/2022	145,32
05/2019	139,84	03/2022	135,81
06/2019	134,90	04/2022	130,10
07/2019	138,46	05/2022	140,68
08/2019	146,28	06/2022	140,73
09/2019	141,02	07/2022	143,14
10/2019	145,04	08/2022	146,21
11/2019	148,13	09/2022	153,09
12/2019	147,25	10/2022	157,07
01/2020	137,79	11/2022	152,77
02/2020	133,56	12/2022	143,39
03/2020	133,13	01/2023	140,00
04/2020	149,22	02/2023	140,59
05/2020	150,81	03/2023	142,13
06/2020	149,35	04/2023	145,45
07/2020	151,57	05/2023	153,42
08/2020	153,74	06/2023	150,28
09/2020	152,55	07/2023	155,04
10/2020	153,88	08/2023	154,04
11/2020	151,91	09/2023	162,72
12/2020	148,82	10/2023	167,17
01/2021	150,71	11/2023	174,52