



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

ENÓLLA KAY CIRILO DANTAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS
NO SETOR RESIDENCIAL DE BANANEIRAS-PB:
ESTRATÉGIA PARA CRISE HÍDRICA**

**SUMÉ - PB
2024**

ENÓLLA KAY CIRILO DANTAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS
NO SETOR RESIDENCIAL DE BANANEIRAS-PB:
ESTRATÉGIA PARA CRISE HÍDRICA**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de Concentração: Regulação e Governança de Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos da Água.

Orientador: Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.

**SUMÉ - PB
2024**



D192a Dantas, Enólla Kay Cirilo.

Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no setor residencial de Bananeiras-PB: estratégia para crise hídrica. / Enólla Kay Cirilo Dantas. - 2024.

89 f.

Orientador: Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.

1. Aproveitamento de água de chuva. 2. Sustentabilidade urbana. 3. Fragilidade hídrica. 4. Captação de água de chuva. 5. Setor residencial - aproveitamento de água de chuva. 6. Economia de água. I. Medeiros, Salomão de Sousa. II. Título.

CDU: 628.1(043.2)

ENÓLLA KAY CIRILO DANTAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS
NO SETOR RESIDENCIAL DE BANANEIRAS-PB:
ESTRATÉGIA PARA CRISE HÍDRICA**

Dissertação apresentada Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Salomão de Sousa Medeiros.
Orientador – IFPB e PROFÁGUA/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Eneir Ghisi.
Examinador Externo – UFSC**

**Professor Dr. Carlos de Oliveira Galvão.
Examinador Externo – UAEC/CTRN/UFCG**

Trabalho aprovado em: 07 de março de 2024.

SUMÉ - PB

Dedico este trabalho a meus pais, meus irmãos e meus sobrinhos e a todos que de alguma forma contribuíram para o êxito deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, que proporcionou este momento em minha vida na qual sou extremamente grata, me dando força e discernimento.

Aos meus avós paternos Francisco Cirilo de Souza (*in memoriam*) e Terezinha de Araújo Cirilo de Souza (*in memoriam*) e meus avós maternos Celso Dantas (*in memoriam*) e Naide Pereira Dantas (*in memoriam*), que foram base de educação, disciplina e respeito no qual contribuíram para formação do meu caráter.

Aos meus pais Manoel Cirilo Sobrinho e Vânia Pereira Dantas Cirilo, que sempre me incentivaram a estudar e me deram todo apoio financeiro para que eu pudesse realizar meus objetivos profissionais.

Ao meu noivo Aldeberte Ferreira de Araújo, que se manteve forte ao meu lado, mesmo quando eu queria desistir de tudo e achava impossível.

Aos meus irmãos Syon, Symei e Brida, que cada um à sua maneira me ensina coisas diferentes na vida.

Aos meus sobrinhos Valentine, Samyr, Benicio e Maitê, minha fonte de amor incondicional, na qual quero ser exemplo na vida deles.

Ao meu orientador, Salomão de Sousa Medeiros, pela disponibilidade e compreensão. Por sempre instigar meus pensamentos e querer muito mais de mim, conseguiu absorver de muito mais do que eu imaginei e do que eu poderia.

Ao coordenador local do programa, Hugo Morais de Alcântara, sempre disponível, prezando para que os discentes usufríssem da melhor experiência enquanto alunos de um programa de mestrado.

A todos os professores que fazem parte do ProfÁgua na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

A todos os colegas do curso, que tornaram esta experiência mais rica, sempre gerando debates sobre a água durante as aulas.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

“Você fica sabendo muito sobre um país pelo jeito como este administra a água.”

Eng. Shimon Tal

RESUMO

Este estudo analisa o potencial de captação de água da chuva e a economia de água potável em edificações residenciais em Bananeiras, Paraíba. Utilizando geoprocessamento, foram identificadas 5.206 edificações, agrupadas em 34 classes, das quais 12 representam 97% do total. A análise estatística revelou alta economia de água potável, variando de 41,86% a 96,15%, conseguindo captar um volume médio anual de 36.144,50m³ mesmo numa região com fragilidade hídrica. Simulações indicaram que reservatórios de 2000 litros atendem às demandas populacionais. Na escala urbana, destacam-se benefícios ambientais, econômicos e sociais, como redução de custos para a concessionária de água, diminuição de perdas no sistema de abastecimento e estímulo ao desenvolvimento econômico local. A adoção de sistemas de aproveitamento de água de chuva resulta em economia significativa de água potável ao longo do ano, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e fortalecendo a resiliência da comunidade diante de crises hídricas. Recomenda-se políticas sustentáveis e suporte técnico e financeiro para a ampla utilização de sistemas de aproveitamento de água nas zonas urbanas do semiárido brasileiro. O estudo destaca os benefícios financeiros, qualidade de vida e segurança hídrica proporcionados pelo aproveitamento da água de chuva.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva; Sustentabilidade urbana; Fragilidade hídrica.

ABSTRACT

This study examines the potential for rainwater harvesting and savings in potable water usage in residential buildings in Bananeiras, Paraíba. Through geoprocessing, 5,206 buildings were identified, grouped into 34 classes, with 12 representing 97% of the total. Statistical analysis revealed high savings in potable water, ranging from 41.86% to 96.15%, capturing an average annual volume of 36,144.50m³ even in a region with water scarcity. Simulations indicated that 2000-liter reservoirs meet population demands. At the urban scale, environmental, economic, and social benefits are highlighted, such as cost reduction for water utility companies, decreased losses in the supply system, and stimulation of local economic development. The adoption of rainwater harvesting systems results in significant savings in potable water throughout the year, contributing to environmental sustainability and strengthening community resilience in the face of water crises. Sustainable policies and technical and financial support are recommended for the widespread use of rainwater harvesting systems in urban areas of the Brazilian semi-arid region. The study emphasizes the financial benefits, quality of life, and water security provided by rainwater harvesting.

Keywords: Using rainwater; Urban sustainability; Water fragility

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Ciclo da água no Brasil.....	23
Figura 2 -	Porcentagem média de consumo por atividade.....	32
Figura 3 -	Layout do programa computacional Netuno 4.0.....	40
Figura 4 -	Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.....	42
Figura 5 -	Fluxograma da metodologia.....	46
Figura 6 -	Mapa de localização do Município de Bananeiras – PB.....	47
Figura 7 -	Setorização da zona urbana de Bananeiras – PB.....	52
Figura 8 -	Volume total precipitado na cidade de Bananeiras entre os anos 2000 a 2022.....	59
Figura 9 -	Média mensal pluviométrica do período de 2000 a 2022.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Indicadores do Sistema de abastecimento de água.....	25
Tabela 2 -	Categorização das edificações consumidoras de água.....	30
Tabela 3 -	Desagregação do consumo residencial.....	31
Tabela 4 -	Reduções no consumo de água potável na Rodoviária do Plano Piloto em Brasília.....	36
Tabela 5 -	Distribuição municipal por faixa populacional – Brasil – 2019.....	48
Tabela 6 -	Índices Econômicos de Bananeiras.....	49
Tabela 7 -	Edificações excluídas.....	51
Tabela 8 -	Aplicação dos elementos estatísticos para definição das edificações representativas.....	54
Tabela 9 -	Coeficientes de Runoff.....	56
Tabela 10 -	Definição dos cenários.....	57
Tabela 11 -	Tabela para representação do volume de água potável economizada se houver a implantação de sistemas de captação da água de chuva para o consumo de 38,87 e 47,09 litros diários	61
Tabela 12 -	Cenários extremos do potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água de chuva com a substituição de 46% da água potável para fins não potáveis.....	63
Tabela 13 -	Simulações dos cenários para reservatório de 2000 litros com de substituição da água potável para fins não potáveis.....	64
Tabela 14 -	Demanda atual de água para fins não potável da cidade de Bananeiras-PB para o cenário mais crítico.....	66
Tabela 15 -	Total de área de cobertura na zona urbana de Bananeiras-PB....	67
Tabela 16 -	Volume médio mensal de chuva captada entre o período de 2000 a 2022.....	68
Tabela 17 -	Volume de água potável economizada se houver a implantação de sistemas de captação da água de chuva para o consumo de 38,87 e 47,09 litros diários.....	69
Tabela 18 -	Economia anual com a operação do sistema de abastecimento de água na região.....	70
Tabela 19 -	Economia Anual com a tarifa de água.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Estadual Executiva das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CAGEPA	Companhia de Águas e Esgoto da Paraíba
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais
IWA	International Water Association
NBR	Normas Brasileiras
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SAAC	Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva
SABESP	Sistema de Abastecimento de Água do Estado de São Paulo
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISAR	Sistema Integrado de Abastecimento Rural
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UNEP	United Nations Environment Programme

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	14
1.2	OBJETIVOS.....	16
1.2.1	Geral	16
1.2.2	Específicos	16
1.3	JUSTIFICATIVA.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	O DIREITO HUMANO À ÁGUA: UMA NECESSIDADE GLOBAL INQUESTIONÁVEL.....	19
2.2	PRESERVAÇÃO HÍDRICA: RUMO A UMA ADMINISTRAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS.....	20
2.2.1	Ciclo Urbano da água	21
2.2.2	Abastecimento de água	23
2.3	UTILIZAÇÃO DA ÁGUA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL.....	26
2.3.1	Utilização da água nas edificações: Uma Perspectiva Detalhada	29
2.4	IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	32
2.4.1	Desafios e Oportunidades Globais: A Economia de Água Potável Através do Aproveitamento da Chuva	35
2.5	RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA.....	37
2.6	PROGRAMA COMPUTACIONAL NETUNO.....	38
2.7	GEOPROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	41
2.8	IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS.....	42
3	METODOLOGIA	46
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	47
3.1.1	Dados econômicos	48
3.1.2	Dados de consumo de água	49
3.1.3	Descarte do escoamento inicial	50
3.2	TÉCNICAS AVANÇADAS DE GEOPROCESSAMENTO.....	50
3.2.1	Definição das edificações representativas	53
3.2.2	Agrupamento de Edificações e Determinação de Classes	54
3.2.3	Qualificação das coberturas	55
3.3	FORMULAÇÃO DOS CENÁRIOS.....	56
3.4	POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	57
3.4.1	Dados sobre a população	58
3.4.2	Dados pluviométricos	59
3.5	ANÁLISE AMPLIADA DOS IMPACTOS DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA EM ESCALA URBANA.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1	SIMULAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO PROGRAMA NETUNO.....	62
4.2	POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL.....	63
4.3	ÁREA DE COBERTURA TOTAL.....	67

4.3.1	Potencial de Aproveitamento da Água da chuva.....	68
4.3.2	Benefícios Ambientais e econômicos.....	69
4.4	SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	71
5	CONCLUSÃO.....	73
5.1	CONTRIBUIÇÕES PARA GESTÃO HÍDRICA URBANA.....	73
5.2	DESAFIOS URBANOS.....	74
5.3	RECOMENDAÇÕES PARA PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS.....	75
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICE.....	84

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A crise hídrica que assolou o Brasil entre 2013 e 2016, afetando significativamente 48 milhões de pessoas, constituiu um divisor de águas na consciência coletiva sobre a vulnerabilidade do país em relação à disponibilidade de água. Esse período crítico destacou a urgência em repensar a gestão dos recursos hídricos e buscar soluções sustentáveis para enfrentar os desafios crescentes relacionados à escassez hídrica (ANA, 2019).

Nesse contexto, a cidade de Bananeiras, situada no estado da Paraíba, compartilha a realidade comum a muitos municípios brasileiros, enfrentando uma séria crise hídrica. O agravamento desse cenário pode ser atribuído a fatores incontestáveis, como mudanças climáticas, alterações nos padrões de consumo da população, crescimento demográfico natural e sazonal.

A intensificação dos fenômenos climáticos extremos, como secas e estiagens mais frequentes, não apenas acentua a escassez de água, mas também ressalta a necessidade de abordar a gestão hídrica de maneira holística. A água, longe de ser apenas um recurso físico, desempenha um papel crucial nas dimensões sociais, culturais, econômicas e ambientais.

A batalha pela água sempre foi desafiadora, especialmente nas regiões sujeitas a secas recorrentes, como o Semiárido brasileiro. Desde 2012, fenômenos de seca e estiagem tornaram-se mais frequentes em diversas partes do Brasil, resultando em situações de emergência, principalmente no Nordeste e no Semiárido, onde a escassez de água é exacerbada (ANA, 2021).

A Conferência das Nações Unidas sobre a Água, em 1977, foi um marco fundamental no reconhecimento da importância da água como componente essencial às necessidades humanas. Esse reconhecimento impulsionou a elaboração de planos de ação global e nacional para assegurar a disponibilidade e qualidade adequadas desse recurso vital. No entanto, as realidades socioambientais e econômicas diversificadas do Brasil requerem abordagens específicas e inovadoras para a gestão sustentável da água (Silva; Heller, 2016).

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu normas importantes para

a gestão dos recursos hídricos no país. No entanto, a diversidade na disponibilidade hídrica, aliada às variações nas condições socioambientais, destaca a necessidade de buscar alternativas para a captação e uso eficiente da água, especialmente em regiões propensas a eventos climáticos extremos.

A introdução de sistemas para a coleta de água da chuva emerge como uma tática eficiente para lidar com a crescente carência de água e energia no contexto do desenvolvimento urbano sustentável (Ali, 2023). O sistema de captação de água de chuva, como descrito por Calheiros et al. (2014), envolve a coleta das águas pluviais das coberturas das edificações, direcionando-as para reservatórios após passarem por processos de filtragem e remoção de sólidos. A popularização das cisternas representa uma resposta prática e eficaz, especialmente em épocas de seca, proporcionando uma solução acessível à população (Silva et al., 2021).

Como principal matéria-prima para vários setores da economia, a água requer esforços para captação, tratamento e distribuição eficientes. A utilização da água de chuva se destaca como uma estratégia importante no combate à insegurança hídrica, oferecendo uma fonte alternativa durante períodos de escassez (Funasa, 2006).

Em meio a essa conjuntura, é crucial investir na ampliação do conhecimento sobre a preservação da água para evitar que esse recurso se torne ainda mais escasso em diferentes regiões (May, 2004). A factibilidade do uso da água de chuva, quando captada e armazenada corretamente, resulta na economia de água potável, na redução de enchentes, na diminuição de perdas nos sistemas e na preservação da dignidade da população. A viabilidade do potencial de coleta de água da chuva está diretamente ligada à quantidade sustentável de água da chuva real acessível (Yao, 2022)

A preservação da água torna-se, portanto, uma prioridade incontestável. Investir no aumento do conhecimento sobre estratégias sustentáveis para preservar e utilizar de maneira eficiente esse recurso é essencial. Além dos benefícios diretos, como a economia de água potável e a redução de enchentes, a implementação de sistemas de captação de água de chuva contribui para a preservação da dignidade da população, principalmente em áreas urbanas.

Na exploração da água da chuva, é viável reconhecer uma série de benefícios, como a diminuição na necessidade de água para atividades menos prioritárias e a mitigação do impacto da escassez de água na região, o que contribui para a redução

de enchentes, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas (Castro et al., 2021).

O presente estudo concentra-se especificamente no aproveitamento da água de chuva nas áreas urbanas, onde a demanda por água é elevada e a pressão sobre os sistemas hídricos é significativa. Ao considerar a crescente urbanização e a consequente expansão das demandas por água, é crucial explorar soluções inovadoras que possam aliviar a pressão sobre os recursos hídricos convencionais.

No âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030, este estudo contribui diretamente para metas específicas, como a assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento (ODS 6), o desenvolvimento de cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11) e a promoção do consumo e produção sustentáveis (ODS 12). Reconhecendo a interconexão entre esses objetivos, a pesquisa busca integrar soluções que abordem não apenas a escassez hídrica imediata, mas também promovam um desenvolvimento urbano sustentável a longo prazo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Analisar o potencial de aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis na zona urbana do município de Bananeiras-PB, com o intuito de propor estratégias sustentáveis e eficazes que contribuam significativamente para a redução da demanda de água potável proveniente do sistema de abastecimento convencional. Além disso, pretende-se compreender os impactos ambientais, sociais e econômicos dessa alternativa, visando a promoção de práticas mais responsáveis e resilientes no gerenciamento hídrico urbano.

1.2.2 Específicos

a) Realizar uma análise quantitativa e qualitativa detalhada das coberturas das edificações do município de Bananeiras-PB, por meio de técnicas avançadas de geoprocessamento;

Este objetivo busca não apenas quantificar e qualificar as coberturas, mas

também compreender as variações espaciais e características específicas que influenciam o potencial de captação de água de chuva.

b) Avaliar o potencial de captação de água da chuva por meio de sistemas de aproveitamento em edificações representativas.

Este objetivo específico visa não apenas identificar o potencial de captação, mas também compreender como a coleta de água da chuva pode trazer benefícios à população.

c) Quantificar a redução no consumo de água potável por meio da implementação de sistemas de captação de água da chuva.

Este objetivo específico busca determinar a economia de água potável que pode ser alcançada por meio da implementação de sistemas de captação de água da chuva. A dissertação pretende quantificar os benefícios econômicos e ambientais decorrentes da adoção desses sistemas no contexto urbano de Bananeiras-PB.

1.3 JUSTIFICATIVA

A cidade de Bananeiras, no estado da Paraíba, encontra-se diante de uma crise hídrica alarmante, resultado de uma série de fatores incontestáveis. O rápido crescimento imobiliário e turístico nos últimos anos, marcado pela instalação de condomínios residenciais de alto padrão e pela consolidação de restaurantes renomados na rota gastronômica do estado, impôs uma significativa pressão sobre os recursos ambientais locais. Embora esse desenvolvimento tenha impulsionado a economia, sua contrapartida foi a acentuação da crise hídrica.

Historicamente, Bananeiras depende do manancial superficial Canafístula II como fonte primária de abastecimento para as populações urbanas de Bananeiras e Solânea. Ao longo do tempo, esse manancial ficou sobrecarregado, resultando em anos de racionamento de água. Em setembro de 2021, a situação atingiu um ponto crítico, levando a concessionária local a interromper o abastecimento na região e a buscar alternativas para amenizar a escassez hídrica.

A solução inicial adotada pelo governo municipal, em parceria com a concessionária de água, foi a instalação de reservatórios abastecidos por caminhões-pipa ou poços na área urbana do município. No entanto, essa medida representou um retrocesso no sistema de abastecimento, uma vez que a população passou a

dependem da busca manual de água em baldes, enfrentando filas e incerteza quanto à disponibilidade do recurso.

Diante desse cenário de crise hídrica e das limitações das soluções temporárias adotadas, torna-se evidente a necessidade urgente de explorar os recursos naturais de forma mais sustentável. Nesse contexto, o aproveitamento da água de chuva para consumo humano emerge como uma alternativa promissora e viável, capaz não apenas de mitigar os impactos da escassez hídrica, mas também de promover uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos naturais do município. Essa abordagem não apenas se apresenta como uma solução pragmática, mas também como um passo crucial em direção à resiliência e sustentabilidade no enfrentamento da crise hídrica em Bananeiras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DIREITO HUMANO À ÁGUA: UMA NECESSIDADE GLOBAL INQUESTIONÁVEL

A água, essencial para a vida e a dignidade humana, transcende sua natureza como uma simples necessidade básica; é um direito inalienável que merece reconhecimento e proteção em todas as nações. O reconhecimento normativo formal desse direito, como destacado por Aith e Rothbarth (2015), representa o primeiro passo crucial. No entanto, sua eficácia depende do esforço coletivo da população e dos governos para traduzir esse reconhecimento em ações tangíveis.

Em 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas, após rejeições anteriores, finalmente reconheceu, em conjunto com o Conselho de Direitos Humanos, o direito humano à água e saneamento (Brown et al., 2016). A Resolução 64/292 estabeleceu que o acesso à água potável e saneamento básico é essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos.

Esse reconhecimento não se limita a uma mera declaração; ele impõe obrigações aos Estados. A gestão responsável da água pelo Estado, a preservação de nascentes e o acesso à água potável representam extensões naturais dos direitos humanos, conforme expressos na Constituição Federal de 1988 do Brasil, como indicado por Aith e Rothbarth (2015).

Como destaca Miranda (1998), os direitos representam bens protegidos pelo Estado e pela sociedade, e as garantias visam assegurar a fruição desses bens. No contexto do direito humano à água no Brasil, isso se traduz em deveres estabelecidos, como a gestão responsável das águas nacionais e a implementação das políticas nacionais de recursos hídricos e saneamento básico.

Entretanto, a realidade global, conforme indicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), ainda revela desafios significativos. Milhões de pessoas continuam sem acesso a fontes de água confiáveis, principalmente em áreas de vulnerabilidade social, evidenciando a persistência das desigualdades (Salle et al., 2019).

As legislações nacionais, como a Lei nº 11.445/2007, conhecida como a Lei do Saneamento Básico, representam uma tentativa de responder a esses desafios.

Essa legislação estabelece diretrizes fundamentais para o saneamento básico no Brasil, abrangendo temas como abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais.

No dia 4 de abril de 2023, uma significativa mudança legislativa ocorreu com a promulgação da Lei nº 14566/23. Essa legislação, ao alterar as disposições relacionadas ao Saneamento Básico, confere à administração federal a responsabilidade crucial de fomentar a utilização de águas pluviais e a reutilização não potável das águas cinzas. Esse marco regulatório estabelece diretrizes específicas que visam não apenas otimizar o uso desses recursos hídricos, mas também promover práticas sustentáveis em diversas esferas, incluindo novas construções e uma variedade de atividades como paisagismo, agricultura, silvicultura e setores industriais.

Dessa forma, a Lei nº 14566/23 representa não apenas uma mudança normativa, mas também um impulso significativo em direção a uma abordagem mais resiliente, eficiente e ecologicamente equilibrada na gestão dos recursos hídricos no país. A implementação bem-sucedida dessas disposições exigirá colaboração entre os setores público e privado, além de uma conscientização generalizada sobre a importância dessas práticas para a construção de um futuro sustentável.

Assim, assegurar o direito humano à água não é apenas uma questão legal, mas uma manifestação de solidariedade global. Conforme destacado pelos autores citados, representa um compromisso coletivo em construir um mundo onde a água seja compartilhada de maneira justa e sustentável, promovendo a igualdade e preservando a dignidade de cada ser humano. Nesse sentido, a discussão sobre as soluções práticas e ações concretas para superar os desafios globais se torna ainda mais crucial no caminho rumo a um futuro mais equitativo e sustentável.

2.2 PRESERVAÇÃO HÍDRICA: RUMO A UMA ADMINISTRAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS

Ao analisarmos a presença da água no planeta, é crucial compreender que a mesma quantidade de água existe desde os primórdios da Terra, não sendo possível fabricá-la e nem ser provinda de outros planetas. A preservação desse recurso precioso está intrinsecamente ligada ao seu uso consciente, e o desequilíbrio

decorrente de seu mau uso afeta fontes que, aparentemente, são inesgotáveis (Janine, 2010; Da Silva Brito; Oliveira da Silva; De Oliveira Silva, 2019).

A água, sendo a principal matéria-prima de diversos setores econômicos, destaca-se pela necessidade de aprimorar métodos de captação, tratamento e distribuição. A complexa tarefa de compatibilizar interesses e finalidades nesse contexto não é trivial, pois frequentemente esses interesses são conflitantes.

Historicamente, a gestão convencional da água nas áreas urbanas se pautou por uma divisão em três categorias distintas: abastecimento de água, tratamento de águas residuais e manejo das águas pluviais. Essa abordagem, ao fragmentar a gestão hídrica, impõe desafios na formulação de estratégias sustentáveis. Além disso, há o risco de desperdício de recursos públicos (Leitão, 2014).

Diante desse cenário, é imprescindível repensar as práticas tradicionais e buscar abordagens mais integradas, capazes de otimizar o ciclo urbano da água e promover uma gestão mais eficiente e sustentável desse recurso vital.

2.2.1 Ciclo Urbano da água

A gestão eficaz do ciclo urbano da água é essencial para promover comunidades urbanas resilientes, ambientalmente conscientes e capazes de enfrentar os desafios futuros relacionados à água. A integração de práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras é fundamental para assegurar um ciclo urbano da água equilibrado e eficiente contribuindo para o desenvolvimento das cidades e melhorias na qualidade de vida (Verde et al., 2014).

A Gestão Integrada do Ciclo Urbano da Água busca inovar nas abordagens de gerenciamento hídrico, buscando eliminar as fronteiras entre as três áreas de atuação no setor da água, com o objetivo de aprimorar a eficiência no uso desse recurso (Leitão, 2014).

Conforme estabelece a Lei nº 11445/2007 com sua atualização na Lei nº 14026/20, o ciclo urbano da água representa o conjunto de processos pelos quais a água é gerida e utilizada em ambientes urbanos, abrangendo a captação, distribuição, consumo, coleta, tratamento e disposição final. Este ciclo é vital para garantir o abastecimento de água potável, bem como o tratamento adequado das águas residuais, promovendo a sustentabilidade e a saúde pública nas áreas urbanas.

a) Captação

O ciclo urbano da água começa com a captação de recursos hídricos, diversas formas de abastecimento de água coexistem, incluindo a rede geral, poços, nascentes e reservatórios abastecidos por água das chuvas, carro-pipa, seja de fontes superficiais, como rios e represas, ou subterrâneas, por meio de poços. Essa fase é crucial para garantir a disponibilidade de água para a população urbana. (IBGE, 2010).

b) Distribuição

Após a captação, a água é tratada em estações de tratamento e distribuída por uma extensa rede de tubulações até chegar às residências, indústrias e estabelecimentos comerciais. Essa fase exige uma infraestrutura eficiente para garantir o fornecimento constante e a qualidade da água (ANA,2019).

c) Consumo

A água distribuída é consumida pelas atividades cotidianas, como o abastecimento doméstico, irrigação, processos industriais e outros usos. O gerenciamento eficaz do consumo é crucial para evitar desperdícios e promover práticas sustentáveis. No contexto global, as políticas públicas incentivam setores como indústria, agricultura e comércio, impactando diretamente o aumento do consumo de água, energia e alimentos. No Brasil, esses setores favorecidos tiveram avanços significativos nas últimas duas décadas, acompanhados de uma crescente pressão sobre os recursos naturais (Targa; Batista, 2015).

d) Coleta

Após o uso, as águas residuais, que podem ser provenientes de residências, indústrias e áreas urbanas, são coletadas por sistemas de esgoto e encaminhadas para estações de tratamento de esgoto (ANA,2019).

e) Tratamento

As águas residuais passam por processos de tratamento nas estações específicas, onde são removidos poluentes e contaminantes. Esse tratamento visa devolver a água ao ambiente de maneira segura e minimizar impactos ambientais (ANA,2019).

A água tratada é então devolvida ao meio ambiente, muitas vezes em corpos hídricos como rios ou oceanos. Esse processo fecha o ciclo, permitindo que a água seja novamente captada e utilizada, promovendo a sustentabilidade e reduzindo a pressão sobre novas fontes, de acordo com a Figura 1.

. O ciclo urbano da água enfrenta desafios significativos, como o aumento da demanda, eventos climáticos extremos, poluição e infraestrutura obsoleta, sendo a oferta de água de boa qualidade uma medida preventiva crucial, resultando em economia de recursos financeiros e redução de ocorrências sanitárias (Tsutiya, 2006; Verde et al., 2014).

Figura 1 - Ciclo da água no Brasil



Fonte: Adaptação da ANA, 2020

2.2.2 Abastecimento de água

O início da distribuição de água no Brasil para as residências remonta à segunda metade do século XIX, coincidindo com o fim do tráfico negreiro em 1850. Esses eventos estão intrinsecamente ligados, uma vez que a mão de obra escrava

era responsável por transportar água dos chafarizes e poços até as residências. Com a escassez desse recurso, as autoridades viram-se obrigadas a instalar penas d'água nas casas (Almeida, 2010; Britto, Quintslr, 2017).

Na Paraíba, o início do abastecimento de água coincide com o início da colonização portuguesa no Estado. O primeiro manancial público foi um chafariz construído em 1599, localizado no sítio do Padre João Vaz Salem, onde hoje se encontra o Mosteiro de São Bento. A primeira rede de abastecimento do Estado foi erguida em 1922, na cidade de João Pessoa, capital paraibana (Cagepa, 2022).

Os sistemas de abastecimento são classificados em quatro categorias, de acordo com a população atendida, e devem seguir preceitos homogêneos em planejamento e execução (Funasa, 2014).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021), no Brasil, 3.125 mananciais superficiais são usados como fonte de abastecimento, totalizando 4.063 pontos de captação. A predominância de mananciais superficiais é observada em 70% das sedes urbanas de alguns estados, enquanto outros, como São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, dependem mais de água subterrânea.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020) revela que, dos 5.570 municípios brasileiros, 96,1% estão presentes no sistema, atendendo a uma população de 211,8 milhões de habitantes. A eficácia total dos sistemas de produção de água é de 750,1 m³/s, atendendo a 7.828 sistemas distribuídos pelo país.

O índice de atendimento total de água varia nas regiões do Brasil, alcançando uma média nacional de 84,1%. O Índice de Segurança Hídrica Urbana revela que 68% da população urbana brasileira vive com segurança hídrica de média a baixa, devido a fragilidades nas fontes e/ou na distribuição da água (ANA, 2021).

No contexto específico da Paraíba, o SNIS (2015) indica que 38% dos municípios têm abastecimento satisfatório, 32% necessitam da ampliação do manancial e 30% requerem um novo manancial. Um exemplo, a cidade de Bananeiras, com 16.658 habitantes, enfrenta desafios significativos, como a falta de política municipal de saneamento, deixando parte da população sem acesso a informações sobre esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais (Instituto Água e Saneamento, 2023).

O consumo per capita de água é um indicador complexo, influenciado por fatores sociais, ambientais e econômicos. O cálculo desse padrão no Brasil é

desafiador devido às diversas interferências presentes (Funasa, 1991; Tsutiya, 2005; Matos, 2007).

As perdas na distribuição de água, segundo a Sabesp (2022), correspondem à diferença entre o volume de entrada e a soma dos volumes do consumo autorizado dos imóveis dos clientes, conforme Tabela 1 pode-se verificar o percentual de perdas na distribuição do Brasil, Nordeste, Paraíba e Bananeiras. Essas perdas, que podem ser atribuídas a vazamentos, ligações clandestinas e falta de manutenção do sistema, impactam diretamente o balanço hídrico e contribuem para a insegurança hídrica, um dos desafios enfrentados no setor (ANA, 2021).

Tabela 1 - Indicadores do Sistema de abastecimento de água

Estado/ Macrorregião	CONSUMO PER CAPITA (l/hab/dia)	ATENDIMENTO URBANO (%)	PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO (%)
BRASIL	152,13	93,35	40,14
NORDESTE	120,31	89,66	46,28
PARAÍBA	102,36	92,41	38,24
BANANEIRAS	84,5	54,02	43,26

Fonte: SNIS 2020.

O crescimento populacional impõe a necessidade da implementação de sistemas de abastecimento público de água, sendo um desafio manter baixos índices de perdas ou perdas nulas (Stephens, 2002; Carvalho, 2004).

A distribuição dos recursos hídricos à população no Brasil é compartilhada entre a Administração Pública Direta, Autarquias, empresas privadas, sociedade de economia mista, Empresa Pública e Organizações Sociais. Em 2020, foram investidos aproximadamente R\$6,02 bilhões em sistemas de água, representando um crescimento de 4,32% em relação a 2019 (ANA, 2021).

Para a Paraíba, a Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) indica a necessidade de investimentos aproximados de R\$2,4 bilhões até 2035 para garantir o atendimento completo das sedes urbanas do estado. Desses, cerca de 83% seriam destinados aos sistemas de produção, enquanto os 17% restantes contemplariam melhorias nos sistemas de distribuição de água.

Essas projeções refletem um compromisso essencial com a segurança hídrica das comunidades, visando a melhoria da qualidade de vida e o desenvolvimento

sustentável. O acesso à água é uma prioridade que transcende as fronteiras, exigindo esforços contínuos e investimentos estratégicos para superar desafios presentes e futuros.

É imperativo que tais investimentos não apenas atendam às demandas quantitativas, mas também garantam a preservação e recuperação das fontes hídricas, promovendo práticas sustentáveis e equilibradas.

Portanto, ao olhar para o futuro, é vital manter um compromisso coletivo com a promoção de sistemas de abastecimento de água eficazes, inclusivos e sustentáveis. O cuidado com esse recurso precioso é essencial para garantir um futuro melhor para as gerações vindouras e para construir comunidades resilientes diante dos desafios ambientais e sociais que se apresentam.

2.3 UTILIZAÇÃO DA ÁGUA: DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL

O uso múltiplo da água dos mananciais evidencia o abuso máximo das bacias hidrográficas, muitas vezes em desacordo com as necessidades prioritárias, como o consumo humano (Augusto et al., 2012). Essa utilização desigual reflete-se nos resultados obtidos nos corpos hídricos, variando de acordo com cada finalidade de uso (Borsoi; Torres, 1997).

A escassez crescente da água, devido aos seus usos múltiplos e à sua subordinação à sociedade e aos ecossistemas, provoca impactos significativos. Isso transforma a trajetória desse recurso vital até as pessoas em uma jornada onerosa, especialmente devido às grandes distâncias percorridas (Lanna, 2008).

No contexto global, as políticas públicas incentivam setores como indústria, agricultura e comércio, impactando diretamente o aumento do consumo de água, energia e alimentos. No Brasil, esses setores favorecidos tiveram avanços significativos nas últimas duas décadas, acompanhados de uma crescente pressão sobre os recursos naturais (Targa; Batista, 2015).

As atividades agropecuárias e industriais destacam-se como as principais demandantes de água, tornando evidente a necessidade de buscar novas fontes de abastecimento para mitigar esse problema. O reúso de água e a captação da água da chuva são alternativas que, quando aplicadas de maneira eficaz, promovem uma

significativa economia de água potável destinada aos usos prioritários (May, 2004).

Conforme a ANA (2019), o Brasil, um país vasto e rico em recursos hídricos, enfrenta desafios consideráveis na gestão da água potável, especialmente em meio a um cenário global de crescente escassez e preocupações ambientais. Diversos setores são identificados como os principais consumidores de água potável no país, cada um desempenhando um papel significativo no panorama do uso sustentável desse recurso vital.

A distribuição do uso da água no país é diversificada, com 49,8% destinados à irrigação, 24,3% ao consumo humano urbano, 9,7% à indústria, 8,4% ao uso animal, 4,5% nas termelétricas, 1,7% na mineração e 1,6% ao consumo humano rural, totalizando aproximadamente 65 trilhões de litros por ano (ANA, 2019).

a) Agricultura:

A agricultura é historicamente reconhecida como o setor de maior consumo de água no Brasil. A irrigação de culturas demanda volumes expressivos desse recurso, sendo fundamental para a produção de alimentos. A modernização da agricultura e o aumento da eficiência no uso da água são desafios que visam equilibrar a necessidade de produção agrícola com a preservação dos recursos hídricos.

A agricultura irrigada, principalmente no setor privado, representa a maior pressão sobre as disponibilidades hídricas brasileiras, especialmente em áreas localizadas no semiárido. Embora existam perdas significativas devido à evapotranspiração nos sistemas agrícolas, há uma predominância de áreas irrigadas no setor privado, atingindo cerca de 160 mil hectares (Lanna, 2008).

Contrastando com climas temperados, como o da Grã-Bretanha, onde o consumo de água na agricultura representa apenas 3% (Rattner, 2013; Augusto et al., 2012), o Brasil enfrenta um cenário mais desafiador.

b) Indústria:

O setor industrial também representa uma fatia considerável no consumo de água potável. Diversos processos industriais dependem da água para operar, seja como componente direto nos procedimentos de fabricação ou para fins de resfriamento. A busca por práticas mais sustentáveis e tecnologias de reuso é essencial para mitigar o impacto desse setor sobre os recursos hídricos.

O consumo industrial de água envolve diversos fatores, desde tecnologias empregadas até as perdas em cada setor. Algumas indústrias possuem baixa

demanda e podem ser supridas pela rede pública ou poços profundos, enquanto outras, como as cervejeiras, têm alta demanda, tanto na produção quanto no descarte de seus efluentes (Borsoi; Torres, 1997).

c) Abastecimento Urbano:

O consumo residencial e comercial, ligado ao abastecimento urbano, é uma parcela significativa do uso de água potável. O crescimento populacional, aliado a padrões de consumo muitas vezes não sustentáveis, destaca a importância da conscientização e da implementação de tecnologias eficientes nas áreas urbanas (Instituto Trata Brasil, 2023).

d) Geração de Energia:

A produção de energia, especialmente por meio de usinas hidrelétricas, também representa uma demanda considerável de água. O Brasil tem uma matriz energética em grande parte baseada em recursos hídricos, tornando a gestão integrada entre a produção de energia e a conservação da água uma prioridade estratégica (Tundisi, 2008).

e) Saneamento Básico:

O setor de saneamento básico, responsável pelo tratamento de água e gestão de resíduos, desempenha um papel crucial na preservação da qualidade da água. Investimentos nesse setor são essenciais para garantir o acesso universal a serviços de água potável e saneamento, contribuindo para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental (Instituto Trata Brasil, 2023).

O desafio para o Brasil é encontrar um equilíbrio sustentável entre as demandas crescentes desses setores e a necessidade de preservar os recursos hídricos. Iniciativas que promovam o uso eficiente da água, o reúso, a preservação de mananciais e a conscientização da população são fundamentais para garantir um futuro onde a água potável seja acessível a todos, sem comprometer a integridade dos ecossistemas aquáticos.

Cada uso específico deve respeitar condições específicas de quantidade e qualidade, priorizando o consumo humano e a dessedentação animal. Assim, atividades como abastecimento humano, aquicultura e pesca exigem um alto padrão de qualidade da água, enquanto abastecimento industrial e irrigação demandam um padrão médio, e geração de energia e navegação podem utilizar água de qualidade mais baixa (Borsoi; Torres, 1997).

2.3.1 Utilização da água nas edificações: Uma Perspectiva Detalhada

A análise minuciosa da demanda de água e dos serviços básicos em residências é de extrema importância, pois reflete não apenas o conforto, mas também a vulnerabilidade associada a essa essencial fonte de vida (Galvez; Mariel; Hoyos, 2016). Diversos fatores influenciam a demanda de água em uma população, incluindo padrões culturais, condições de renda e localização geográfica, sendo observado que populações urbanas geralmente consomem mais água em comparação às rurais (Borsoi; Torres, 1997).

Países desenvolvidos estão cada vez mais interessados em implementar sistemas de aproveitamento de água de chuva, reconhecendo-a como recurso fundamental para o desenvolvimento sustentável (May, 2004). A água destinada ao uso doméstico abrange diversas atividades essenciais, como preparo de alimentos, ingestão, higiene pessoal, limpeza doméstica e descargas sanitárias. Além dessas funções primárias, seu papel se estende ao transporte de resíduos e materiais sólidos, à limpeza automática das canalizações e à formação do fecho hídrico nos aparelhos sanitários, prevenindo a liberação de gases no interior das residências (Cardão, 1985; Tsutiya, 2005; Matos, 2007).

A problemática do consumo doméstico de água torna-se ainda mais acentuada no cenário brasileiro, onde aproximadamente 16% da preciosa reserva de água doce disponível é direcionada para atender às demandas residenciais. Diante desse cenário, torna-se imperativo explorar alternativas inovadoras para mitigar a escassez hídrica que afeta muitas regiões do país. Nesse contexto, a captação de água da chuva emerge como uma solução viável e sustentável.

A prática de captar a água pluvial, como proposta por estudiosos renomados como Helmreich e Horn (2009) e Rupp, Munarim e Ghisi (2011), ganha relevância ao oferecer uma alternativa eficaz para reduzir a pressão sobre as fontes tradicionais de abastecimento. A água da chuva, abundante em determinadas épocas e regiões, pode ser capturada e utilizada para suprir necessidades domésticas, aliviando a demanda sobre as reservas hídricas existentes.

Tomaz (2000) destaca que o consumo de água em edificações pode ser setorizado, considerando categorias como residencial, comercial, industrial e público, além de se dividir entre usos internos e externos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Categorização das edificações consumidoras de água

Categorias	Descrição	Uso da água
Residencial	Unifamiliar	Uso interno/externo
	Multifamiliar	Uso interno/externo
Comercial	Restaurantes, Hospitais e Serviços de Saúde, Hotéis, Lavanderias, Autoposto e Lava- rápidos, Clubes Esportivos, Bares, Lanchonetes e Lojas	Uso interno/externo
Industrial	Indústrias Químicas e produtos afins, Metalúrgica Básica, Indústria de papeis, alimentação, equipamentos eletrônicos e elétricos, transportes, e indústrias têxteis.	Uso interno/externo
Público	Edifícios Públicos, Escolas, Parque Infantil, Prédios de Unidades de Saúde Pública, Paço Municipal, Cadeia Pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais.	Uso interno/externo

Fonte: Adaptação Maddaus 1987; Tomaz, 2000.

A ausência de um substituto viável para a água, somada às tarifas relativamente baixas, acaba por não exercer um impacto significativo nos custos percebidos pelos usuários. No entanto, é preciso atentar para o fato de que, à medida que o número de habitantes em edificações e a renda familiar aumentam, essa conjuntura propicia uma inclinação ao uso mais intensivo de eletrodomésticos, resultando em um crescimento notável no consumo de água potável (Zaragosa et al., 2004; Gálvez; Mariel; Hoyos, 2016).

A dinâmica observada, conforme evidenciado por estudos anteriores, aponta para uma correlação direta entre o aumento da população em residências e o incremento na renda familiar, e a intensificação do uso de dispositivos elétricos. Esse fenômeno, por sua vez, impulsiona a demanda por água potável, à medida que os eletrodomésticos, muitos dos quais são essenciais para o conforto e as atividades diárias, requerem um suprimento contínuo desse recurso.

O consumo de água potável destinada a fins não potáveis nas residências brasileiras, conforme indicado por estudos, não excede 50% do consumo total (Bressan; Martini; 2005). Para uma compreensão mais aprofundada da demanda residencial, torna-se crucial adotar uma abordagem que analise a desagregação da quantidade de água em diversos usos, uma prática já consolidada em países desenvolvidos com o intuito de otimizar o gerenciamento hídrico. A Tabela 3 fornece

uma visão detalhada dessa desagregação, permitindo uma análise mais refinada dos padrões de consumo.

Tabela 3 - Desagregação do consumo residencial.

Consumo interno numa residência	Consumo			
	EUA (%)	DINAMARCA (%)	BUENOS AIRES (%)	ALEMANHA (%)
ALIMENTAÇÃO	0	5	2	
HIGIENE PESSOAL	0	10	12	
BACIA SANITÁRIA	35	20	32	27
LAVAGEM DE ROUPA	22	15	20	12
CHUVEIRO	18	0	0	36
TORNEIRAS	13	0	0	
BANHOS	10	20	12	
LAVAGEM DE PRATOS	2	20	0	10
LAVAGEM DE CARRO, JARDIM, OUTROS	0	10	20	15
TOTAL	100	100	100	100

Fonte: Tomaz, 2000; Rocha et al., 2009 (adaptação)

Observa-se que, ao segmentar o consumo de água potável em diferentes categorias de uso, é possível identificar áreas específicas que demandam uma proporção significativa do recurso. Isso não apenas possibilita uma compreensão mais holística do panorama hídrico residencial, mas também abre oportunidades para a implementação de estratégias direcionadas a setores específicos que apresentam potencial para redução do consumo.

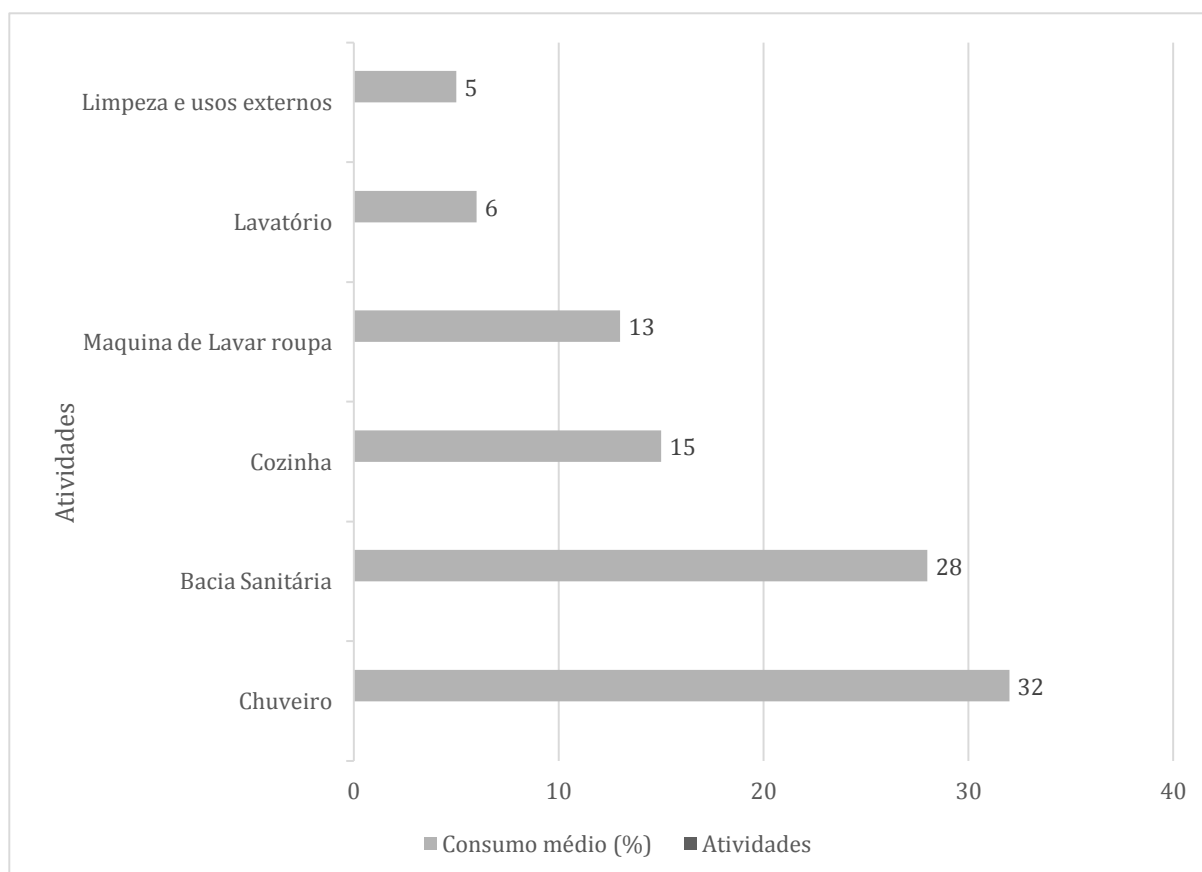
Dessa forma, a desagregação do consumo de água potável emerge como uma ferramenta valiosa no planejamento de estratégias direcionadas, proporcionando uma base sólida para a promoção da eficiência hídrica e a implementação de medidas focadas nas necessidades específicas de cada categoria de uso em residências.

A análise detalhada do uso da água potável em residências é crucial para avaliar a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva e suas aplicações (Sant'ana; Boeger; Monteiro, 2013).

A Figura 2 destaca o consumo médio total desagregado nas residências brasileiras nos últimos anos, evidenciando que o vaso sanitário e o chuveiro lideram

o consumo de água nessas estruturas (Borgert, 2022).

Figura 2 - Porcentagem média de consumo por atividade



Fonte: Baseado em Ghisi e Oliveira (2007); Ghisi e Ferreira (2007); Vieira (2012); Marinoski et al. (2014); Ghisi, Thives e Meinheim (2017); Maykot e Ghisi (2020); Hammes, Ghisi e Thives (2020); Borgert (2022).

Esse panorama abrangente reforça a necessidade de estratégias sustentáveis e equitativas na gestão desse recurso vital, especialmente em um contexto de crescente demanda e escassez de água.

2.4 IMPORTÂNCIA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O aproveitamento da água de chuva emerge como uma estratégia inovadora e essencial para enfrentar os desafios crescentes relacionados à gestão hídrica. A crescente conscientização sobre a importância da sustentabilidade impulsiona a busca por alternativas que não apenas conservem os recursos hídricos, mas também reduzam a pressão sobre as fontes convencionais de abastecimento (Gonçalves;

Silva, 2015; Ribeiro, 2015). Diversos estudos científicos atestam a viabilidade de substituir a água potável por água de chuva para atender às demandas não potáveis nas edificações. O potencial de economia de água potável varia de acordo com o tipo de edificação, a cobertura e o padrão de consumo, revelando-se notavelmente expressivo em algumas situações (Borgert, 2022).

Apesar das evidências favoráveis, há um desafio significativo na relação entre a sociedade e o meio técnico: é necessário desmitificar a ideia de que a solução para os problemas hídricos está na construção de grandes obras de arte hídricas para atender a uma demanda em constante crescimento, muitas vezes em regiões distantes (Rebouças, 2004). A aplicação de sistemas de aproveitamento de água da chuva, tanto em áreas urbanas quanto rurais, emerge como uma tática descentralizada de autogestão dos recursos hídricos, resultando em economia de água potável e redução da demanda (Sant'ana; Boeger; Monteiro, 2013).

Conforme a ABNT NBR 15527:2019, água de chuva é definida como a proveniente de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas ou telhados, onde não há circulação de pessoas, veículos ou animais. Nota-se, entretanto, que, na maioria dos estudos sobre o aproveitamento da água de chuva, as análises tendem a se concentrar em aspectos econômicos ou técnicos, enquanto o impacto ambiental muitas vezes é subavaliado (Marinoski; Ghisi, 2017).

A prática de captar água de chuva remonta aos primórdios da humanidade, sendo aplicada tanto em áreas urbanas quanto rurais (Queiroz Paiva; DE Souza, 2021). O primeiro sistema de aproveitamento de água de chuva no Brasil surgiu em 1943, na ilha de Fernando de Noronha, implantado pelo Exército dos Estados Unidos, e permanece em funcionamento até os dias atuais, atendendo a diversas finalidades, incluindo o consumo humano (Ghanayem, 2001; Peters, 2006; Moraes, 2015). Em Brasília, estudos indicam que a eficácia do uso da água da chuva é limitada pelas características tipológicas das edificações, sugerindo que, à medida que a área de captação aumenta, o volume ideal da cisterna diminui (Sant'ana; Boeger; Monteiro, 2013).

A ABNT NBR 15527:2019 normatiza o aproveitamento de água pluvial de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, abrangendo usos como descargas em bacias sanitárias, irrigação, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, entre outros. Para a utilização em outros fins é necessária a água atingir parâmetros

de qualidade específicos para cada finalidade. É observado que, embora os sistemas de utilização da água de chuva tenham aumentado consideravelmente em áreas urbanas, atuando como fonte alternativa de abastecimento e contribuindo para mitigar problemas relacionados à escassez hídrica, há uma lacuna na conscientização ambiental (Maia; Santos; Oliveira Filho, 2011).

O conhecimento aprofundado sobre captação e gestão da água de chuva surge como uma oportunidade técnica para interceptar e utilizar esse recurso no próprio local de precipitação, disponibilizando-o quando necessário sem requerer consumo adicional de energia (Brito et al., 2015; Freires et al., 2019). A coleta e uso da água da chuva emergem como uma solução eficaz para problemas de abastecimento urbano (Wang et al., 2010; Dalpaz et al., 2019).

O aproveitamento de águas da chuva oferece benefícios significativos nas esferas financeira, social e ambiental. Além de promover o reuso de águas que, de outra forma, seriam descartadas no ambiente, resulta na redução das tarifas de água, especialmente benéfico para populações afetadas por secas ou escassez hídrica. Ademais, contribui para a mitigação do consumo de água potável, sendo um recurso ambiental valioso que deve ser preservado (Pinheiro; Araújo, 2017). A aplicação de águas pluviais no meio urbano favorece a economia de água tratada do sistema convencional, uma vez que supre uma parte do consumo doméstico, comercial, público e industrial (Maia; Santos; Oliveira Filho, 2011).

O aproveitamento e a captação da água de chuva em propriedades vêm se consolidando como uma das opções mais benéficas para a conservação de água, oferecendo um método seguro e confiável (de Sousa, 2021). O aproveitamento de água da chuva contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a pressão sobre as fontes tradicionais de água. Ao coletar a água da chuva para usos não potáveis, como irrigação de jardins, descargas de vasos sanitários e limpeza de áreas externas, diminui-se a demanda sobre os sistemas de abastecimento convencional (Regina et al., 2020).

O sistema de tratamento de água da chuva é notavelmente simples, pois a água da chuva contém menos poluentes do que a água cinza, por exemplo. Esse sistema compreende a área de captação, um processo de tratamento e o local de armazenamento (Dapaz et al., 2019). Desenvolvimentos voltados à água envolvem estratégias de conservação e retenção de águas da chuva, implementadas em

loteamentos urbanos ou em níveis de agrupamento para reduzir custos de infraestrutura e minimizar a degradação ambiental dos ambientes aquáticos (Coombes; Argue; Kuczera, 2000).

Para prevenir a escassez de água, o Brasil deve implementar programas que promovam a captação de água da chuva. Enquanto a precipitação média no mundo é de 760mm, o Brasil recebe aproximadamente 1443mm anualmente (Ghisi, 2006). É imperativo reconhecer que o aproveitamento da água de chuva não apenas representa uma solução para a crescente demanda, mas também uma medida essencial para a conservação desse recurso tão vital. Em um cenário global de mudanças climáticas e crescente escassez hídrica, a promoção e implementação de práticas sustentáveis, como o aproveitamento da água de chuva, tornam-se fundamentais para garantir a segurança hídrica e o equilíbrio ambiental.

2.4.1 Desafios e Oportunidades Globais: A Economia de Água Potável Através do Aproveitamento da Chuva

A análise de experiências em diferentes partes do mundo revela que o aproveitamento da água de chuva não apenas contribui para a conservação dos recursos hídricos, mas também oferece uma resposta eficaz às crescentes demandas por água potável. A eficiência desse método, evidenciada por estudos e práticas em diversos países, destaca a relevância global dessa estratégia na construção de comunidades mais sustentáveis e resilientes (Rezende; Tecedor, 2017). A eficácia desse método é evidenciada por estudos que analisaram sua aplicação em diferentes contextos, revelando significativos potenciais de economia de água potável.

Estudos recentes, Batista e Nahum (2023) revelam que, de maneira geral, o estado do Pará apresenta uma capacidade significativa para a utilização da água da chuva, configurando-se como uma opção relevante para o fornecimento de água em residências individuais em toda a sua extensão territorial. Especificamente durante o período mais chuvoso, essa alternativa mostra-se capaz de atender não apenas às necessidades básicas, incluindo requisitos de potabilidade, mas também outras demandas comuns. Em um cenário de escassez de água para consumo humano, as projeções indicaram que o atendimento à demanda mínima de 20 litros por pessoa ao dia possui um potencial superior a 90% em 57,5% das situações avaliadas.

Considerando uma demanda de 50 litros por pessoa ao dia, um potencial superior a 70% foi observado em 55% das estimativas.

Em seus estudos conduzidos na rodoviária do Plano Piloto de Brasília Santos e Sant'ana (2019) analisaram o potencial de redução do consumo de água potável através do aproveitamento de águas pluviais e do reuso de águas cinzas. Durante a pesquisa, foi realizado um levantamento dos usos finais de água, gerando indicadores de consumo para diversas atividades. Os pesquisadores identificaram, assim, o potencial de redução do consumo de água proporcionado pelos sistemas de aproveitamento de água pluvial e reuso de águas cinzas. Três cenários foram considerados com base na demanda de água não potável para lavagem de pisos (Cenário 1), descarga em vasos sanitários e mictórios (Cenário 2) e lavagem de pisos, descarga em vasos sanitários e mictórios (Cenário 3). Os resultados indicaram que os vasos sanitários foram os maiores consumidores de água nesta edificação, totalizando 5.820 litros por dia, seguidos pelo uso de lavatórios (1.889 litros por dia), lavagem de pisos (1.647 litros por dia) e mictórios (1.394 litros por dia), a Tabela 4 contém as reduções de consumo de água potável com a utilização do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva - SAAC.

Tabela 4 - Reduções no consumo de água potável na Rodoviária do Plano Piloto em Brasília.

Sistema	Cenário	Eficiência do sistema (%)	Potencial de Redução (%)	Economia de Água (m ³ /ano)	Volume da Cisterna (m ³)	Área de Cobertura (m ²)
SAAC	1	100	15	601	300	2000
SAAC	2	100	65	2.628	800	2731
SAAC	3	90	80	3.229	1800	2731

Fonte: Santos; Sant'ana, (2019).

Antunes, Ghisi e Severis (2020) desenvolveram um método destinado à avaliação e comparação ambiental, utilizando a análise do ciclo de vida, de dois sistemas de drenagem para um estacionamento. O primeiro sistema consiste em um pavimento permeável, seguido pelo aproveitamento de águas pluviais filtradas pelo pavimento para usos não potáveis no edifício. Enquanto isso, o segundo sistema envolve uma pavimentação tradicional, sem a utilização de águas pluviais, e depende

do abastecimento de água no edifício.

No cenário que incorpora o pavimento permeável e a utilização de águas pluviais, observou-se que o potencial de economia de água potável alcançou 69,6%, equivalente a um consumo médio de 5.260 litros por dia no edifício. Essa economia de água potável resultou também em economia de eletricidade, uma vez que houve redução nos processos de tratamento e distribuição dessa água. A diminuição na demanda de água não apenas proporciona benefícios ambientais substanciais, mas também reduz a pressão sobre os fornecedores públicos de água.

Assim, a conjunção entre o aproveitamento da água de chuva como estratégia sustentável e os desafios e oportunidades globais na economia de água potável revela uma narrativa coesa e progressiva. Essa abordagem inovadora não apenas abraça a necessidade de conservação, mas também reconhece o papel crucial que o aproveitamento da chuva desempenha na construção de um futuro hídrico mais equilibrado e sustentável para todos.

2.5 RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA

O último elemento para a conclusão dos sistemas de aproveitamento de água da chuva é o reservatório ou cisterna, sendo um dos componentes essenciais para a conservação da qualidade da água até seu consumo final (Peters, 2006). Devido à baixa assistência dos sistemas públicos de abastecimento de água, a utilização de cisternas é amplamente difundida nos interiores dos estados brasileiros, principalmente no Nordeste, como forma de armazenamento de água da chuva nos períodos chuvosos (Souza et al., 2011).

A armazenagem das águas pluviais deve ser realizada em reservatórios que garantam um padrão de eficácia, evitando possíveis problemas de contaminação e estanqueidade, sendo executados com materiais de qualidade em diversos tipos (Ferreira, 2005; Heberon; Marcório; Ribeiro, 2009).

Para o método de captação da água da chuva, o reservatório não pode permanecer inutilizado por um período muito longo, como também não deve desperdiçar a água acumulada. O dimensionamento varia de acordo com a região, dependendo das variações climáticas e dos objetivos finais de implantação do sistema (Amorim; Pereira, 2008; Heberon; Marcório; Ribeiro, 2009).

No Brasil, geralmente a capacidade de reserva de um reservatório é igual ao consumo normal diário, ou acima, tendo como capacidade mínima 500 litros (Azevedo Neto, 1998). Os reservatórios devem atender às condições da ABNT NBR 12217; a quantidade de água dos reservatórios deve ser calculada com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em consideração as boas práticas da engenharia.

O dimensionamento da capacidade do reservatório é de suma importância, sendo um fator crítico para a implantação do sistema. Por isso, seu correto dimensionamento evita gastos desnecessários, quando superdimensionado ou subdimensionado (Rupp; Munarim; Ghisi, 2011).

Os métodos de dimensionamento sugeridos na ABNT NBR 15527/2019 prescrevem que, na elaboração do sistema de aproveitamento de água pluvial, deve estar contido o alcance do projeto, a população consumidora e a demanda. Além disso, é primordial estudar as séries históricas das precipitações da região (Rupp; Munarim; Ghisi, 2011).

Diante de situações críticas, surge a necessidade de pesquisar novas metodologias de dimensionamento e de operação de reservatórios, assim como recargas complementares que ajudem os reservatórios nos períodos de seca, com o objetivo de mitigar possíveis falhas de abastecimento (Araújo, 2016).

2.6 PROGRAMA COMPUTACIONAL NETUNO

Na literatura especializada, encontramos uma variedade de métodos utilizados no dimensionamento de reservatórios de armazenamento de água pluvial. Esses métodos são, de maneira geral, classificados com base nas variáveis de entrada necessárias, no processo de cálculo envolvido, na facilidade de aplicação e na confiabilidade dos resultados obtidos (Rocha, 2009). McMahon e Mein (1978), citados por Fewkes (1999b), classificam os métodos de dimensionamento em três tipos genéricos: Moran, período crítico e modelos comportamentais.

De acordo com Fewkes (1999b), os métodos comportamentais simulam a operação do reservatório de armazenamento de água pluvial ao longo do tempo, sob determinadas condições de operação, por meio de um algoritmo que descreve o funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial. Segundo Ghisi e

Cordova (2014), o programa Netuno emprega a metodologia baseada nos modelos comportamentais, ou seja, os ensaios são realizados para um conjunto de variáveis conhecidas.

O programa computacional Netuno foi desenvolvido pelo professor Eneir Ghisi, PhD da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, com o apoio na programação de Marcelo Marcel Cordova, acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSC, e validado pelo engenheiro Vinicius Luiz Rocha em seu trabalho de mestrado pela UFSC, sob a orientação do professor Ghisi, em 2014.

A modelagem adequada do sistema apresenta resultados, como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água de chuva e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros. Além disso, o programa permite a realização de análises econômicas e simulação de diversos cenários de captação de água (Ghisi; Cordova, 2014).

O espaço de captação de água pluvial é retratado pela projeção horizontal da cobertura da edificação. Este dado é de suma importância para verificar a sua viabilidade, pois, independentemente de a região ter uma elevada precipitação, o volume de água captado será reduzido se a área de captação for pequena (Herberson; Marcório; Ribeiro, 2009).

O programa permite a inserção de séries com um grande número de dados, apresentando ampla versatilidade na construção de gráficos. Além disso, utiliza a linguagem Matlab, que dispõe de funções para exportar e importar dados de planilhas eletrônicas criadas no software EXCEL. Isso possibilita a avaliação do volume ideal do reservatório de água pluvial a ser utilizado em edificações, considerando o potencial de economia de água potável.

Para realizar uma simulação no Netuno, é necessário ter informações sobre a disponibilidade hídrica na edificação (dadas pela precipitação e área de coleta, desconsiderando perdas iniciais por descarte e escoamento superficial) e detalhes sobre o consumo de água (dados pelo número de moradores e consumo per capita, levando em conta a demanda de água pluvial). Com base nessas informações, a simulação é conduzida diariamente para os dados pluviométricos, testando diferentes volumes de reservatório, pode-se observar na Figura 3.

O sistema pode ou não apresentar reservatório superior. O Netuno pode trabalhar com a água sendo captada diretamente de reservatório inferior ou captada

num reservatório inferior e recalçada para toda edificação. Ainda pode-se definir um volume, ou o próprio programa escolhe. Esse volume pode ser calculado a partir da Equação 1.

$$V_{\text{res sup}} = d \cdot n_{\text{mor}} \cdot \frac{\rho_{\text{subst}}}{100} \quad \text{equação 1}$$

Onde:

$V_{\text{res sup}}$ – volume do reservatório superior, definido pelo Netuno, em litros;

d - demanda de água per capita/dia, em litros;

n_{mor} - número de moradores da edificação;

ρ_{subst} - percentual de demanda total de água que pode ser suprida por água pluvial.

E ainda há simulação da análise econômica, que é feita através do botão “Calcular” e demonstra três informações importantes para nossa análise: Valor presente líquido, tempo de retorno do investimento; taxa interna de retorno.

Figura 3 - Layout do programa computacional Netuno 4.0.

The screenshot shows the Netuno 4.0 software interface. At the top, there is a menu bar with options: Simulação, Ajuda, Citação, Validação, and Sobre. Below the menu, there are two main panels. The left panel contains a button 'Carregar simulação previamente salva' and a table for precipitation data with columns for 'Carregar dados de precipitação', 'Número de registros', 'Data inicial (dd/MM/yyyy)', and 'Descarte escoamento inicial (mm)'. Below the table are input fields for 'Área de captação (m²)', 'Demanda total de água (litros per capita/dia)' (with a 'Variável...' button), 'Número de moradores' (with a 'Variável...' button), 'Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial' (a dropdown menu), and 'Coeficiente de escoamento superficial' (a dropdown menu). The right panel is titled 'Reservatório superior' and contains a section 'Reservatório inferior' with two radio button options: 'Simulação para reservatório com volume conhecido' and 'Simulação para reservatórios com diversos volumes'. At the bottom, there is an 'Observações' section with a text area and a scroll bar.

Fonte: Netuno (2022).

2.7 GEOPROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

A aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) nos diversos âmbitos do conhecimento tem proporcionado avanços significativos nos últimos anos, especialmente no que diz respeito ao planejamento e à tomada de decisões territoriais (Carrasco, 2017). O uso de modelagem computacional em sistemas de simulação de distribuição de água torna-se uma ferramenta valiosa para gestores, permitindo a identificação de problemas nos sistemas de abastecimento de água e facilitando os processos de organização da paisagem urbana em constante modificação (Muller; Gericke; Piertesen, 2020).

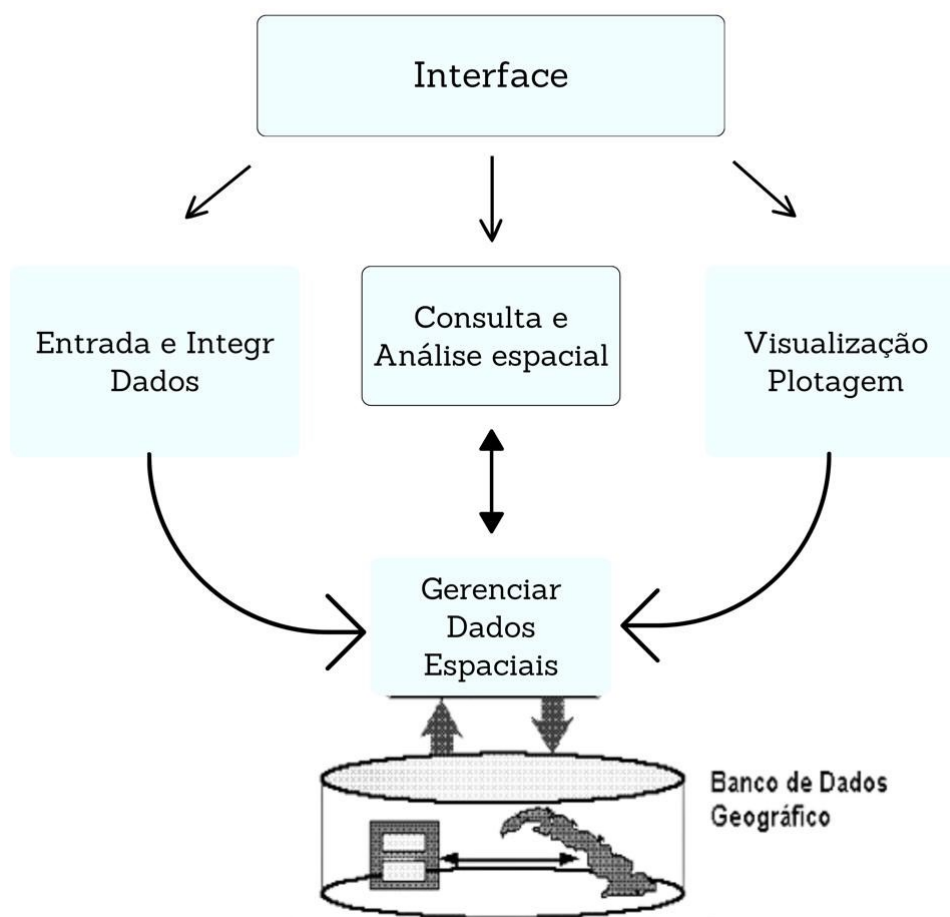
Segundo o IBGE (2015), a aplicação das geotecnologias proporciona um conhecimento mais amplo e detalhado do território brasileiro, avançando na visualização e precisão em relação às informações cartográficas mais antigas. O Geoprocessamento, que consiste na união de tecnologias voltadas para a coleta e tratamento de informações espaciais com objetivos específicos, é realizado de forma exclusiva por sistemas geralmente chamados de SIG, como é esquematizado na Figura 4. Destinado ao processamento de dados geograficamente referenciados, desde a coleta até a elaboração de resultados como mapas convencionais e relatórios, o Geoprocessamento simplifica o mundo real e populariza as características e relações para um objetivo mais específico (Cirilo; Mendes, 2001; INPE, 2023).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são programas computacionais que processam dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos), destacando-se nas análises espaciais e modelagens de superfícies (INPE, 2023). Assim, o SIG é o sistema que executa atividades relacionadas ao geoprocessamento para cada aplicação, ou seja, a interpretação da realidade (Ribeiro; Aymone; Leão, 2006). Cowen (1988) define o SIG como um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente ao ciclo de solução de problemas (INPE, 2023).

Todo dado geográfico é composto por dois elementos principais: a localização e um ou mais atributos desta localização. Pontos, linhas e polígonos são elementos utilizados para representar as feições que ocorrem sobre a superfície terrestre. Os objetos do mundo real são retratados computacionalmente por meio de abordagens

"vetoriais" ou "raster" (Ribeiro; Aymone; Leão, 2006). Essa dualidade de representação oferece flexibilidade na análise e interpretação dos dados, permitindo uma abordagem mais abrangente na compreensão das características espaciais do ambiente.

Figura 4 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica



Fonte: Adaptação do INPE (2023).

2.8 IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS

Conforme Swyngedouw (1999), a água, enquanto recurso natural, estabelece relações de poder no espaço físico e social, caracterizadas por dinâmicas de dominação e submissão, acesso e exclusão, liberdade e repressão, moldadas pelo simbolismo atribuído a ela. Augusto et al. (2012) destacam a forte interligação entre

os índices de desigualdades sociais e o acesso à água, ressaltando sua influência direta nas relações de poder.

Essas desigualdades têm impactos diretos na gestão ambiental e dos recursos hídricos, contribuindo para o aumento da economia informal, o que, por sua vez, resulta em um quadro de empresas operando fora das conformidades ambientais (Lanna, 2008).

A utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva representa uma abordagem inovadora e sustentável que pode gerar impactos significativos nos âmbitos ambiental, social e econômico. Ao incorporar esses sistemas, é possível observar uma série de benefícios que ultrapassam a simples captação de água, abrangendo áreas cruciais para o desenvolvimento sustentável (Marinoski, Ghisi, 2017).

A crise hídrica no país é agravada pela presença de uma cultura de desperdício de água potável, o que demanda uma revisão nos fundamentos da educação (Tugoz; Bertolini; Brandalise, 2017). Princípios e práticas do desenvolvimento sustentável devem ser integrados em todos os aspectos do aprendizado, conforme ressaltado por Eckert, Corcini Neto e Boff (2015, p. 110), que afirmam que "historicamente, países como o Brasil, devido a deficiências tecnológicas, educacionais e sociais, além de elevados índices de pobreza, priorizam o crescimento econômico sem efetivas preocupações ambientais".

a) Impactos Ambientais

- **Conservação de Recursos Hídricos:** A principal contribuição ambiental dos sistemas de aproveitamento de água da chuva é a redução da demanda sobre fontes tradicionais de água. Isso contribui para a conservação de rios, aquíferos e outros ecossistemas aquáticos, preservando a biodiversidade associada (Rostad, Foti, Montalto, 2016).

- **Mitigação de Inundações:** Ao captar a água da chuva e direcioná-la para reservatórios, diminui-se o escoamento superficial nas áreas urbanas, contribuindo para a redução de inundações e minimizando a erosão do solo. Solução muito interessante, em razão do seu menor custo e da sua funcionalidade dupla (Mitchell et al., 2008; Rostad, Foti, Montalto, 2016).

b) Impactos Sociais

- **Acesso Sustentável à Água:** Os sistemas de aproveitamento de água da chuva

proporcionam uma fonte adicional de água para usos não potáveis, como irrigação e limpeza. Isso é especialmente relevante em regiões propensas à escassez hídrica, proporcionando acesso mais equitativo à água (ANA, 2021).

- **Empoderamento Comunitário:** A implementação desses sistemas frequentemente demanda a participação ativa da comunidade. O engajamento em práticas sustentáveis fortalece o sentimento de responsabilidade ambiental e capacita as comunidades para gerenciar seus próprios recursos hídricos. Um exemplo bastante claro dessa iniciativa é o Sistema Integrado de Saneamento Rural – Sisar. O Sisar é uma federação de associações que, por meio de contribuições mensais, financia uma estrutura responsável pela manutenção de seus sistemas, fornecimento de insumos (materiais para manutenção e tratamento) e capacitação social. As comunidades beneficiadas pelo projeto recebem palestras de educação sanitária, uso racional dos recursos hídricos e outras atividades relacionadas à capacitação social.

c) Impactos Econômicos

- **Redução de Custos:** O uso de água da chuva para fins não potáveis pode resultar em significativas economias nos custos associados ao consumo de água potável. Isso é particularmente importante em setores como agricultura, indústria e construção, onde a água potável é frequentemente utilizada para finalidades que não exigem sua qualidade. Além disso, a oferta de água de boa qualidade é uma medida preventiva crucial, resultando em economia de recursos financeiros e redução de ocorrências sanitárias (Tsutiya, 2006; Verde et al., 2014).

- **Infraestrutura Menos Demandante:** Ao reduzir a demanda sobre os sistemas de abastecimento convencionais, os sistemas de aproveitamento de água da chuva também podem diminuir a necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica, resultando em benefícios econômicos a longo prazo. Além da escassez, a limitação dos sistemas de abastecimento público é evidente, especialmente em regiões mais distantes e interiores dos estados nordestinos (Souza et al., 2011).

d) Desafios e Considerações Éticas:

- **Qualidade da Água:** É fundamental garantir a qualidade da água coletada, especialmente quando utilizada em atividades que envolvem contato humano, como a irrigação de alimentos. A manutenção adequada dos sistemas é essencial para evitar riscos à saúde. Cada uso deve respeitar as condições específicas de quantidade e qualidade, levando em consideração que o consumo humano e a

dessedentação animal são prioridades. Diante disso, cada atividade possui sua condição específica de qualidade da água: o abastecimento humano, a aquicultura e a pesca requerem um alto padrão da qualidade da água; o abastecimento industrial e a irrigação requerem um padrão médio de qualidade; e a geração de energia e navegação possibilitam a utilização de uma água de baixa qualidade (Borsoi; Torres, 1997).

- **Equidade e Acesso:** Ao implementar sistemas de aproveitamento, é importante considerar questões de equidade no acesso à água. Garantir que todos os membros da comunidade se beneficiem igualmente é essencial para evitar disparidades.

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva não apenas oferecem uma solução prática para a gestão hídrica, mas também apresentam uma gama abrangente de impactos positivos nos aspectos ambiental, social e econômico. A adoção consciente dessas práticas equilibra as necessidades humanas com a preservação dos ecossistemas e recursos naturais.

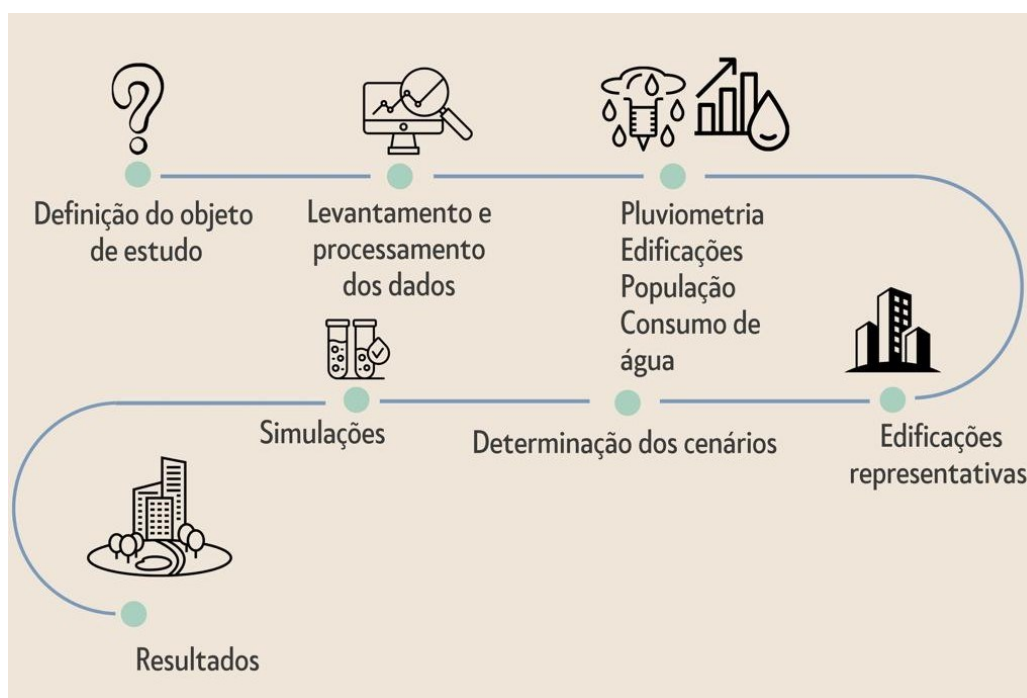
3 METODOLOGIA

Neste capítulo, é caracterizado o método utilizado para analisar o potencial de aproveitamento da água de chuva, com a finalidade de economizar água potável em usos não potáveis, no perímetro urbano do município de Bananeiras, no estado da Paraíba.

Para atender aos objetivos específicos deste projeto, foram coletadas informações sobre o local de estudo, dados de precipitação, demanda de água, população e características das edificações. Em seguida, utilizando métodos de geoprocessamento por meio do software QGIS, a zona urbana do município foi setorizada para realizar o levantamento quantitativo e qualitativo das edificações. A aplicação de elementos estatísticos permitiu a definição de edificações representativas com características semelhantes às reais.

Simulações foram conduzidas utilizando o programa computacional Netuno, conforme os cenários estabelecidos, para estimar o potencial de economia de água potável por meio de sistemas de aproveitamento de água de chuva. O fluxograma dos processos realizados nesta etapa metodológica está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma da metodologia

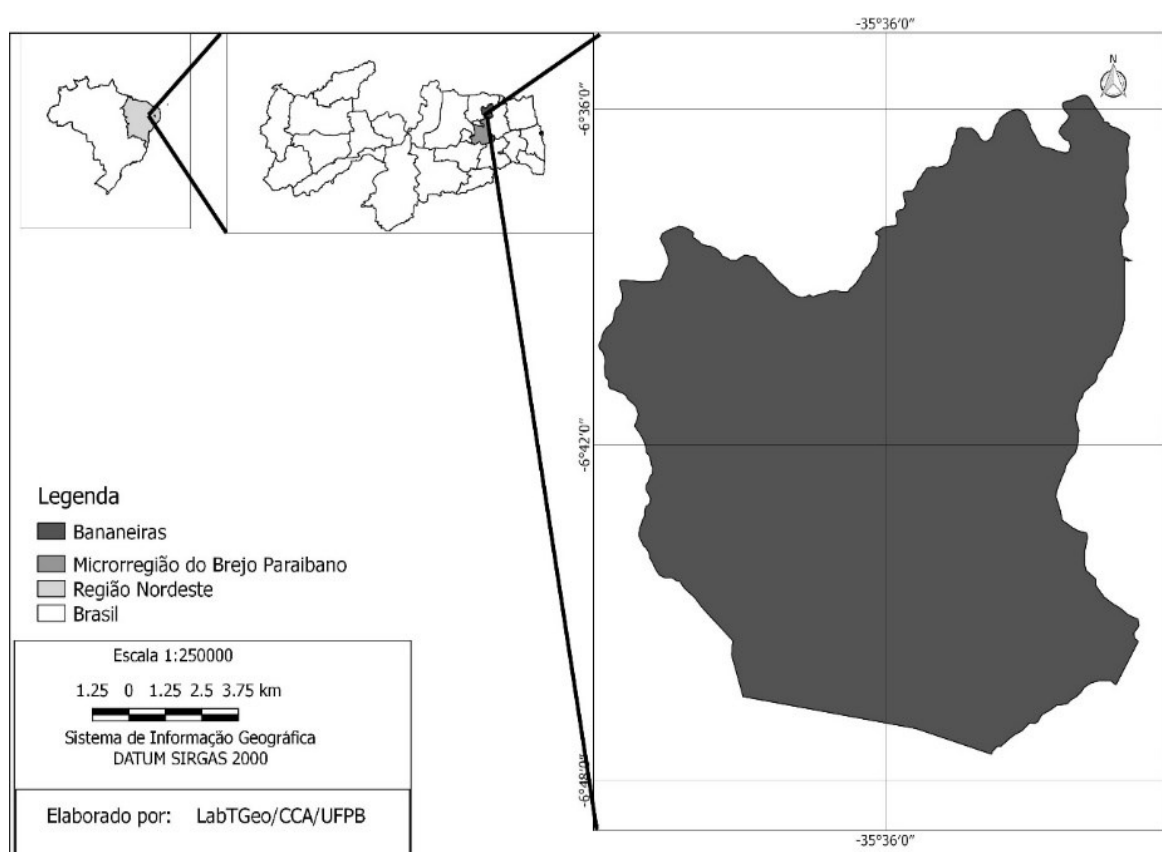


Fonte: Autoria Própria (2023).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa tem como área de estudo o município de Bananeiras, localizado no estado da Paraíba, na microrregião do Brejo Paraibano (Figura 6), com uma extensão territorial de 255,641 km² e uma população estimada de aproximadamente 21.220 pessoas, sendo 8.437 habitantes na zona urbana. A densidade demográfica é de 84,72 hab/km² (IBGE, 2021).

Figura 6 - Mapa de localização do Município de Bananeiras – PB.



A sede municipal está situada a 141 km de João Pessoa, 150 km de Natal e a 70 km de Campina Grande, com altitude de 526 metros. Bananeiras está inserido no semiárido brasileiro, conforme a definição do Ministério da Integração Nacional em 2005, que considera critérios como índice pluviométrico, índice de aridez e risco de seca. A cidade está localizada na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, caracterizado por relevo movimentado, com vales profundos e estreitos dissecados (PREFEITURAL MUNICIPAL DE BANANEIRAS, 2022).

O abastecimento de água é realizado pelo Açude de Jandaia, pertencente à Bacia do Curimataú, com capacidade máxima de armazenamento de 10.032.266 m³. No entanto, no ano de 2021, o açude atingiu apenas 476.666 m³, equivalente a 4,75% do volume total, configurando-se em situação crítica (AESAs, 2021).

De acordo com a classificação climática de Köppen, que se baseia na quantidade e distribuição anual e mensal de temperatura e precipitação, o clima de Bananeiras é classificado como As, caracterizado como Tropical Chuvoso com verão seco (FRANCISCO et al., 2015).

3.1.1 Dados econômicos

Na análise realizada por Prediger et al. (2022), a posição de Bananeiras na faixa populacional de 20.000 a 50.000 habitantes, de acordo com a Tabela 5, ressalta sua representatividade, abrangendo 19,74% dos municípios brasileiros e, mais especificamente, 88% daqueles com população abaixo de 50.000 habitantes. Este cenário destaca a importância relativa do município no contexto nacional.

Tabela 5 - Distribuição municipal por faixa populacional – Brasil – 2019

Faixa populacional	Municípios
< 5.000 habitantes	1253
5.000 – 10.000 habitantes	1199
10.000 – 20.000 habitantes	1345
20.000 – 50.000 habitantes	1100
> 50.000 habitantes	673
Total	5570

Fonte: PREDIGER et al., (2022).

É importante salientar que, nos municípios de pequeno porte, as receitas são predominantemente derivadas de cobranças de tributos e repasses do governo federal e estadual. No entanto, é crucial compreender que esses repasses não representam um socorro financeiro, mas sim direitos concedidos por Lei. A análise detalhada da viabilidade econômica é essencial, dado o impacto significativo das despesas administrativas sobre essas localidades (PREDIGER et al., 2022).

Assim como a maioria dos municípios brasileiros, Bananeiras tem na Administração Pública sua principal atividade econômica. O PIB do município,

contabilizado em R\$228 milhões no ano de 2016, reflete a relevância econômica local. Além disso, apenas 7,9% da população é classificada como ocupada, evidenciando características específicas do mercado de trabalho no município (IBGE, 2017). Na Tabela 6, pode-se observar os Índices econômicos de Bananeiras.

Tabela 6 - Índices Econômicos de Bananeiras

PIB per capita (2020)	R\$11.727,56
% de receitas oriundas de fontes externas (2015)	87,9
IDH (2010)	0,568
Total de receitas realizadas (2017)	R\$47.274,32 (x1000)
Total de despesas empenhadas (2017)	R\$50.559,92 (x1000)

Fonte: IBGE (2023).

Nesse contexto, a implementação de sistemas de autogestão das necessidades do município emerge como uma estratégia relevante. Esses sistemas não apenas buscam proporcionar autonomia às autoridades locais, mas também visam otimizar o gerenciamento de recursos, promovendo um desenvolvimento mais sustentável e eficiente. A autonomia resultante dessas práticas pode contribuir significativamente para o fortalecimento da gestão municipal, capacitando-a a enfrentar desafios e promover melhorias na qualidade de vida da população.

3.1.2 Dados de consumo de água

A obtenção e análise de dados referentes ao consumo de água são aspectos essenciais para o desenvolvimento do estudo. Foi fundamental considerar informações sobre o consumo total de água diário per capita na região em análise, bem como a demanda específica para usos não potáveis e o percentual de utilização de água proveniente de sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Os indicadores de consumo per capita são parâmetros cruciais nesse contexto. No estado da Paraíba, a média do consumo per capita é de 102,36 litros diários, conforme dados do SNIS (2021). No âmbito local, na cidade de Bananeiras, esse valor se estabelece em 84,5 litros, o que ressalta a importância de compreender as particularidades dessa comunidade em relação ao uso da água.

3.1.3 Descarte do escoamento inicial

Quando a água da chuva entra em contato com a área de captação, ocorre um processo de lavagem que remove sedimentos e transporta substâncias que podem afetar sua qualidade. Nesse sentido, Peters (2006) destaca a importância do descarte das primeiras chuvas para garantir a qualidade da água armazenada. Estudos conduzidos por Silva et al. (2017) indicam que a diferença de eficácia entre descartar 1 mm ou 2 mm de água não é substancial, porém, a escolha entre esses valores deve levar em consideração as características específicas da região, pois cada milímetro descartado contribui significativamente para enfrentar os desafios relacionados à escassez hídrica.

Para assegurar a qualidade da água armazenada, será efetuado o descarte de 1 mm de água da chuva precipitada para um reservatório separado, conforme a área de cobertura aplicada. Essa prática visa garantir que a água armazenada permaneça com uma melhor qualidade, livre de resíduos e impurezas provenientes das primeiras chuvas.

3.2 TÉCNICAS AVANÇADAS DE GEOPROCESSAMENTO

Os dados referentes às edificações foram obtidos por meio de geoprocessamento. Para realizar a quantificação e qualificação da área de captação de água de chuva das edificações no perímetro urbano do município de Bananeiras, utilizou-se o programa QGIS 3.16 em conjunto com o plug-in Quick Map Services. Este plug-in permitiu o acesso às imagens licenciadas do Google Satellite (Map Data © 2015 Google), disponíveis em <https://www.google.at/permissions/geoguidelines/attr-guide.htm>.

Inicialmente, para delimitar os limites do município, empregou-se o arquivo em Shapefile (.shp) obtido no site do IBGE, que contém as delimitações geográficas dos limites municipais brasileiros. Nele, selecionou-se o município de Bananeiras-PB. Após a delimitação do município, fragmentou-se o mesmo em setores para uma vetorização mais eficaz. Cada setor correspondeu a uma camada vetorial, codificada em System CP 1252 e projetada para o sistema de referência de coordenadas planas: DATAM SIRGAS 2000, ZONA 25S. Esses setores geraram arquivos .shp, seguindo o

mesmo procedimento para as edificações localizadas em cada setor.

A definição dos setores baseou-se na disposição geográfica das edificações na cidade. Os setores maiores abrangeram áreas com lotes mais delimitados, enquanto os setores menores compreenderam construções mais desordenadas, conforme visualizado na Figura 7. No processo detalhado de segmentação, o município de Bananeiras foi estrategicamente dividido em oito setores distintos. Essa abordagem permitiu uma análise mais minuciosa e específica das características urbanas, levando em consideração as peculiaridades de cada região do município.

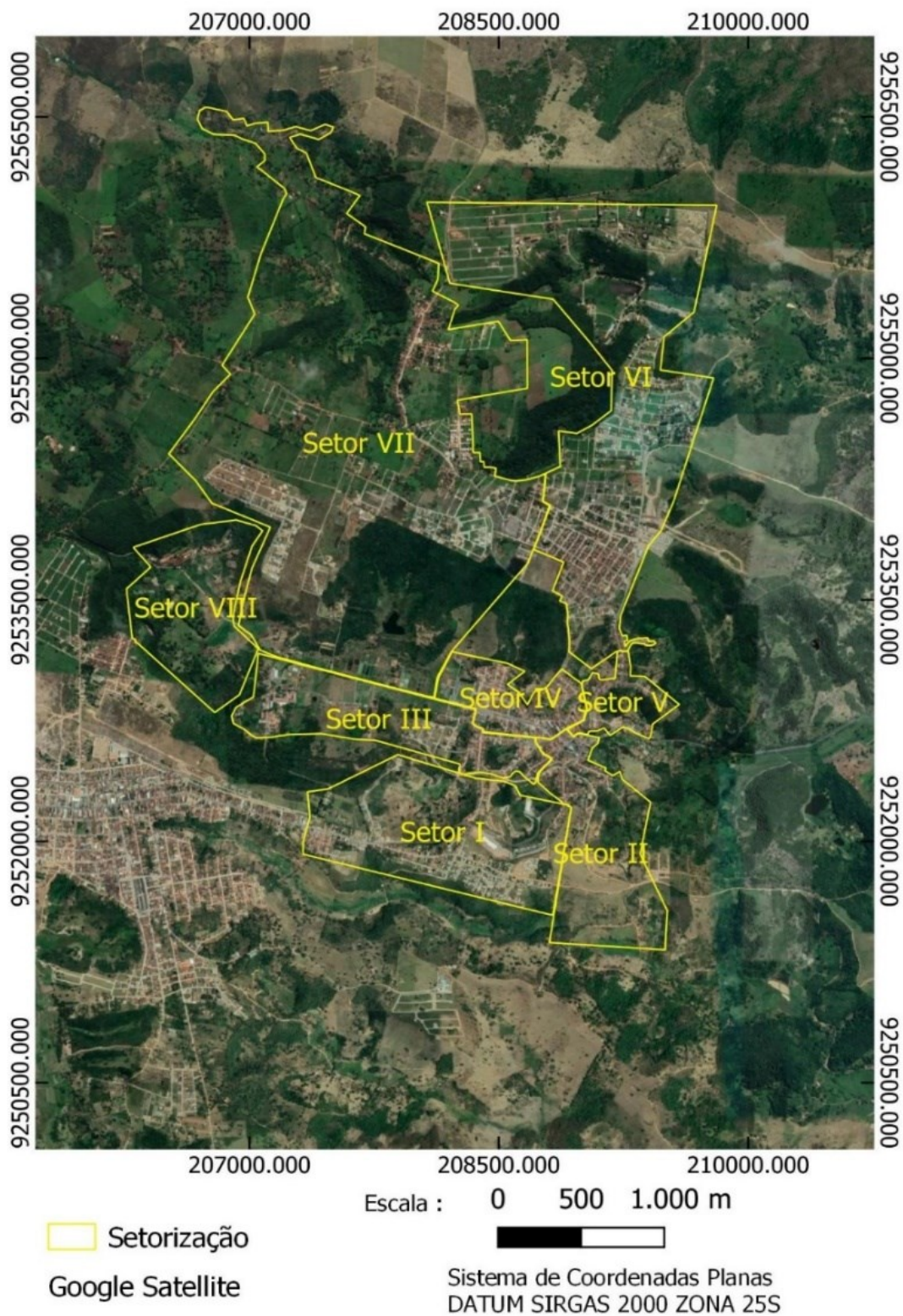
Em cada setor, procedeu-se à vetorização manual das coberturas. Elas foram selecionadas em formato de polígono, destacando-se no mapa de setorização desenvolvido. Para cada camada do setor, construiu-se uma tabela de atributos contendo o ID da edificação (correspondente ao número da casa na contabilização), a área em m² obtida por meio da calculadora de campo do software, o material das coberturas (definido a partir da análise visual das imagens do Google), o setor ao qual a edificação pertence e o tipo (residencial ou comercial). Residências com comércio foram classificadas como residenciais, identificadas visualmente. Na Tabela 7, encontram-se a quantidade de edificações excluídas do estudo.

Concluindo, a base de dados total inclui 5.206 edificações, classificadas como residenciais e comerciais, com suas características registradas na tabela de atributos. No entanto, após excluir 299 edificações, o número final de edificações utilizadas no estudo foi de 4.907. Essas edificações foram agrupadas em classes, sendo que cada classe representa uma edificação exemplar.

Tabela 7 - Edificações excluídas

Critério de exclusão	Quantidade de edificações excluídas
Edificações comerciais	299
Edificações públicas	
Edificações religiosas	

Fonte: Autoria Própria (2023)

Figura 7 - Setorização da zona urbana de Bananeiras-PB.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Utilizando as ferramentas do software QGIS foi elaborada uma Tabela de Atributos, que desempenha um papel fundamental ao consolidar informações relevantes provenientes da setorização realizada na zona urbana de Bananeiras. As colunas dessa tabela foram cuidadosamente definidas para abranger informações essenciais, incluindo a ordem de contabilização da edificação, a área estabelecida pela calculadora de campo do software, o material utilizado na cobertura, o setor identificado com base na localização geográfica, a classe determinada por meio de análises estatísticas e o tipo da edificação (residencial ou comercial). Esses atributos foram criteriosamente observados e registrados a partir de imagens de satélite e da experiência prática na cidade, garantindo uma base sólida e abrangente para as análises subsequentes.

3.2.1 Definição das edificações representativas

As edificações consideradas para a contabilização englobam tanto as residenciais quanto aquelas que possuem comércio anexado a elas. É importante ressaltar que o município não possui um plano diretor que estabeleça um limite mínimo de construção. Portanto, não houve a determinação de uma área mínima para a representação das edificações no escopo do estudo.

Durante o processo de setorização, as edificações foram categorizadas exclusivamente como unifamiliares. Essa escolha foi motivada pelas características singulares de Bananeiras, uma cidade de porte pequeno no interior, onde a presença de prédios altos é pouco comum e a existência de edifícios com mais de 3 andares é praticamente insignificante.

A falta de um plano diretor específico para a cidade influenciou a abordagem flexível em relação à área mínima de construção, refletindo as condições locais. Essas considerações são fundamentais para uma representação precisa e contextualizada das edificações no estudo, contribuindo para uma análise mais realista e aplicável ao contexto urbano de Bananeiras.

3.2.2 Agrupamento de Edificações e Determinação de Classes

Os dados brutos coletados correspondem à tabela de atributos desenvolvida no software QGIS. Após a seleção de todas as edificações, os dados foram organizados em um ROL em ordem crescente, da menor área para a maior área de cobertura selecionada.

Quando o número de edificações (amostra) é elevado, torna-se mais coerente agrupar os valores em vários intervalos de classes. Para organizar as edificações em classes de tamanho de telhado semelhantes e definir uma edificação representativa para cada classe, foi utilizada a Fórmula de Rice, na qual encontra-se o número de classes de acordo com a equação 2.

$$k = 2 \sqrt[3]{n} \quad \text{equação 2}$$

onde:

k – quantidade de classes

n – quantidade de edificações do grupo

A amostra das áreas de telhado foi então dividida em k classes com intervalos iguais. Considerando para cada classe uma residência representativa que corresponde a todas as residências inseridas no seu intervalo, com sua área de cobertura sendo a média da área de cobertura do intervalo.

Explorando os dados estatisticamente, identificamos 34 classes, conforme apresentado na Tabela 8. Para determinar a edificação representativa de cada classe, utilizou-se a média do intervalo mínimo e máximo. Nota-se que das 34 classes, 12 delas são significativamente representativas (acima de 1% da frequência acumulada), totalizando 97% das edificações levantadas. Portanto, os cenários definidos não foram aplicados nas outras 22 classes.

Tabela 8 - Aplicação dos elementos estatísticos para definição das edificações representativas

Classe	Área mínima	Área Máxima	Média das áreas	Frequência	Frequência acumulada	Frequência Relativa (%)	Frequência Relativa Acumulada (%)
1	12,61	33,21	22,91	143	143	3	3
2	33,21	53,80	43,50	549	692	11	14
3	53,80	74,40	64,10	970	1.662	20	34
4	74,40	94,99	84,69	819	2.481	17	51
5	94,99	115,59	105,29	678	3.159	14	64
6	115,59	136,18	125,88	479	3.638	10	74
7	136,18	156,78	146,48	351	3.989	7	81
8	156,78	177,37	167,07	275	4.264	6	87
9	177,37	197,97	187,67	204	4.468	4	91
10	197,97	218,56	208,26	138	4.606	3	94
11	218,56	239,16	228,86	87	4.693	2	96
12	239,16	259,75	249,45	58	4.751	1	97
13	259,75	280,35	270,05	51	4.802	1,04	97,86
14	280,35	300,94	290,64	29	4.831	0,59	98,45
15	300,94	321,54	311,24	21	4.852	0,43	98,88
16	321,54	342,13	331,83	16	4.868	0,33	99,21
17	342,13	362,73	352,43	12	4.880	0,24	99,45
18	362,73	383,32	373,02	10	4.890	0,20	99,65
19	383,32	403,91	393,62	3	4.893	0,06	99,71
20	403,91	424,51	414,21	2	4.895	0,04	99,76
21	424,51	445,10	434,81	2	4.897	0,04	99,80
22	445,10	465,70	455,40	2	4.899	0,04	99,84
23	465,70	486,29	476,00	0	4.899	0,00	99,84
24	486,29	506,89	496,59	1	4.900	0,02	99,86
25	506,89	527,48	517,19	1	4.901	0,02	99,88
26	527,48	548,08	537,78	2	4.903	0,04	99,92
27	548,08	568,67	558,38	0	4.903	0,00	99,92
28	568,67	589,27	578,97	0	4.903	0,00	99,92
29	589,27	609,86	599,57	1	4.904	0,02	99,94
30	609,86	630,46	620,16	1	4.905	0,02	99,96
31	630,46	651,05	640,76	0	4.905	0,00	99,96
32	651,05	671,65	661,35	1	4.906	0,02	99,98
33	671,65	692,24	681,95	0	4.906	0,00	99,98
34	692,24	712,84	702,54	1	4.907	0,02	100,00

Fonte: Autoria Própria (2023).

3.2.3 Qualificação das coberturas

As coberturas foram qualificadas com base no material analisado visualmente por meio da observação de imagens de satélite. Na região, a telha cerâmica destacou-se como predominante, sendo, portanto, considerada o único material na determinação do coeficiente de escoamento, sendo definido como 0,8 significando que 20% da água será perdida devido ao material da cobertura.

O coeficiente de Runoff, também conhecido como coeficiente de escoamento superficial, é um parâmetro adimensional crucial para a gestão eficiente da água da chuva, variando de acordo com o tipo de material utilizado nas coberturas (Alves; Cardoso, 2016). Conforme estabelece a NBR 15527:2019, esse coeficiente é definido como a "relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume precipitado, variando conforme a superfície". A Tabela 9 proporciona uma visão dos valores típicos associados a diferentes materiais de cobertura.

Tabela 9 - Coeficientes de Runoff.

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2007)

3.3 FORMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Com o objetivo de modelar as variações prováveis decorrentes das diferentes práticas de consumo e hábitos dos moradores, foram estabelecidos cenários diversos, promovendo ajustes tanto no consumo total diário de água per capita quanto na demanda de água da chuva para as residências, considerando, também, a variação no número de moradores. Essa abordagem visa capturar a dinâmica variada do consumo de água em diferentes contextos residenciais, possibilitando uma análise mais abrangente e adaptável às distintas realidades.

No estudo, adotou-se 46% dos valores do consumo per capita na Paraíba e em Bananeiras. Essa escolha baseia-se na análise de Borgert (2022), que sugere que esse percentual representa o consumo de água para fins não potáveis. Especificamente, esses usos incluem limpeza e atividades externas (5%), descarga de bacia sanitária (28%), e lavagem de roupas na máquina (13%) totalizando os 46% adotado.

Esta metodologia aprimorada possibilita uma análise mais refinada e

específica, sendo fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficientes de captação e uso sustentável da água pluvial. As simulações foram realizadas em dois cenários distintos de aproveitamento da água da chuva. Esses cenários consideram que 46% do consumo total diário de água na Paraíba e em Bananeiras será destinado aos usos não potáveis e substituído por água da chuva.

A Tabela 10 oferece uma visão detalhada da definição dos 72 cenários elaborados, proporcionando uma base robusta para a avaliação dos impactos e eficácia das estratégias de aproveitamento de água da chuva em diferentes contextos residenciais.

Tabela 10 - Definição dos cenários

Classe	Nº de moradores	Consumo (litros)	Demanda de água potável a ser substituída por água da chuva (%)
1	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
2	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
3	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
4	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
5	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
6	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
7	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
8	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
9	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
10	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
11	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46
12	1 – 2 - 3	102,36 – 84,50	46

Fonte: Autoria Própria (2023).

3.4 POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Segundo a ABNT NBR 15527/2019, a capacidade de aproveitamento de água de chuva está intrinsecamente vinculada ao coeficiente de escoamento superficial do telhado, bem como à eficácia do sistema de descarte do escoamento inicial. Essa capacidade pode ser calculada pela aplicação da Equação 3 a seguir:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \square \text{ fator de captação} \quad \text{equação 3}$$

Onde:

V – volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P – precipitação média anual, mensal ou diária;

A – área de coleta;

C – coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

□ fator de captação – eficiência do sistema de captação

A eficiência do sistema de captação, levando em conta a existência ou não de dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, que é estabelecido na prática em 0,85 (Tomaz, 2010; Bezerra et al., 2010).

Esse conjunto de parâmetros demonstra a complexidade na determinação do potencial de aproveitamento da água de chuva em diferentes contextos. A área de coleta, o tipo de material de cobertura e a eficiência do sistema de captação são variáveis interdependentes que influenciam diretamente a quantidade de água pluvial disponível para utilização. A compreensão desses fatores é essencial para um planejamento eficaz e sustentável do aproveitamento da água de chuva em edificações e áreas urbanas.

Além disso, é importante ressaltar que o conhecimento detalhado do coeficiente de escoamento superficial é crucial para a concepção de estratégias de manejo hídrico.

3.4.1 Dados sobre a população

Para determinar a quantidade de moradores por residência, foi utilizado os dados populacionais fornecidos pelo IBGE. Conforme o IBGE de 2021, a população de Bananeiras foi estimada em 21.220 habitantes, entretanto, nossa área de estudo está restrita à zona urbana, resultando em uma população reduzida para 8.437 habitantes.

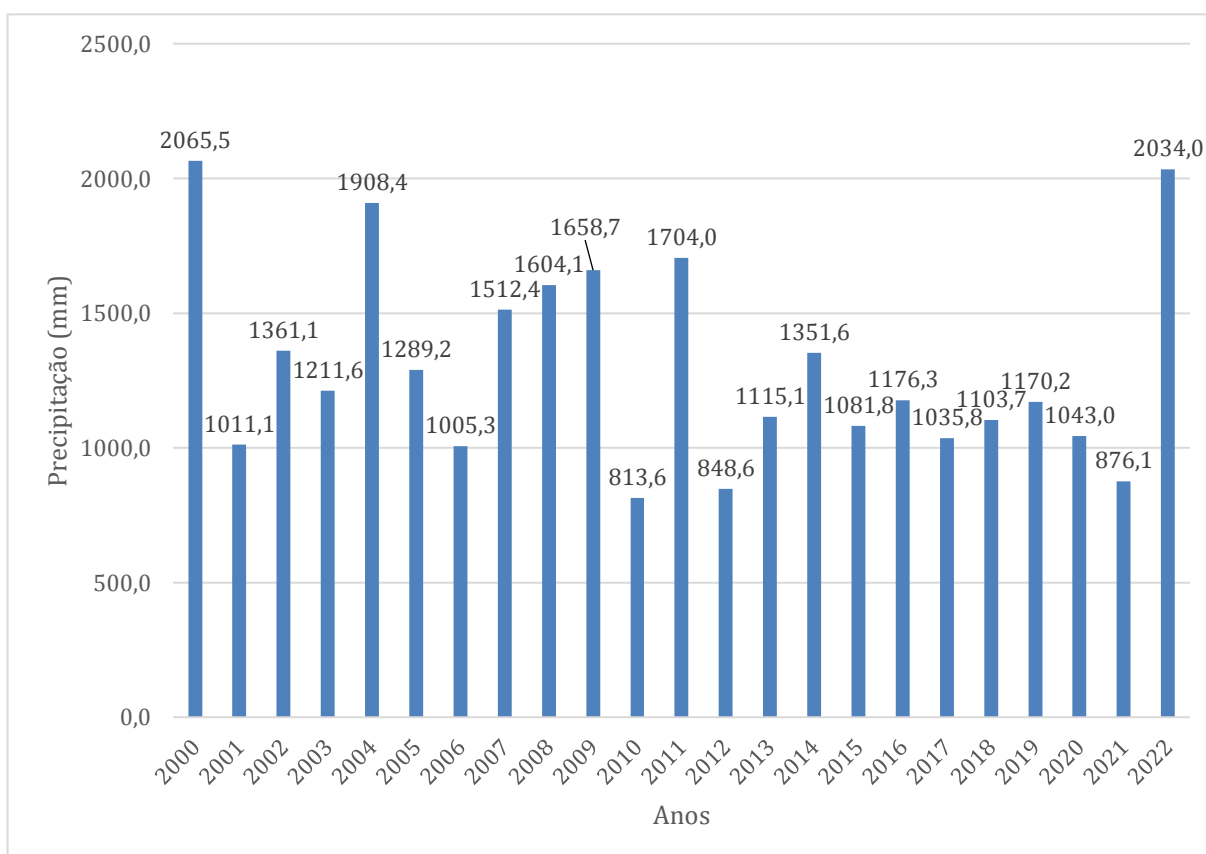
A média de habitantes por residência foi obtida pela divisão do número de moradores na zona urbana pelo total de residências contabilizadas no processo de geoprocessamento. Após a exclusão das edificações classificadas como comerciais, restou 4.907 edificações para uma população de 8.437 habitantes, resultando em uma média de 1,71 hab/edificação. Para contemplar diferentes cenários, considerou-se tanto valores abaixo quanto acima da média, apresentando as estimativas para 1, 2 e 3 moradores por residência.

3.4.2 Dados pluviométricos

A eficácia de um sistema de aproveitamento da água de chuva é determinada pela distribuição da precipitação pluviométrica na região. Quanto mais bem distribuída e regular ao longo do ano, mais eficiente será o sistema (PETERS, 2006).

No Brasil, há consideráveis dificuldades para analisar as variáveis climáticas devido ao curto segmento temporal das séries históricas e às falhas e inconsistências nos dados meteorológicos (SANTOS et al., 2014). A Figura 8 apresenta o volume de precipitação a cada ano no período de 2000 a 2022 na cidade de Bananeiras.

Figura 8 - Volume total precipitado na cidade de Bananeiras entre os anos 2000 a 2022.

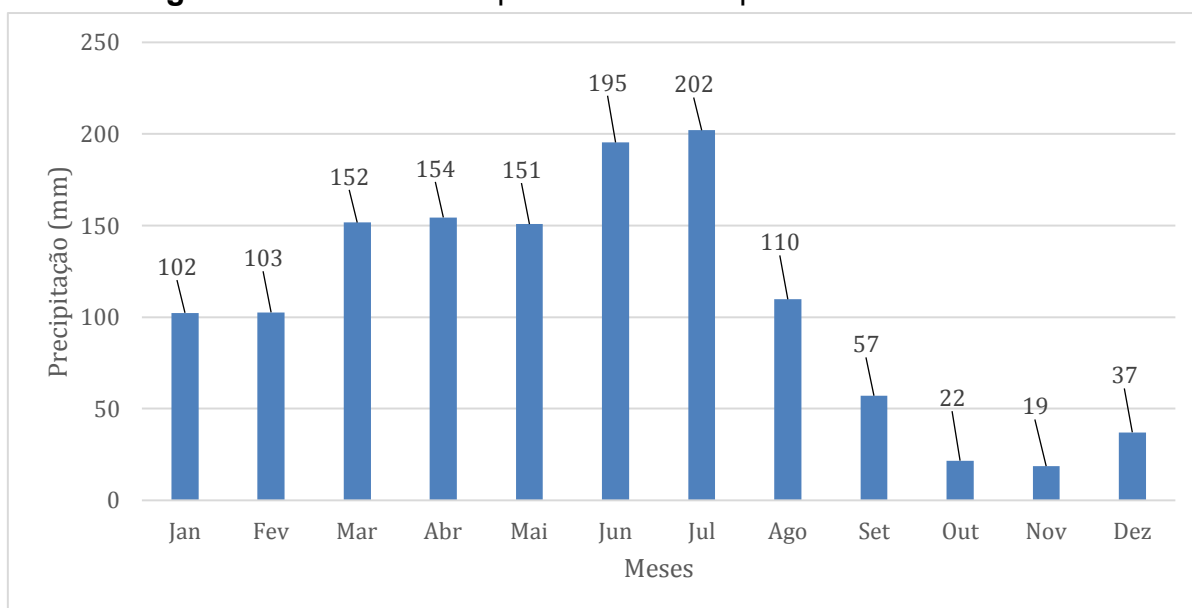


Fonte: AESA (2023)

Os dados pluviométricos foram coletados a partir de informações da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba - AESA, em arquivo .csv, registrando o volume precipitado diariamente no município. Utilizando uma série histórica de 2000 a 2022, totalizando 22 anos, a Figura 11 apresenta as médias mensais da precipitação

na cidade. A média total no período é de 1176,3mm.

Figura 9 - Média mensal pluviométrica do período de 2000 a 2022.



Fonte: AESA (2023)

De acordo com a Figura 9, o período de setembro a dezembro as médias de precipitações não ultrapassam 60mm indicando o período mais seco da região.

3.5 ANÁLISE AMPLIADA DOS IMPACTOS DOS SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA EM ESCALA URBANA

Foi conduzida uma análise em escala urbana visando evidenciar os benefícios decorrentes da implementação de sistemas de aproveitamento de água, tanto para a população quanto para o município e o meio ambiente. Essa abordagem buscou garantir a disponibilidade hídrica, reduzir as perdas, promover o desenvolvimento econômico e social, além de contribuir para a reabilitação do ecossistema.

Ao empregar sistemas de aproveitamento de água, pretende-se criar um impacto positivo na gestão dos recursos hídricos urbanos, assegurando uma oferta mais estável e sustentável de água para a população. A diminuição das perdas de água, por meio da captação e uso eficiente da água da chuva, não apenas fortalece a segurança hídrica, mas também contribui para a preservação dos recursos naturais.

Para estimar o volume de água potável economizado em um ano, adotamos o

cenário, de acordo com a Tabela 11, com a utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva em 25%, 50%, 75% e 100% das edificações da cidade, considerando Modelo 01, 02 e 03 para 1,2,3 moradores respectivamente, com o consumo médio diário para fins não potáveis de 38,87 litros representado pela letra A e o consumo de 47,09 litros representado pela letra B.

Tabela 11 - Tabela para representação do volume de água potável economizada se houver a implantação de sistemas de captação da água de chuva para o consumo de 38,87 e 47,09 litros diários.

% de Utilização de SAAC nas residências	Volume de água m ³ /dia					
	Modelo 01		Modelo 02		Modelo 03	
	A	B	A	B	A	B
25%						
50%						
75%						
100%						

Do ponto de vista financeiro de acordo com dados do SNIS (2020) e IBGE (2010), o custo de abastecimento de água na região é de R\$9,30/m³, enquanto a tarifa média de água é de R\$4,44/m³, com um índice médio de perdas de 43,26%. Observa-se que o custo do serviço de abastecimento de água, que engloba captação e distribuição, é mais que o dobro da tarifa paga pelo consumidor por metro cúbico, além das perdas do sistema, que superam os 40%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SIMULAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA NO PROGRAMA NETUNO

A simulação dos sistemas de aproveitamento da água da chuva será realizada por meio do Programa Computacional Netuno 4.0. Os dados de entrada utilizados incluem:

- Dados diários de precipitação: descritos na seção 3.4.2;
- Quantidade de descarte do escoamento inicial: 1mm, conforme detalhado na seção 3.1.3;
- Área de captação do sistema: corresponderá à área do telhado da edificação representativa de cada classe, descritos na seção 3.2.2;
- Número de moradores: determinado de acordo com a seção 3.4.1;
- Demanda de água total diária per capita: estabelecida conforme os cenários criados na seção 3.3;
- Percentual de substituição de água potável por pluvial: 46%;
- Coeficiente de escoamento superficial: definido na seção 3.2.1.

As simulações foram conduzidas utilizando diferentes volumes para o reservatório inferior, com base em parâmetros específicos. O volume máximo considerado foi de 16.000 litros, equivalente à capacidade de uma cisterna, enquanto o volume mínimo foi de 500 litros, correspondente ao menor tamanho de caixa d'água encontrado na região.

Foi estabelecida uma diferença entre os potenciais de economia de água potável através do aproveitamento da água da chuva, representada pelo valor de 10. Isso indica que um aumento de 500 litros no volume do reservatório inferior resulta em um aumento de economia de água potável de menos de 10%. Em outras palavras, o volume ideal do reservatório é aquele imediatamente anterior a esse incremento.

As simulações realizadas permitiram determinar o volume ideal das cisternas, além de avaliar o potencial de aproveitamento da água da chuva e a economia resultante no consumo de água potável do sistema.

4.2 POTENCIAL DE ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL

O impacto da água no desenvolvimento da população é inestimável, seja de forma positiva, devido à sua disponibilidade, ou de forma negativa, devido à sua escassez. Por muito tempo, os sistemas de aproveitamento de água têm sido parte do cotidiano das pessoas que habitam o semiárido brasileiro. No entanto, essa prática se torna menos comum quando se entra nas zonas urbanas dessas regiões. A utilização desses sistemas pode contribuir significativamente para a economia de água potável, tanto durante os períodos chuvosos quanto durante os períodos de seca.

Na Tabela 12, verifica-se o percentual de utilização de água da chuva aplicada aos experimentos para a economia de água potável. Vale ressaltar que os valores analisados foram recortados para incluir os casos mais extremos, ou seja, o mais confortável e o mais limitado. Essa análise comprova que o potencial de economia de água potável com a utilização da água de chuva com a substituição de 100% é alto, variando de 96,15% a 41,86%, o que é surpreendente, especialmente em uma região caracterizada pela extrema fragilidade hídrica. Pode-se analisar o resultado completo no apêndice A.

Tabela 12 - Cenários extremos do potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água de chuva com a substituição de 46% da água potável para fins não potáveis.

Área de captação (m ²)	Consumo per capita para fins não potáveis (litros)	Moradores	Tamanho ideal da cisterna indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável
22,91	38,87	1,00	1500	80,58%
	47,09	3,00	1500	41,89%
43,50	38,87	1,00	1500	89,37%
	47,09	3,00	2000	62,09%
64,10	38,87	1,00	1500	92,59%
	47,09	3,00	2000	69,20%
84,69	38,87	1,00	1500	94,25%
	47,09	3,00	2000	73,04%
105,29	38,87	1,00	1500	94,91%
	47,09	3,00	2000	75,65%
125,88	38,87	1,00	1500	95,16%
	47,09	3,00	2000	77,61%
146,48	38,87	1,00	1500	95,36%
	47,09	3,00	2000	79,07%
167,07	38,87	1,00	1500	95,60%

	47,09	3,00	2000	80,21%
187,67	38,87	1,00	1500	95,76%
	47,09	3,00	2000	81,12%
208,26	38,87	1,00	1500	95,91%
	47,09	3,00	2000	81,89%
228,86	38,87	1,00	1500	96,05%
	47,09	3,00	2000	82,57%
249,45	38,87	1,00	1500	96,15%
	47,09	3,00	2000	83,12%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Fica evidente que a área de coleta limita o volume de armazenamento nos dois casos. Quando a área de coleta é aumentada, os percentuais de aproveitamento também aumentam, e esse valor é inversamente proporcional ao número de moradores. Portanto, é evidente que a implementação de um sistema de captação de água de chuva atende às necessidades da população como uma medida eficaz de combate à seca durante os períodos de estiagem.

Ao considerar edificações representativas, foi possível analisar o potencial de economia de água potável em diferentes cenários de usos dos sistemas. Realizou-se 72 simulações para as 12 classes e em 12 cenários distintos. O programa Netuno indicou volumes ideais de reservatórios para cada simulação, com 14,58% utilizando 1000 litros, 56,25% com 1500 litros e 29,16% com 2000 litros nas amostras.

Com base na indicação do volume ideal do reservatório, fica notório que um reservatório de 2.000 litros atende a todas as demandas. Portanto, foram realizadas simulações utilizando o volume conhecido de 2.000 litros e obtivemos resultados praticamente idênticos do ponto de vista estatístico: 47,22 % das simulações revelaram um potencial de economia de água acima de 60%, e todas as simulações apresentaram economia de água superior a 30%, como observa-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Simulações dos cenários para reservatório de 2000 litros com de substituição da água potável para fins não potáveis.

Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo diário (l/hab)	Consumo não potável (46%)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva, utilizando uma cisterna de 2000l.
	1	84,50	38,87	81,89
	2	84,50	38,87	65,48
	3	84,50	38,87	50,55

22,91	1	102,36	47,09	78,26
	2	102,36	47,09	58,79
	3	102,36	47,09	43,17
43,50	1	84,50	38,87	90,83
	2	84,50	38,87	77,61
	3	84,50	38,87	67,70
	1	102,36	47,09	87,78
	2	102,36	47,09	73,11
	3	102,36	47,09	62,09
64,10	1	84,50	38,87	93,91
	2	84,50	38,87	83,16
	3	84,50	38,87	74,11
	1	102,36	47,09	91,60
	2	102,36	47,09	78,99
	3	102,36	47,09	69,2
84,69	1	84,50	38,87	95,75
	2	84,50	38,87	86,46
	3	84,50	38,87	77,66
	1	102,36	47,09	93,67
	2	102,36	47,09	82,48
	3	102,36	47,09	73,04
105,29	1	84,50	38,87	96,35
	2	84,50	38,87	88,36
	3	84,50	38,87	80,24
	1	102,36	47,09	95,01
	2	102,36	47,09	84,91
	3	102,36	47,09	75,65
125,88	1	84,50	38,87	96,61
125,88	2	84,50	38,87	89,59
	3	84,50	38,87	82,04
	1	102,36	47,09	95,52
	2	102,36	47,09	86,48
	3	102,36	47,09	77,61
146,48	1	84,50	38,87	96,74
	2	84,50	38,87	90,48
	3	84,50	38,87	83,41
	1	102,36	47,09	95,72
	2	102,36	47,09	87,46
	3	102,36	47,09	79,07
	1	84,50	38,87	96,85
	2	84,50	38,87	91,09
	3	84,50	38,87	84,41

167,07	1	102,36	47,09	95,90
	2	102,36	47,09	88,21
	3	102,36	47,09	80,21
187,67	1	84,50	38,87	96,93
	2	84,50	38,87	91,57
	3	84,50	38,87	85,24
	1	102,36	47,09	96,06
	2	102,36	47,09	88,83
	3	102,36	47,09	81,12
208,26	1	84,50	38,87	97,01
	2	84,50	38,87	91,91
	3	84,50	38,87	85,87
	1	102,36	47,09	96,18
	2	102,36	47,09	89,31
	3	102,36	47,09	81,89
228,86	1	84,50	38,87	97,09
	2	84,50	38,87	92,14
	3	84,50	38,87	86,40
	1	102,36	47,09	96,25
	2	102,36	47,09	89,71
	3	102,36	47,09	82,57
249,45	1	84,50	38,87	97,17
	2	84,50	38,87	92,32
	3	84,50	38,87	86,81
	1	102,36	47,09	96,61
	2	102,36	47,09	90,03
	3	102,36	47,09	83,12

Fonte: Autoria Própria (2023).

Quando aplicamos sistemas de captação de água de chuva no cenário mais crítico das edificações do município, observamos uma economia de água potável, como mostrado na Tabela 14. Ficando evidente que a economia de água potável alcança 70,78% da demanda diária para fins não potáveis.

Tabela 14 - Demanda atual de água para fins não potável da cidade de Bananeiras-PB para o cenário mais crítico.

Edificação representativa (m ²)	Consumo diário hab (litros)	Moradores	Freq.	Total de moradores	Consumo (litros)	Volume economizado (litros)
22,91	47,09	3	143	429	20201,61	8462,45
43,50	47,09	3	549	1647	77557,23	43587,16

64,10	47,09	3	970	2910	137031,9	94826,07
84,69	47,09	3	819	2457	115700,1	80064,49
105,29	47,09	3	678	2034	95781,06	69958,49
125,88	47,09	3	479	1437	67668,33	51191,09
146,48	47,09	3	351	1053	49585,77	39207,47
167,07	47,09	3	275	825	38849,25	31160,98
187,67	47,09	3	204	612	28819,08	23378,04
208,26	47,09	3	138	414	19495,26	15964,67
228,86	47,09	3	87	261	12290,49	10148,26
249,45	47,09	3	58	174	8193,66	6810,57
TOTAL			4.751	14.253	671m³	475m³

Fonte: Autoria Própria (2023)

4.3 ÁREA DE COBERTURA TOTAL

Para determinar a área total de captação de água de chuva na cidade de Bananeiras-PB, é necessário multiplicar a área da classe representativa pela sua frequência. Esse cálculo nos permitirá obter uma estimativa abrangente da extensão de captação de água de chuva em todo o município. Essa análise é fundamental para compreender a capacidade de captação e uso sustentável desse recurso hídrico na região. Com isso obteve-se uma área total de 489.144,43m² de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15 - Total de área de cobertura na zona urbana de Bananeiras-PB

Área de cobertura da edificação representativa (m ²)	Frequência (und)	Total (m ²)
22,91	143	3275,91
43,50	549	23883,38
64,10	970	62175,41
84,69	819	69363,82
105,29	678	71385,44
125,88	479	60298,05
146,48	351	51413,83
167,07	275	45945,10
187,67	204	38284,28
208,26	138	28740,29
228,86	87	19910,64
249,45	58	14468,27
Total final:		489.144,43

Fonte: Autoria própria (2024)

4.3.1 Potencial de Aproveitamento da Água da chuva

Nas simulações realizadas, evidencia-se que o município de Bananeiras experimenta uma média de precipitação constante ao longo de oito meses do ano, abrangendo o período de janeiro a agosto, enquanto enfrenta quatro meses de baixa precipitação, de setembro a dezembro, caracterizados por índices relativamente uniformes.

Ao examinar as demandas específicas do município, conforme detalhado na Tabela 14 que são dados obtidos do SNIS e IBGE, procede-se à análise do potencial de captação de água de chuva. Utilizando a Equação 2 e assumindo um fator de eficiência dos sistemas de captação igual a 0,85 como indicado anteriormente na seção 4.1.1, os resultados são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Volume médio mensal de chuva captada entre o período de 2000 a 2022.

Ano	Precipitação (litros/m ²)	Volume de Chuva captada (litros/mês)	Volume de Chuva captada (m ³ /mês)	Quantidade de demanda mensal armazenada
Janeiro	102	33927057,66	33.927,05	2,44
Fevereiro	103	34259675,88	34.259,67	2,48
Março	152	50557968,28	50.557,96	4,13
Abril	154	51223204,71	51.223,204	4,20
Mai	151	50225350,07	50.225,350	4,10
Junho	195	64860551,42	64.860,55	5,59
Julho	202	67188878,9	67.188,87	5,82
Agosto	110	36588003,36	36.588,00	2,71
Setembro	57	18959238,11	18.959,23	0,92
Outubro	22	7317600,673	7.317,60	-0,25
Novembro	19	6319746,036	6.319,74	-0,35
Dezembro	37	12306873,86	12.306,87	0,25

Fonte: Autoria própria (2023)

Ao interpretar os dados fornecidos na Tabela 16, pode-se inferir que o volume de captação de água da chuva é substancial, capaz de atender às demandas diárias de toda a população urbana. Além disso, destaca-se a possibilidade de armazenamento para os períodos nos quais a captação de água não atende

plenamente, como nos meses de outubro e novembro.

Essa constatação revela não apenas o potencial elevado do sistema de captação, mas também ressalta a capacidade de suprir as necessidades hídricas da comunidade durante a maior parte do ano, contribuindo para a segurança hídrica.

4.3.2 Benefícios Ambientais e econômicos

Considerando que o município está sujeito a um regime de racionamento de água pela concessionária que o abastece, evidenciando a sobrecarga do sistema, a economia de água por parte da população perante a concessionária se mostra atrativa em termos financeiros e em qualidade de vida, por meio de uma segurança hídrica que o aproveitamento da água de chuva pode proporcionar, os resultados são apresentados abaixo na Tabela 17.

Tabela 17 - Volume de água potável economizada se houver a implantação de sistemas de captação da água de chuva para o consumo de 38,87 e 47,09 litros diários.

% de Utilização de SAAC nas residências	Volume de água m ³ /dia					
	Modelo 01		Modelo 02		Modelo 03	
	A	B	A	B	A	B
25%	46,17	55,93	92,34	111,86	138,51	167,79
50%	92,34	111,86	184,68	223,72	277,02	335,58
75%	138,50	167,79	277,00	335,58	415,50	503,37
100%	184,67	223,72	369,34	447,44	554,01	671,16

Fonte: Autoria Própria (2023)

Ao observar os dados da Tabela 20, percebemos que a adoção progressiva desses sistemas, mesmo em uma porcentagem menor das edificações, resulta em uma economia expressiva de água potável ao longo do ano

Além disso, a introdução desses sistemas pode impulsionar o desenvolvimento econômico local, estimulando atividades relacionadas à instalação, manutenção e operação dos sistemas. A criação de empregos nesse setor específico pode gerar impactos positivos na economia municipal, fomentando um ciclo virtuoso de

crescimento sustentável.

Do ponto de vista social, a implementação de sistemas de aproveitamento de água pode promover a conscientização da comunidade sobre o uso responsável dos recursos hídricos, fortalecendo o engajamento e a participação ativa na gestão sustentável. A realização de campanhas educativas e a capacitação da população para a adoção de práticas ambientalmente responsáveis são elementos essenciais nesse processo.

Assim, a análise em escala urbana revela não apenas os benefícios financeiros, mas também os impactos positivos na qualidade de vida e na segurança hídrica que o aproveitamento da água de chuva pode oferecer à população do município.

. Ampliando a análise, podemos destacar que, apesar da concessionária de água enfrentar limitações financeiras, a adoção de sistemas de aproveitamento de água da chuva assume um papel crucial na promoção da qualidade de vida da população. Além disso, a segurança hídrica proporcionada por esses sistemas transcende a ótica financeira, contribuindo para o bem-estar geral da comunidade. Nas Tabelas 18 e 19 pode-se verificar a economia com o sistema de abastecimento e a economia da população com o uso de Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva.

Tabela 18 - Economia anual com a operação do sistema de abastecimento de água na região

% SAAC	Modelo 01		Modelo 02		Modelo 03	
	A	B	A	B	A	B
25%	R\$156.716,74	R\$189.858,28	R\$313.433,48	R\$379.716,56	R\$470.150,22	R\$569.574,84
50%	R\$313.433,48	R\$379.716,56	R\$626.866,97	R\$759.433,12	R\$940.300,45	R\$1.139.149,68
75%	R\$470.150,22	R\$569.574,84	R\$940.300,45	R\$1.139.149,68	R\$1.410.450,67	R\$1.708.724,52
100%	R\$626.866,97	R\$759.433,12	R\$1.253.733,93	R\$1.518.866,24	R\$1.880.600,90	R\$2.278.299,36

Fonte: Autoria Própria (2023)

Tabela 19 - Economia Anual com a tarifa de água

% SAAC	Modelo 01		Modelo 02		Modelo 03	
	A	B	A	B	A	B
25%	R\$74.819,61	R\$90.642,02	R\$149.639,21	R\$181.284,04	R\$224.458,82	R\$271.926,05
50%	R\$149.639,21	R\$181.284,04	R\$299.278,42	R\$362.568,07	R\$448.917,63	R\$543.852,11
75%	R\$224.458,82	R\$271.926,05	R\$448.917,63	R\$543.852,11	R\$673.376,45	R\$815.778,16
100%	R\$299.278,42	R\$362.568,07	R\$598.556,84	R\$725.136,14	R\$897.835,27	R\$1.087.704,21

Fonte: Autoria Própria (2023)

É importante considerar que Bananeiras é um município de pequeno porte, onde grande parte de seus recursos financeiros advém do Governo Federal. Incentivar a autogestão das necessidades desses municípios é uma prática que promove avanço econômico sustentável.

Embora os valores apresentados, estejam defasados em virtude do tempo, destacamos que, em termos de segurança hídrica e preservação dos recursos naturais, eles possuem uma significância extrema. Esses recursos financeiros economizados poderiam ser redirecionados para iniciativas como a construção de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva – SAAC - no município, contribuindo assim para a sustentabilidade local.

Por fim, ao contribuir para a reabilitação do ecossistema, esses sistemas auxiliam na preservação dos recursos naturais e na mitigação de impactos ambientais adversos. A captação de água da chuva, quando integrada a práticas sustentáveis, pode influenciar positivamente na saúde dos corpos d'água locais, na redução do escoamento superficial e no suporte à biodiversidade. Portanto, a análise em escala urbana busca demonstrar não apenas os ganhos imediatos, como a disponibilidade hídrica e a redução das perdas, mas também os efeitos benéficos a longo prazo, abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais.

4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

O propósito deste estudo foi realizar uma análise abrangente das edificações na zona urbana de Bananeiras-PB, visando quantificar e qualificar seu potencial de captação de água da chuva, bem como avaliar a economia de água potável por meio

da incorporação desse recurso em edificações residenciais. Ao empregar 576 simulações no programa Netuno, considerando diferentes tamanhos ideais de reservatórios (1000 litros, 1500 litros e 2000 litros), foi possível identificar que um sistema de captação de água de chuva, notadamente com um reservatório de 2000 litros, atendeu de forma eficaz às necessidades da população, fornecendo uma complementação significativa ao sistema de abastecimento municipal.

A análise se concentrou em avaliar as variações e taxas de aproveitamento da água de chuva em cada simulação, visando determinar o tamanho ótimo de reservatório que garantiria a segurança hídrica das famílias. Como conclusão, destaca-se que o município possui um notável potencial para captar volumes substanciais de água de chuva, possibilitando o armazenamento e utilização desse recurso durante os períodos de estiagem. Esses resultados não apenas oferecem insights valiosos para a implementação eficaz de sistemas de captação de água de chuva em edificações residenciais em Bananeiras-PB, mas também enfatizam a importância da escolha adequada do tamanho do reservatório para garantir a segurança hídrica, otimizando o uso da água da chuva e promovendo a sustentabilidade hídrica a longo prazo.

5 CONCLUSÃO

No processo de geoprocessamento, foram identificadas e selecionadas um total de 5.206 edificações para análise, das quais 299 foram excluídas para o estudo em questão. Essas edificações apresentaram uma variação significativa em suas áreas, abrangendo desde 12,61m² até 259,75m², e foram agrupadas em classes com base nessas medidas, a fim de facilitar a análise e compreensão dos dados.

Entre as diversas tipologias de cobertura analisadas, a telha cerâmica se destacou como a mais predominante, sendo escolhida como representante da maioria das edificações. É importante ressaltar que, para fins deste estudo, foram consideradas apenas as residências, uma vez que o padrão de consumo de água em estabelecimentos comerciais difere significativamente do residencial, o que poderia impactar os resultados.

A área total de cobertura identificada para captação de água da chuva alcançou um total de 489.144,43m², possibilitando a coleta de um volume médio anual de 36.144,50m³ de água pluvial. Esse volume é capaz de suprir a demanda diária para usos não potáveis, e o excedente pode ser armazenado para utilização durante os períodos de estiagem, contribuindo assim para garantir um fornecimento contínuo de água.

Ao considerar a utilização de 46% dos consumos per capita de 102,36 litros e 84,50 litros, verificou-se uma ampla variação na economia de água potável, que pode chegar a até 96,15% nos cenários simulados. Esses resultados indicam que a demanda por água potável é relativamente fixa, variando principalmente de acordo com a área de cobertura disponível para captação de água da chuva. Portanto, fica evidente a importância de se investir em estratégias de captação e uso sustentável da água pluvial para promover uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos hídricos.

5.1 CONTRIBUIÇÕES PARA GESTÃO HÍDRICA URBANA

Ao incorporar a água da chuva em usos não potáveis, como descargas de banheiros e lavagem de pisos, é possível mitigar a demanda por água potável da concessionária, resultando em uma redução nos custos associados ao fornecimento

de água. Essa prática implica na captação, tratamento e distribuição de uma quantidade menor de água potável, contribuindo para a diminuição das despesas operacionais da concessionária.

Além disso, a incorporação da água da chuva como parte das práticas hídricas representa uma estratégia eficaz na redução de perdas no sistema de abastecimento. Ao capturar a água localmente, evita-se a necessidade de transportá-la por longas distâncias, diminuindo a dependência de grandes infraestruturas e promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Vale destacar que essa abordagem não apenas contribui para a eficiência do sistema, mas também atua na prevenção de enchentes, já que grande parte da água que normalmente escoaria por superfícies impermeáveis seria captada.

Diante dos elevados custos associados ao fornecimento de água e das perdas no sistema, a prática de aproveitar a água de chuva surge como uma alternativa viável e econômica. Essa estratégia não apenas reduziria os custos diretos de consumo de água, mas também aprimoraria a eficiência operacional e a sustentabilidade do sistema de abastecimento, apresentando-se como uma solução que concilia benefícios econômicos com práticas ambientalmente sustentáveis.

5.2 DESAFIOS URBANOS

A falta de compreensão sobre o uso adequado da água decorre do desequilíbrio entre os usos e os aspectos de quantidade e qualidade da água. Esse desequilíbrio pode ser agravado por diversos fatores, como eventos extremos, desmatamento e falta de investimentos em infraestrutura hídrica.

Eventos extremos, como secas e inundações, têm impacto significativo na disponibilidade e qualidade da água. Secas prolongadas podem levar à escassez e à redução da qualidade da água, enquanto inundações podem resultar em contaminação e poluição dos recursos hídricos.

O aumento acentuado do desmatamento também contribui para a degradação da qualidade da água. A remoção da vegetação natural reduz a capacidade de absorção e filtração do solo, resultando em maior escoamento superficial e aumento da erosão, transportando sedimentos e poluentes para os corpos d'água.

Por fim, a falta de investimentos em infraestrutura hídrica pode limitar a

capacidade de captar, tratar e distribuir água de forma adequada. A ausência de investimentos em projetos de abastecimento de água, tratamento de efluentes e sistemas de drenagem pode levar ao colapso do sistema de água, afetando negativamente a qualidade e disponibilidade da água.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

É crucial adotar uma abordagem integrada e sustentável para enfrentar esses desafios, incluindo a implementação de políticas adequadas, conscientização sobre o uso eficiente da água, estímulo a investimentos em infraestrutura hídrica e planejamento adequado para eventos extremos.

No entanto, é importante destacar que a adoção de sistemas de aproveitamento de água em zonas urbanas do semiárido brasileiro pode enfrentar desafios, como a falta de conhecimento e conscientização sobre essas tecnologias, questões regulatórias, limitações de infraestrutura e custos associados à instalação e manutenção dos sistemas.

Portanto, é fundamental promover a conscientização e oferecer suporte técnico e financeiro para incentivar a utilização de sistemas de aproveitamento de água nas zonas urbanas do semiárido brasileiro. Embora o retorno financeiro direto possa não ser imediato, o aproveitamento da água de chuva traz benefícios indiretos, como a redução dos custos de consumo de água potável e a diminuição da dependência do abastecimento público. Além disso, contribui para a conscientização da população sobre a importância da sustentabilidade hídrica e encoraja práticas de uso eficiente da água, promovendo uma melhoria na qualidade de vida e segurança hídrica, especialmente em situações de crise.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: ANA, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília: ANA, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: informe anual. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/seguranca-hidrica>. Acesso em: 23 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Cobrança pelo uso de recursos hídricos. Brasília: ANA, 2014. 80 p. il. (Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos; v. 7). ISBN: 978-85-89629-97-3.

ALI, S.; SANG, Y. Implementing rainwater harvesting systems as a novel approach for saving water and energy in flat urban areas. **Sustainable Cities and Society**, v. 89, p. 104304, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ALVES, C.; CARDOSO, D. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Estado De São Paulo Câmpus Barretos, 2016.

ARAÚJO, M. V. O. **Análise de persistência de longo prazo em séries fluviométricas da bacia do Rio São Francisco**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2016.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. Perfil do município de Bananeiras-PB. 2013. Disponível em: https://ideme.pb.gov.br/servicos/perfis-do-idhm/atlasidhm2013_perfil_bananeiras_pb.pdf/view. Acesso em: 22 mar. 2022.

AUGUSTO, L. G. da S.; GURGEL, I. G. D.; NETO, H. F. C.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1511, 2012.

B, M. A. (Fundação N. de S. da S). Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água. Fundação Nacional de Saúde – Funasa, 172 p., 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/reducao_de_perdas_em_saa74.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo, SP: Blucher, 1998.

BATISTA, L. M.; NAHUM, L. M. Potencial de aproveitamento de água de chuva para abastecimento unifamiliar no estado do Pará- Amazônia Oriental. **Revista GeoAmazônica**, Belém, v. 11, n. 21, p. 55-73, 2023.

BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTIAN, P.; TEXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre os métodos 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.

BORGERT, A. E; J. S. Análise Econômica de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial e Potencial de Economia de Água em Escala Urbana na Cidade de Florianópolis. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2022.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. In: **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, pp. 143–166, 1997.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNIS/MDR, 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua/. Acesso em: 30 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3. ed. – Brasília, DF: FUNASA, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água. 2. ed. – Brasília, DF: FUNASA, 2014.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 22 de março de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm.

BRASIL. Organização das Nações Unidas. 22 de março de 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>.

BRASIL. Lei nº 14.566, de 4 de abril de 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2023-2026/2023/lei/L14546.htm.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm.

BRASIL. Decreto 10.430, de 20 de julho de 2020. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.430-de-20-de-julho-de-2020-267731158>.

BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. **Avaliação do potencial de economia de água tratada no setor residencial da região sudeste através do aproveitamento de água pluvial**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. 117 p.

BRITTO, A. L. N. de P.; QUINTSLR, S. Redes técnicas de Abastecimento de água no Rio de Janeiro: história e dependência de trajetória. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 9, n. 18, p. 137–162, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/rbhcs.v9i18.441>.

CABRAL, D. de C. Águas passadas: sociedade e natureza no Rio de Janeiro oitocentista. **R' A E GA**, n. 23, p. 159-190, 2011.

CALHEIROS, E. C.; GOMES, M. R.; ESTRELLA, P. M. A. Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, 2014. doi: 10.4136/ambi-agua.1329.

CIRILO, J. A.; MENDES, C. A. B. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

PARDO-CARRASCO, S. C. Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. **Orinoquia**, v. 21, n. 2, p. 13–21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22579/20112629.413>.

CARVALHO, F. S. De; PEPLAU, G. R.; CARVALHO, G. S. De; PEDROSA, V. D. A. **Estudos Sobre Perdas No Sistema De Abastecimento De Água Da Cidade De Maceió**. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos Do Nordeste, 082, 2004, p. 1–18.

COOMBES, P. J.; ARGUE, J. R.; KUCZERA, G. Figtree Place: A case study in water sensitive urban development (WSUD). **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 335–343, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s1462-0758\(00\)00027-3](https://doi.org/10.1016/s1462-0758(00)00027-3).

DA SILVA BRITO, S. S.; OLIVEIRA DA SILVA, E.; DE OLIVEIRA SILVA, C. Diagnóstico dos Serviços de Abastecimento de água na Perspectiva do Usuário na Cidade de Bateguara-AL. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 2, p. 342–355, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v4i2.705>.

DALPAZ, L.; BORGERT, A. E.; VENDRAMI, J. M.; GHISI, E. Tipos e eficiência de unidades de tratamento para água pluvial: revisão de literatura. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 207–231, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300334>.

DE SOUSA, C. M.; SILVEIRA, C. da S.; da Silva, E. M.; de Pontes, R. J. A. Reuso de água de drenagem subterrânea em canteiro de obras e para irrigação de jardins: Um estudo de caso em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 625–635, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-77863630011>.

ECKERT, S.; CORCINI Neto, S. L. H.; BOFF, D. S. Iniciativas e práticas ambientais das pequenas e médias empresas do Vale do Caí-RS. GeAS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 108–123, 2015.

FEDERAL, U.; GRANDE, D. E. C. Impactos Ambientais sobre os recursos hídricos por empreendimentos habitacionais no município de Bananeiras - PB. **Revista X**, n. [volume], p. [página inicial]-[página final], dezembro 2017. ISSN: 2359-1048.

FERREIRA, L. V. dos S. *et al.* Análise dos métodos da norma ABNT NBR 15527/2007 para o dimensionamento de reservatórios de águas pluviais em municípios do semiárido pernambucano no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5102>.

FEWKES, A. The use of rainwater for WC flushing: The field testing of a collection system. **Building and Environment**, v. 34, n. 6, p. 765–772, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(98\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(98)00063-8).

FRANCISCO, P. R. M. et al. Köppen's and Thornthwaite Climate Classification for Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006–1016, 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>.

FREIRES, E. L. et al. Potencial de captação de água de chuva em unidades familiares rurais do município de Breves-PA. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 23, p. 57–67, 2019. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.06>.

GAITÁN, M. C. P.; TEXEIRA, B. A. do N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos-SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 133-144, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020189032>.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 Manual do Usuário**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, 2014.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 307–316, 2000. [https://doi.org/10.1016/s1462-0758\(00\)00024-8](https://doi.org/10.1016/s1462-0758(00)00024-8).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em 18 de abril de 2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Disponível em: <https://www.aguasaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pb/bananeiras>. Acesso em: 4 de março de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Portal Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/bananeiras/panorama>. Acesso em 20 de janeiro de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sidra. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/contas-economicas-ambientais/contas-economicas-da-agua/tabelas>. Acesso em: 19 de março de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/bananeiras/panorama>. Acesso em: 18 de março de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sobre base territorial, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021). São Paulo, 2023.

LANNA, A. E. Economia dos Recursos Hídricos. **Revista X**, v. 22, n. 63, p. 177, 2008.

LIMA, J. A. et al. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 40 cities in Amazon | Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: Análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 291–298, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000300012>.

LEITÃO, R. I. M. N. de. **Sustentabilidade na Gestão do Ciclo Urbano da Água: Simulação e Análise de Cenários**. Dissertação de mestrado (Engenharia do Ambiente na Especialidade de Território e Gestão do Ambiente) – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.

MAIA, A. G.; SANTOS, A. L. DOS; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Iriti, Paraná. **Revista Ambiência**, v. 7, n. 1, p. 51–63, 2011.

MARINISKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 423–443, 2018. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100230>.

MATOS, J. C. C. T. **Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação MTARH.DM-102/07, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORAIS, Í. de M. PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: Um estudo comparativo entre prestadores no Brasil: Um estudo comparativo entre prestadores no Brasil. **Revista X**, n. 81, 2017.

MULLER, L.; GERICKE, J.; PIETERSEN, J. Methodological approach for the compilation of a water distribution network model using QGIS and EPANET. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, v. 62, n. 4, p. 32–43, 2020. <https://doi.org/10.17159/2309-8775/2020/V62N4A4>.

NERY, T. C. dos S. Saneamento: ação de inclusão social. **Estudos Avançados**, v. 18, n. 50, 2004.

PETERS, M. R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação Em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

PINHEIRO, L. G.; ARAÚJO, A. L. C. Qualidade E Aproveitamento Da Água De Chuva. **Holos**, v. 8, 2017. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.3431>.

PREDIGER, R. P. et al. Os pequenos municípios brasileiros: viabilidade, direitos sociais e desenvolvimento local. *Redes*, v. 27, n. 1–2, 2022. <https://doi.org/10.17058/redes.v27i.17018>. QUEIROZ DE PAIVA, L. V.; DE SOUZA, B. I. Potencial de captação de água da chuva em áreas urbanas do semiárido. **Revista de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 440, 2021.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. 207 p.

REGINA, P. *et al.* ÁGUA DA CHUVA NO ASSENTAMENTO OZIEL ALVES III. [S.I.], n. 61, p. 1–12, [s.d.].

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações**: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. *Ambiente & Água*, 2017.

RIBEIRO, A. K. M. **Método para avaliação do impacto ambiental da implantação de sistemas integrados de aproveitamento de água pluvial e água cinza em residências unifamiliares a partir da análise do ciclo de vida.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

ROCHA, B. C. C. M.; REIS, R. P. A.; ARAÚJO, J. V. G. de; CAMPLES, D. C. F. Aproveitamento De Águas De Chuva Coletadas Em Coberturas De Diferentes Materiais Visando Seu Aproveitamento. *In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recurso Hídricos*, 2002.

RONDEAU, S.; Silva, C.; Executivo, S. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO**. 2005.

ROSTAD, N.; FOTI, R.; MONTALTO, F. A. Harvesting rooftop runoff to flush toilets: Drawing conclusions from four major U.S. cities. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 108, p. 97-106, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.009>.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47–64, 2011. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212011000400005>.

SALLA, M. R. *et al.* Relação entre saneamento básico e saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau. **Saúde Soc.**, v. 28, n. 4, p. 284-296, 2019.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; MONTEIRO, L. Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília – parte 2: viabilidade técnica e econômica. Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, 2013. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n10.2013.12126>.

SANTOS, D. C. *et al.* Variabilidade Do Balanço Hídrico Nas Últimas Seis Décadas Em Bananeiras-Pb. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 28, n. 2, p. 114–119, 2014.

SANTOS, S.; SANT'ANA, D. Análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas na rodoviária do Plano Piloto de Brasília-DF. Paranoá, n.23, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18830/issn.1679-0944>.

SILVA, S. T. B. da *et al.* Influência da deposição seca e da modificação em dispositivo de desvio automático sobre a qualidade da água de chuva. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 385–393, 2022. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200227>.

SILVA, P. N.; HELLER, L. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 6, p. 1861-1869, 2016. DOI: 10.1590/1413-81232015216.03422016.

SOUZA, S. et al. Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 3, p. 81–93, 2011. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v16n3.p81-93>.

SWYNGEDOUW, Erik. Modernity and Hybridity: Nature, Regeneracionismo, and the Production of the Spanish Waterscape, 1890–1930. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 89, n. 3, p. 443–465, 1999.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

EL TUGOZ, J.; BERTOLINI, G. R. F.; BRANDALISE, L. T. Captação e Aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, vol. 6, núm. 1, pp. 26-39, 2017.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, 2008.

VERDE, R. *et al.* Panorama do abastecimento de água na Paraíba: breve análise contextual. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 98–102, 2014.

YAO, J. et al. Exploring the spatiotemporal variations in regional rainwater harvesting potential resilience and actual available rainwater using a proposed method framework. **Science of The Total Environment**, v. 858, 2022.

BANANEIRAS. Prefeitura Municipal. 17 de abril de 2021. Disponível em: <https://www.bananeiras.pb.gov.br/historia>.

CAGEPA. Paraíba. 19 de março de 2022. Disponível em: <https://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/historia/>.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=37#:~:text=Basicamente%2C%20as%20perdas%20de%20%C3%A1gua,instala-dos%20nos%20im%C3%B3veis%20dos%20clientes>. Acesso em: 15 de março de 2023.

Novus. Causas e consequências das perdas em sistemas de abastecimento de água. Disponível em: <https://www.novus.com.br/blog/causas-e-consequencias-das-perdas-em-sistemas-de-abastecimento-de-agua>. Acesso em: 15 de março de 2023.

SISAR – Sistema Integrado de Saneamento Rural. Disponível em: <http://sisar.org.br/institucional>. Acesso em: 25 de janeiro de 2024.

APÊNDICE – Dados Netuno

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
1	22,91	1	38,87	1500	80,58
		2	38,87	1500	63,74
		3	38,87	1500	48,92
		1	38,87	1000	45,68
		2	38,87	1500	40,29
		3	38,87	1500	35,94
		1	47,09	1500	76,68
		2	47,09	1500	56,98
		3	47,09	1500	41,89
		1	47,09	1500	45,03
		2	47,09	1500	38,34
		3	47,09	1500	33,4
2	43,50	1	38,87	1500	89,37
		2	38,87	1500	75,45
		3	38,87	1500	64,96
		1	38,87	1000	47,92
		2	38,87	1500	44,68
		3	38,87	1500	40,90
		1	47,09	1500	79,19
		2	47,09	1500	66,08
		3	47,09	1500	56,20
		1	47,09	1500	47,72
		2	47,09	1500	43,06
		3	47,09	1500	38,81

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
3	64,10	1	38,87	1500	92,59
		2	38,87	1500	80,49
		3	38,87	2000	74,11
		1	38,87	1000	48,31
		2	38,87	1500	46,30
		3	38,87	1500	43,27
		1	47,09	1500	89,96
		2	47,09	2000	78,99
		3	47,09	2000	69,20
		1	47,09	1500	48,55
		2	47,09	1500	44,98
		3	47,09	1500	41,29
4	84,69	1	38,87	1500	94,25
		2	38,87	2000	86,46
		3	38,87	2000	77,66
		1	38,87	1000	48,43
		2	38,87	1500	47,12
		3	38,87	1500	44,44
		1	47,09	1500	92,04
		2	47,09	2000	82,48
		3	47,09	2000	73,04
		1	47,09	1000	47,96
		2	47,09	1500	46,02
		3	47,09	2000	43,99

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
5	105,29	1	38,87	1500	94,91
		2	38,87	2000	88,36
		3	38,87	2000	80,24
		1	38,87	1000	48,51
		2	38,87	1500	47,46
		3	38,87	1500	45,12
		1	47,09	1500	93,03
		2	47,09	2000	84,91
		3	47,09	2000	75,65
		1	47,09	1000	48,09
		2	47,09	1500	46,52
		3	47,09	2000	44,95
6	125,88	1	38,87	1500	95,16
		2	38,87	2000	89,59
		3	38,87	2000	82,04
		1	38,87	1000	48,59
		2	38,87	1500	47,58
		3	38,87	1500	45,56
		1	47,09	1500	93,52
		2	47,09	2000	86,48
		3	47,09	2000	77,61
		1	47,09	1000	48,21
		2	47,09	1500	46,76
		3	47,09	2000	45,52

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
7	146,48	1	38,87	1500	95,39
		2	38,87	2000	90,48
		3	38,87	2000	83,41
		1	38,87	1000	48,67
		2	38,87	1500	47,69
		3	38,87	1500	45,86
		1	47,09	1500	93,78
		2	47,09	2000	87,46
		3	47,09	2000	79,07
		1	47,09	1000	48,28
		2	47,09	1500	46,89
		3	47,09	1500	44,50
8	167,07	1	38,87	1500	95,60
		2	38,87	2000	91,09
		3	38,87	2000	84,41
		1	38,87	1000	48,75
		2	38,87	1500	47,80
		3	38,87	1500	46,04
		1	47,09	1500	94,03
		2	47,09	2000	88,21
		3	47,09	2000	80,21
		1	47,09	1000	48,34
		2	47,09	1500	47,01
		3	47,09	1500	44,80

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
9	187,67	1	38,87	1500	95,76
		2	38,87	2000	91,57
		3	38,87	2000	85,24
		1	38,87	1000	48,83
		2	38,87	1500	47,88
		3	38,87	1500	46,16
		1	47,09	1500	94,24
		2	47,09	2000	88,83
		3	47,09	2000	81,12
		1	47,09	1000	48,81
		2	47,09	1500	47,12
		3	47,09	1500	45,02
10	208,26	1	38,87	1500	95,91
		2	38,87	2000	91,91
		3	38,87	2000	85,87
		1	38,87	1000	48,91
		2	38,87	1500	47,96
		3	38,87	1500	46,27
		1	47,09	1500	94,44
		2	47,09	2000	89,31
		3	47,09	2000	81,89
		1	47,09	1000	48,48
		2	47,09	1500	47,22
		3	47,09	1500	45,19

Tabela A.1 – Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva.

classe	Edificação representativa (m ²)	n ° de moradores (und)	Consumo não potável (46%)	volume ideal indicado pelo netuno (litros)	Potencial de redução do consumo de água potável devido a utilização da água da chuva (%)
11	228,86	1	38,87	1500	96,05
		2	38,87	2000	92,14
		3	38,87	2000	86,40
		1	38,87	1000	48,94
		2	38,87	1500	48,03
		3	38,87	1500	46,37
		1	47,09	1500	94,63
		2	47,09	2000	89,71
		3	47,09	2000	82,7
		1	47,09	1000	48,54
		2	47,09	1500	47,32
		3	47,09	1500	45,32
12	249,45	1	38,87	1500	96,15
		2	38,87	2000	92,32
		3	38,87	2000	86,81
		1	38,87	1000	48,96
		2	38,87	1500	48,08
		3	38,87	1500	46,46
		1	47,09	1500	94,77
		2	47,09	2000	90,03
		3	47,09	2000	83,12
		1	47,09	1000	48,61
		2	47,09	1500	47,38
		3	47,09	1500	45,44