

**UFPA**

PPGEC

**Universidade Federal  
do Pará**



Fábio Venilson de Sousa Pereira

**Abastecimento de água para consumo humano  
em comunidades rurais: um estudo de caso em  
Santa Luzia do Pará - Brasil**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes

Belém – Pará - Brasil

2024

FÁBIO VENILSON DE SOUSA PEREIRA

**ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES  
RURAIS: UM ESTUDO DE CASO EM SANTA LUZIA DO PARÁ - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Engenharia Hídrica

**Linha de Pesquisa:** Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

**Orientador:** Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes

BELÉM - PA

2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)**  
**autor(a)**

---

Sousa Pereira, Fábio Venilson de.

Abastecimento de água para consumo humano em  
comunidades rurais: um estudo de caso em Santa Luzia do  
Pará - Brasil. / Fábio Venilson de Sousa Pereira. — 2024.  
122 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil, Belém, 2024.

1. Aproveitamento de água da chuva. 2.  
Abastecimento de água na zona rural. 3. Saneamento. I.  
Título.

CDD 628.1

---

# ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM COMUNIDADES RURAIS: UM ESTUDO DE CASO EM SANTA LUZIA DO PARÁ - BRASIL

AUTOR:

**FÁBIO VENILSON DE SOUSA PEREIRA**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA  
EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTEÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA  
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO  
AMBIENTAL.

APROVADO EM: 11 / 09 / 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes  
Orientador (UFPA)

Documento assinado digitalmente  
 LINDEMBERG LIMA FERNANDES  
Data: 11/09/2024 21:31:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Elisangela Maria Rodrigues Rocha  
Membro Externo (UFPB)

Documento assinado digitalmente  
 ELISANGELA MARIA RODRIGUES ROCHA  
Data: 17/09/2024 08:48:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

Membro Interno (UFPA)  
Documento assinado digitalmente  
 FRANCISCO CARLOS LIRA PESSOA  
Data: 23/09/2024 15:44:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa  
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, rendo meus sinceros agradecimentos, à inteligência suprema, causa primária de todas as coisas, a Deus. Sem Ele, meus planos sequer seriam planos.

À minha mãe, expresso minha profunda gratidão por não medir esforços para me auxiliar de todas as formas possíveis e em todos os momentos. Aos meus irmãos e amigos, que nunca deixaram de acreditar em mim, agradeço de coração.

Ao meu pai Valzino Romão Pereira, em memória, que mesmo experenciando outras formas de energia, continua sua evolução. Para sempre, meu amor e gratidão.

Aos amigos da UFPA, Eliabe Silva, Fernando Hungria, Higor Borges, Josiane Coutinho, Marcos Vinícius, Wagner Monteiro, Waldirene Sales, meu agradecimento por estarem presentes e tornarem essa trajetória mais leve.

Aos amigos, Diêgo Crispim, Nara Conceição, Cínthya Duarte, Paulo Eduardo, Ramon Silva, Welington Deivison, minha sincera gratidão por compartilharem dessa jornada.

Aos amigos da Vila do Broca em Santa Luzia do Pará, Mário Sérgio, Assis de Oliveira, Gilberto Cavalcante, agradeço por terem feito parte da minha infância.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes, meu profundo agradecimento pela confiança, atenção, ensinamentos, profissionalismo e paciência ao longo da elaboração desta Dissertação.

Aos membros da banca examinadora, Luiza Carla Girard Mendes Teixeira, Francisco Carlos Lira Pessoa e Elisângela Maria Rodrigues Rocha, agradeço a disponibilidade em avaliar e enriquecer este estudo com suas valiosas contribuições e sugestões.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, na pessoa da Secretária Sanny Ramos Mendes de Assis.

À instituição que tornou possível a realização deste mestrado, proporcionando um ambiente acadêmico enriquecedor.

A todos, meu mais sincero obrigado. Este trabalho é o resultado de um esforço coletivo, e cada um teve sua contribuição necessária nessa conquista.

## **RESUMO**

O objetivo desta pesquisa foi avaliar as formas de abastecimento de água para consumo humano na zona rural do município de Santa Luzia do Pará, bem como analisar a viabilidade técnica de implantação da tecnologia social de captação de água de chuva. O estudo incluiu o cálculo do potencial de aproveitamento da água pluvial e a elaboração do orçamento para a instalação de um sistema desses em uma residência. Foram medidas as áreas de telhados em três comunidades selecionadas por meio do Google Earth, em que foi escolhida uma comunidade sem abastecimento público (Cantã), uma próxima a corpo hídrico superficial intermitente (Broca) e a última próxima a um corpo hídrico perene (Jacarequara). Esse levantamento por meio de imagem de satélite possibilitou levantar o número de 2970 residências, e correlacionando com a média de 3,77 pessoas por casa, de acordo com o IBGE (2010), chegou-se a uma população rural de 11197. A demanda por água foi obtida pelo SNIS (2020) que indicam um consumo per capita de 155,9 litros no estado do Pará e nesta pesquisa foi definido o per capita de 150 litros, mas também foi projetado um cenário com um per capita de 110 litros, de acordo com a OMS (2018). Na comunidade do Broca, a predominância foram áreas acima de 75 m<sup>2</sup>, com 46% da residência, em Cantã e Jacarequara foram área entre 50 m<sup>2</sup> e 75 m<sup>2</sup>. O cálculo do índice pluviométrico para o município foi realizado utilizando dados da estação pluviométrica de código 147016, localizada em Ourém/PA, a mais próxima da área de estudo. Os resultados dessa dissertação revelaram que apenas 2 das 31 comunidades rurais estudadas possuem sistemas públicos de abastecimento de água. A maioria da população recorre, principalmente, ao abastecimento por poços amazonas para suprir suas necessidades hídricas. Ao considerar o consumo per capita de 150 litros por dia, uma residência com 4 pessoas e 75 m<sup>2</sup> consegue atender integralmente à demanda apenas nos meses de fevereiro, março e abril. Em janeiro, maio e junho, a capacidade é reduzida para 50% da demanda total. Já de julho a dezembro, a capacidade do sistema ficou abaixo de 50%. Considerando a mesma residência e reduzindo o consumo per capita para 110 litros ao dia, a demanda foi atendida em sua totalidade nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Nos meses de junho e julho, a capacidade de abastecimento foi de pelo menos 50% da demanda total. No entanto, de agosto a dezembro, a capacidade continuou abaixo de 50%. O potencial de economia de água é de 100% nas três comunidades estudadas nos meses de fevereiro, março e abril. As vilas de Broca e Jacarequara economizam pelo menos 50% em janeiro, maio e junho, enquanto Cantã atinge esse percentual em janeiro, maio, junho e julho. O custo para implantar um sistema de captação de água da chuva é estimado em R\$ 4.019,62 pela Planilha SINAPI e R\$ 4.334,98 com materiais do comércio local. Logo, a tecnologia social de captação de água da chuva demonstra ser uma solução técnica e economicamente viável, capaz de mitigar os problemas de acesso à água nas comunidades rurais, especialmente durante os períodos de estiagem.

**Palavras-Chave:** Aproveitamento de água da chuva, abastecimento de água na zona rural, saneamento.

## ABSTRACT

The objective of this research was to assess the forms of water supply for human consumption in rural areas of the municipality of Santa Luzia do Pará, as well as to analyze the technical feasibility of implementing the social technology of rainwater harvesting. The study included the calculation of rainwater harvesting potential and the development of a budget for the installation of such a system in a residence. Roof areas of three selected communities were measured using Google Earth. These communities were chosen based on their water access: one without public supply (Cantã), one near an intermittent surface water body (Broca), and the last one near a perennial water body (Jacarequara). This survey using satellite imagery identified 2970 residences, and correlating with the average of 3.77 people per house, according to the IBGE (2010), a rural population of 11197 was reached. The water demand was obtained from the SNIS (2020) which indicates a per capita consumption of 155.9 liters in the state of Pará, and in this research, the per capita was defined as 150 liters, but a scenario was also projected with a per capita of 110 liters, according to the WHO (2018). In the Broca community, most residences had areas over 75 m<sup>2</sup>, while in Cantã and Jacarequara, most were between 50 m<sup>2</sup> and 75 m<sup>2</sup>. The calculation of the pluviometric index for the municipality was carried out using data from the pluviometric station with code 147016, located in Ourém/PA, the closest to the study area. The results revealed that only 2 of the 31 rural communities studied have public water supply systems. Most of the population relies mainly on Amazon wells to meet their water needs. Considering a per capita consumption of 150 liters per day, a 75 m<sup>2</sup> residence with 4 people can fully meet the demand only in February, March, and April. In January, May, and June, the capacity is reduced to 50% of the total demand. From July to December, the system's capacity was below 50%. Considering the same residence but reducing the per capita consumption to 110 liters per day, the demand was met in full in January, February, March, April, and May. In June and July, the supply capacity was at least 50% of the total demand. However, from August to December, the capacity remained below 50%. The potential for water savings is 100% in the three communities studied in February, March, and April. The villages of Broca and Jacarequara save at least 50% in January, May, and June, while Cantã reaches this percentage in January, May, June, and July. The cost to implement a rainwater harvesting system is estimated at R\$ 4,019.62 according to the SINAPI Cost Spreadsheet and R\$ 4,334.98 using materials from local suppliers. Therefore, the social technology of rainwater harvesting proves to be a technically and economically viable solution, capable of mitigating water access issues in rural communities, especially during periods of drought.

Keywords: Rainwater harvesting, rural water supply, sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de sistema de abastecimento quanto ao funcionamento ....	17
Figura 2 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável .....	18
Figura 3 - Aproveitamento de águas pluviais com dispositivo de descarte .....	42
Figura 4 - Mapa de localização de Santa Luzia do Pará - PA .....	47
Figura 5 - Mapa de uso do solo do município de Santa Luzia - PA.....	48
Figura 6 - Formação geológica e hidrogeológica do município .....	49
Figura 7 - Mapa da drenagem de Santa Luzia do Pará.....	50
Figura 8 - Mapa das sub-bacias no Município de Santa Luzia do Pará .....	51
Figura 9 - Esquema de desenvolvimento da pesquisa.....	53
Figura 10 - Área de telhado das residências, Vila do Broca.....	58
Figura 11 - Esquema para cálculo de potencial aproveitamento de água de chuva .	60
Figura 12 - Vila fuzil: a) Reservatório; b) Igreja católica; c) Comunidade .....	66
Figura 13 - Vila Tentugal: a) rio Caeté: b) reservatório de abastecimento .....	68
Figura 14 - Vila Tamancuoca: a) Reservatório de abastecimento b) capela .....	69
Figura 15 - Comunidade do Caeté: a) estrutura do reservatório: b) poço tubular .....	70
Figura 16 - Vila do Caeté: a) poço amazonas b) água de cor avermelhada .....	71
Figura 17 - Poço amazonas e aproveitamento de água da chuva .....	71
Figura 18 - Pau de Remo: a) Estrutura do reservatório; b) Poço tubular .....	72
Figura 19 - Vila Muruteuazinho: a) escola; b) escola e reservatório de água.....	73
Figura 20 - Vila Pau D'Arco: a) escola; b) escola e reservatório de água .....	73
Figura 21 - Vila Broca: a) escavação de poço; b) material retirado .....	74
Figura 22 - Comunidades e poços da zona rural cadastrados no SIAGAS .....	76
Figura 23 - Situação quanto a existência de sistema público de abastecimento .....	78
Figura 24 - População quanto ao acesso a sistemas público de abastecimento .....	79
Figura 25 - Espacialização das comunidades selecionadas .....	80
Figura 26 - Comunidade do Broca: a) Igarapé b) Igarapé .....	81
Figura 27 - Vila Cantã: a) Poço comunitário; b) Capela da comunidade.....	82
Figura 28 - Comunidade do Cantã .....	82
Figura 29 - Comunidade do Jacarequara .....	83
Figura 30 - Jacarequara: a) Rio Guamá; b) Capela e campo de futebol .....	83
Figura 31 - Espacialização GPCC e localização da estação pluviométrica .....	85
Figura 32 - Mapa de precipitação (mm/mês), JAN-JUN .....	86
Figura 33 - Mapa de precipitação (mm/mês) JUL-DEZ (1982-2022).....	87
Figura 34 - Normal climatológica da série analisada.....	88
Figura 35 - residências. a) Vila do Broca; b) Vila do Jacarequara.....	97
Figura 36 - Vista do projeto de aproveitamento de água de chuva .....	98
Figura 37 - Planta baixa do telhado para aproveitamento a água da chuva .....	98

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Área de telhados medidos na comunidade através do Google Earth.....	89
Tabela 2 - Área média e média dos telhados .....	89
Tabela 3 - Dados para cálculo do potencial de aproveitamento.....	93
Tabela 4 – População e demanda per capita por comunidade .....	94
Tabela 5 - Potencial economia de água (%) .....	95
Tabela 6 - Orçamento pela planilha SINAPI.....	99
Tabela 7 - Orçamento pelo levantamento de custo no comércio local .....	100

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Produção acadêmica sobre aproveitamento da água pluvial em ilhas de Belém .....	28
Quadro 2 - Legislações Estaduais quanto ao aproveitamento de água de chuva.....	37
Quadro 3 - Coeficiente de Runoff.....	41
Quadro 4 - Tipo de contaminantes presentes nas águas pluviais .....	43
Quadro 5 - Métodos de dimensionamento .....	45
Quadro 6 - População urbana e rural e população/residência .....	51
Quadro 7 - Relação entre demanda em litros/habitante/dia e área de telhado .....	59
Quadro 8 - Volume com potencial de ser captado em um dia.....	62
Quadro 9 - Comunidades com abastecimento de acordo com o IBGE 2010 .....	63
Quadro 10 - Informações das comunidades rurais.....	64
Quadro 11 - Número de residências obtido através de análise geoespacial.....	65
Quadro 12 - Panorama do abastecimento de água na zona rural de Santa Luzia ....	65
Quadro 13 - Poços cadastrados no SIAGAS - Zona Rural.....	75
Quadro 14 - Demanda (L/n° de pessoas/dia), área de telhado (m <sup>2</sup> ) e disponibilidade (L).....	91
Quadro 15 - Demanda (L/n° de pessoas/dia), área de telhado (m <sup>2</sup> ) e disponibilidade (L).....	92

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ASA	Articulação no Semiárido Brasileiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DA	Demanda mensal de água - (m <sup>3</sup> )
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GPCC	Global Precipitation Climatology Center
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDW	Interpolação da Inversa Distância
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INEP	Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais
ISH	Índice de Sustentabilidade Hídrica
MDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MDS	Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social
NBR	Norma Brasileira
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
P1+2	Programa Uma Terra Duas Águas
P1MC	Programa 1 Milhão de Cisternas
PA	Projeto de Assentamento
PAD	Programa Água Doce
PCR	Portaria de Consolidação
PEA	Potencial de economia de água (%)

PMSLP	Prefeitura Municipal de Santa Luzia do Pará
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RESEX	Reservas Extrativistas
SEASTER	Secretaria Estadual de Trabalho Emprego e Renda
SEIRH	Sistema Estadual de Informações Sobre Recursos Hídricos do Pará
SEMAS/PA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade/PA
SEMMA-AM	Secretaria do Meio Ambiente – Amazonas
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGERH-PA	Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado do Pará
SINAPI Civil	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
TIARG	Terra Indígena do Alto Rio Guamá
UFRA/PA	Universidade Federal Rural do Amazônia - Pará
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
USGS	United States Geological Survey

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1	Geral .....	15
2.2	Específicos.....	15
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1	Sustentabilidade da água segundo a ODS 2030 .....	18
3.2	Panorama do aproveitamento de água da chuva .....	19
3.2.1	Panorama no Brasil .....	23
3.3	O abastecimento de água na zona rural de Santa Luzia do Pará.....	28
3.4	Água e o Saneamento Básico.....	29
3.5	Aspectos legais sobre o aproveitamento de Água de Chuva no Brasil .....	35
3.6	Concepção de um sistema de abastecimento de água .....	38
3.6.1	Componentes empregados em um sistema de aproveitamento de água de chuva	
	39	
3.7	Qualidade das águas pluviais .....	42
3.8	Métodos de dimensionamento de reservatórios para armazenamento das águas pluviais, descritos na NBR 15527/2007 .....	44
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Área de estudo.....	46
4.2	Obtenção e processamento das informações.....	53
4.2.1	Dados das comunidades (número de residências, população) .....	54
4.2.2	Seleção das comunidades para o estudo .....	55
4.2.3	Demanda por água na zona rural .....	55
4.2.4	Dados pluviométricos.....	56
4.2.5	Medição da área dos telhados .....	57
4.2.6	Volume captado .....	58
4.3	Potencial de economia de água.....	59
4.4	Custo de implementação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.....	60
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>63</b>
5.2	Panorama do abastecimento na zona rural de Santa Luzia do Pará .....	63
5.2.1	Comunidade do Fuzil .....	66
5.2.2	Comunidade do Tentugal.....	67
5.2.3	Comunidade do Tamancuoca .....	69
5.2.4	Comunidade do Caeté .....	70
5.2.5	Comunidade do Pau de Remo.....	72
5.2.6	Comunidade do Muruteuazinho .....	72
5.2.7	Vila do Pau D'Arco .....	73
5.2.8	Panorama das demais comunidades do município.....	73
5.3	Cálculo da demanda por água na zona rural .....	84
5.4	Cálculo da precipitação em Santa Luzia do Pará .....	85
5.5	Medidas das áreas de captação (Broca, Cantã, Jacarequara) .....	88
5.6	Aproveitamento de água de chuva .....	90
5.7	Potencial aproveitamento de água na zona rural.....	93
5.8	Custo de implementação de um sistema de captação de água de chuva .....	97
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>102</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>114</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água, enquanto recurso natural essencial, desempenha um papel inegável na viabilidade da vida em nosso planeta (Granziera, 2019). Desde tempos remotos, a humanidade tem buscado estabelecer assentamentos em regiões que aparentemente oferecem abundância desse recurso precioso (Carvalho, 2019). A oferta e demanda por água no Brasil variam por região e atividade (Pasqualeto *et. al.*, 2022).

Apesar da abundância de água no planeta, cobrindo cerca de 70% de sua superfície, apenas 2,5% é água doce (De Sousa, 2023). Desse percentual, 2,5% de água doce, a maior parte (69%) está em locais de difícil acesso, como glaciares e aquíferos subterrâneos (30%). Somente 1% está facilmente disponível em rios, mas a influência humana causou uma poluição praticamente irreversível (ANA, 2021).

No mundo, cerca de 2,1 bilhões de pessoas, ou 3 em cada 10, não têm acesso a água potável disponível em casa (OMS & UNICEF, 2017). Ainda segundo a OMS e UNICEF (2020), no Brasil, 40 milhões de pessoas não possuem água segura, sendo 15 milhões na área urbana e 25 milhões em áreas rurais.

Embora o Brasil concentre aproximadamente 12% das reservas de água doce do mundo, de acordo com a ANA (2019), o país enfrenta disparidades significativas no acesso a esse recurso essencial em diversas regiões (Bordalo, 2017; Veloso, 2012).

Com uma vazão aproximada de 179.433 m<sup>3</sup>/s no território brasileiro, a distribuição desse recurso não é uniforme, com cerca de 80% da água superficial concentrada na bacia Amazônica, onde a população e a demanda de água são menores em comparação com outras regiões (ANA, 2019). Estima-se que a disponibilidade por habitante é cerca de 40 m<sup>3</sup> (Ribeiro, 2008).

A região Norte do Brasil apresenta a pior cobertura de distribuição de água, com apenas 42,6% da população atendida (Trata Brasil, 2020; SNIS, 2019), com uma população aproximada de 18 milhões de habitantes (IBGE, 2019), e cerca de 40% dos domicílios rurais fazem a utilização de poços ou nascentes como fonte de abastecimento (FUNASA, 2019). Apesar dos elevados investimentos em saneamento, o Brasil ainda está atrasado na universalização desses serviços, pois o país já poderia ter alcançado esse objetivo, compatível com seu nível de desenvolvimento econômico nos últimos anos (Santos *et al.*, 2018).

A Lei 14.026 de 2020 que altera e atualiza a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, visa garantir o cumprimento dos critérios de universalização do saneamento básico, conforme estabelecido pela legislação nº 11.445/2007, estipulando metas de

atendimento de 99% da população com água potável até 2033 nos contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico.

Nessa perspectiva, o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável de número 6, almeja assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, objetivando garantir que todas as pessoas tenham acesso a água potável e a serviços de saneamento adequados (ONU, 2015).

Independente de ações governamentais, várias iniciativas surgiram para enfrentar os desafios de escassez hídrica no Brasil. Destacam-se programas como o P1MC (Gomes; Heller, 2016), Programa Uma Terra Duas Águas (P1+2) (Gnadlinger, 2005), Pró-chuva e Água Para Todos no Amazonas (Junior, 2018), e o Projeto Cisternas (Vieira, 2023). É importante mencionar que o P1MC e o Programa Cisternas posteriormente foram incorporados a programas sociais do governo federal.

Em Santa Luzia do Pará, o acesso à água em quantidade e qualidade é um desafio a ser superado, pois apenas 2 das 31 comunidades rurais têm acesso a um sistema público de abastecimento de água. As demais comunidades recorrem a fontes alternativas, como poços amazonas e fontes naturais, de acordo as visitas *in loco*, desta pesquisa. Lima (2013), relata realidade semelhante em Cabo Verde, na África, em que as regiões rurais dependem principalmente de poços rasos ou nascentes para o abastecimento de água da população dessa região.

Diante desse contexto, esta pesquisa pretende investigar as formas de abastecimento na zona rural do município e avaliar como o aproveitamento de água da chuva pode ajudar a superar os desafios de acesso à água enfrentados pelos moradores locais.

A utilização de tecnologias sociais para o aproveitamento de água de chuva emerge como uma abordagem promissora diante dos desafios globais de escassez hídrica e sustentabilidade ambiental, explorando os fundamentos, aplicabilidade e impactos dessa prática inovadora. Ao examinar a crescente importância do aproveitamento de água pluvial como uma solução acessível, busca-se evidenciar seu papel na promoção do desenvolvimento sustentável, na conservação de recursos naturais frente às mudanças climáticas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

- Avaliar o abastecimento de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Santa Luzia do Pará e sua relação com tecnologia social de aproveitamento de água de chuva.

### 2.2 Específicos

- Espacialização das comunidades rurais e suas formas de abastecimento e uso da água;
- Calcular o potencial de aproveitamento de água da chuva, realizando a medição das superfícies dos telhados em três comunidades rurais por meio de imagens de satélite;
- Analisar a viabilidade técnica de aproveitamento de água da chuva em três comunidades;
- Calcular o custo de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, tendo como referência uma residência na zona rural.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Os sistemas de abastecimento de água são fundamentais para garantir o fornecimento contínuo e seguro de água potável para populações em áreas urbanas e rurais. Esses sistemas envolvem uma série de componentes e processos que começam na captação de água de fontes naturais, como rios, lagos e aquíferos subterrâneos, e se estendem até a distribuição dessa água tratada para consumo.

De modo geral, as concepções de sistemas de abastecimento dependem principalmente do tipo de manancial, da topografia da área e da população a ser atendida (Tucci. 2013, p. 15).

Deste modo, garantir água a uma população exige projetos de engenharia, os quais consistem essencialmente em captação, tratamento, reservação e distribuição. Outras etapas podem ser incluídas no projeto, a depender de sua complexidade.

A Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 que atualiza o marco legal do saneamento básico, estabelece que:

Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição (Brasil, 2020).

Há pelo menos três tipos de sistema de abastecimento de água, o direto, o indireto e o misto. No sistema direto, a água é distribuída diretamente da estação de tratamento para os consumidores, sem a necessidade de reservatórios intermediários. A pressão necessária para a distribuição é mantida pelas bombas na estação de tratamento ou pela gravidade, se a estação estiver localizada em um ponto elevado. Nesse sistema, a água vai diretamente da estação de tratamento para as residências, indústrias e outros pontos de consumo, sem a necessidade, por exemplo, de reservatórios intermediários.

No sistema indireto, a água é primeiro armazenada em grandes reservatórios depois de ser tratada e, em seguida, é distribuída aos consumidores. Esses reservatórios podem ser elevados, apoiados ou subterrâneos e servem para manter a pressão e garantir um fornecimento contínuo. Já um sistema misto combina diferentes duas formas de abastecimento citados anteriormente.

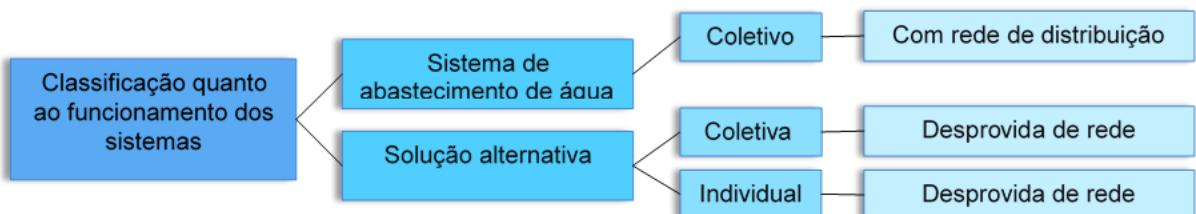
Os sistemas de abastecimento de água podem ser classificados em convencional e simplificado. Um sistema convencional de abastecimento de água é uma infraestrutura complexa projetada para fornecer água potável a grandes áreas. Ele inclui a captação em um manancial, adução, tratamento, armazenamento, rede de

distribuição e ligações prediais. Outros elementos podem ser acrescentados dependendo das peculiaridades do projeto.

Um sistema simplificado de abastecimento de água é uma solução prática e alternativa e econômica, muito utilizado em áreas rurais ou comunidades de pequeno porte, onde sistemas convencionais de distribuição podem ser inviáveis devido a custos ou dificuldades técnicas. Esses sistemas geralmente incluem componentes como fonte de água, que pode ser um poço, nascente, rio ou reservatório; captação, com estruturas para coletar a água da fonte; tratamento, com processos básicos de purificação, como filtração e desinfecção, para garantir a potabilidade da água; armazenamento, em reservatórios ou tanques que armazenam a água tratada; e distribuição, com uma rede de tubulações que levam a água até os pontos de consumo.

Os sistemas de abastecimento de água podem ainda ser classificados em sistema coletivo e individuais. A categoria individual engloba formas de atendimento em que a produção, o tratamento e o consumo de água são restritos, via de regra, a um único domicílio. Os sistemas coletivos têm como objetivo atender populações aglomeradas, em locais onde a produção e o tratamento da água ocorrem em locais distintos do centro de consumo, conforme ilustração da Figura 1.

Figura 1 - Classificação de sistema de abastecimento quanto ao funcionamento



Fonte: Adaptado de PNSR (2019)

De acordo com o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), as populações das áreas rurais e dos pequenos municípios permanecem, e permanecem, à margem do Estado brasileiro, carecendo de ações e serviços públicos como: saúde, alimentação, educação, segurança, transporte público, energia, meio ambiente, assistência técnica e extensão rural, e evidentemente, o saneamento básico. Este quadro é agravado pela dispersão geográfica, em que muitas vezes ficam a localizadas em áreas de difícil acesso, seja por via terrestre ou fluvial, tendo que lidar com a ausência de estratégias que incentivem a participação social e o empoderamento dessas populações, e a inexistência ou insuficiência de políticas v

públicas de saneamento rural nas esferas municipal, estadual ou federal (Brasil, 2019).

Para os gestores de recursos hídricos e de saneamento, assim como para os formuladores de políticas públicas, assegurar o fornecimento de água e serviços de saneamento básico de qualidade no meio rural é um desafio constante. Para milhões de famílias brasileiras que residem em áreas rurais, ter acesso à água encanada e a serviços de esgotamento sanitário em casa ainda é uma realidade distante (Garrido *et al.*, 2016).

### **3.1 Sustentabilidade da água segundo a ODS 2030**

Segundo a Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, conforme ilustra , Figura 2, o sexto objetivo, traça um importante alvo: garantir o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todas as pessoas (De Farias; De Fátima Martins; Cândido, 2021). Nesse âmbito, estão incluídas metas paralelas como a universalização do saneamento básico, a melhoria da qualidade da água por meio da redução da poluição, a diminuição em 50% da proporção de águas residuais não tratadas e o substancial aumento na eficiência do uso da água (ONU, 2020).

Figura 2 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ANA (2021)

No que diz respeito especificamente ao acesso à água, o objetivo inclui a proposta de que, até 2030, o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos seja alcançado (ONU, 2015).

Dante dessa perspectiva delineada nas análises, surge uma necessidade crescente de explorar novos caminhos que não apenas contribuem para a prosperidade econômica, mas também para a construção de uma sociedade enraizada na sustentabilidade (Da Silva; Lima; Ribeiro, 2021).

Cabe enfatizar que investir na sustentabilidade das empresas do setor hídrico transcende o âmbito de um comportamento ético e altruísta. É, na realidade, uma oportunidade estratégica de contribuir de maneira indireta para a continuidade dessas

empresas, o que, por sua vez, reverbera positivamente no próprio negócio e na coletividade em geral (Silva, 2023).

Os desafios em várias partes do mundo não serão fáceis e, países como Brasil enfrentarão dificuldades de maior ou menor grau de diversos fatores, a considerar sua região. Por outro lado, bilhões de pessoas não acessarão água potável, saneamento e higiene até 2030, excetuando, que os investimentos na área sejam quadruplicados, aponta relatório da OMS e UNICEF (2021).

De acordo com o Trata Brasil (2020), o País enfrenta sérios problemas em garantir o acesso à água de qualidade e em quantidades suficientes à toda sua população, assim como também encara objeções no que diz respeito às perdas do recurso. Ainda de acordo com o Trata Brasil, somente em 2018, o índice de perdas de faturamento totais no Brasil, foi de 37,06%, em contrapartida, o índice de perdas na distribuição foi de 38,45%. Logo, percebe-se os grandes desafios a serem superados, objetivando sanar os problemas desses indicadores tão importantes, e a tecnologia social de aproveitamento de águas pluviais surge uma ferramenta capaz de atenuar problemáticas de acesso à água.

### **3.2 Panorama do aproveitamento de água da chuva**

A despeito da abundância aparente de água em nosso planeta, com cerca de 70% de sua superfície coberta por esse recurso, é importante destacar que apenas 4% dessa quantidade constitui água doce, adequada para o consumo humano (De Sousa, 2023). Contudo, dentro do limitado percentual de 2,5% de água doce disponível, a maior parte (69%) encontra-se em áreas glaciais e nas profundezas subterrâneas (30%). Apenas 1% está disponível em corpos d'água, mas a influência da atividade humana deixou um rastro de poluição praticamente irreversível (ANA, 2021).

Considerando o aumento das temperaturas no planeta devido às alterações climáticas, a proteção das águas assume uma dimensão de prioridade à escala global (Cirilo, 2015). Na tentativa de atenuar os efeitos dessas mudanças, torna-se contundente implementar uma gestão eficaz e sustentável, assim diminuindo a disparidade entre o fornecimento e a procura de água, assegurando, desse modo, uma continuidade de sustentabilidade (Carvalho, 2019).

Na realidade onde a carência hídrica impacta aproximadamente 40% da população global, e as projeções apontam para um futuro em que até 2050, 1 em cada 4 pessoas enfrentará a escassez de água (ONU, 2022). Nesse contexto, o

aproveitamento de água da chuva emerge como uma solução alternativa mitigadora viável e sustentável. Nesse sentido, de acordo com Lei 9.433/97 dentre os seus objetivos estão, incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

As variações climáticas e a distribuição irregular das chuvas muitas vezes levam a situações de escassez hídrica, mesmo em regiões que aparentemente possuem recursos hídricos em abundância, pois armazenar e reutilizar a água da chuva, podemos mitigar os impactos dessas variações, reduzindo a pressão sobre os sistemas convencionais de abastecimento de água potável (Teston *et al.*, 2022).

É importante ressaltar que a prática de reaproveitar a água da chuva remonta a civilizações antigas, sendo que os primeiros registros históricos de sua implementação não estão confinados a um único país específico. No entanto, existem evidências de que essa prática foi adotada de maneira mais formalizada em algumas culturas (Silva, 2023).

Os Sumérios, uma antiga civilização da Mesopotâmia (atual região do Iraque), podem ser considerados um dos primeiros grupos a adotar o aproveitamento de água da chuva em cisternas e sistemas de captação. A escassez de recursos hídricos na região impulsionou a busca por métodos inovadores para armazenar e utilizar a água da chuva para fins domésticos e agrícolas (Bryson, 2020).

Além disso, as civilizações romana e grega também demonstraram conhecimento e práticas relacionadas ao reaproveitamento da água da chuva, principalmente para abastecimento de fontes e sistemas de aquedutos. Essas sociedades reconheciam a importância de coletar e gerenciar a água para atender às necessidades da população (Brandão; Dias, 2018).

Nesse contexto global de aproveitamento de recursos pluviais, essa prática tem sido adotada em diversas escalas e contextos. Em muitas regiões do mundo onde o acesso à água potável é limitado, o aproveitamento da água da chuva emerge como uma estratégia crucial para suprir necessidades básicas de abastecimento (De Sá Silva *et al.*, 2022).

Ademais, países em regiões áridas e semiáridas, como alguns países do Oriente Médio, partes da África Subsaariana e do Sul da Ásia, enfrentam desafios significativos no acesso à água potável devido à escassez de fontes convencionais. Nesses locais, a captação e o armazenamento da água da chuva são vitais para a sobrevivência das comunidades (ANA, 2019).

A adoção do aproveitamento de água da chuva varia amplamente entre países e regiões. Por exemplo, a Austrália, enfrentando secas recorrentes, promove o uso da água da chuva com políticas governamentais (Khan *et al.*, 2021). Algumas regiões têm avançado na otimização desse aproveitamento, empregando sistemas automatizados de coleta e armazenamento que monitoram padrões climáticos, qualidade e consumo da água, possibilitando um uso mais eficiente (Morote; Hernández; Eslamian, 2020).

Sá Silva *et al.* (2022) destacam que o aproveitamento da água da chuva não se limita ao abastecimento doméstico. Muitos países aplicam essa prática em setores agrícolas, industriais e comerciais. A água coletada tem diversos usos, como irrigação de culturas, resfriamento industrial, lavagem de veículos, descarga de sanitários e processos industriais avançados. Em nações como Alemanha e França, onde a conscientização ambiental é alta, sistemas de coleta e armazenamento de água da chuva são comuns, principalmente para usos não potáveis, como irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários.

Na Alemanha, a promoção da utilização da água tem como objetivo central a conservação das águas subterrâneas, uma vez que esse recurso representa a principal fonte de abastecimento público no país. A estratégia é voltada para a conscientização da população sobre a importância de utilizar a água de maneira responsável e eficiente. Nesse sentido a água captada é empregada com versatilidade, sendo aplicada em atividades como a descarga de banheiros e a lavagem de roupas, entre outros usos (Velasco-Muñoz *et al.*, 2019).

Na cidade de Tóquio, a captação da água da chuva ocorre com grande frequência, uma vez que as cisternas de abastecimento estão localizadas a uma distância considerável da capital japonesa. A água pluvial é altamente apreciada nesse contexto, evidenciando-se o valor atribuído a ela. Um exemplo notável dessa valorização é o estádio Tóquio Dome, projetado para a Copa do Mundo de 2002. O estádio apresenta um projeto moderno e audacioso, incorporando a captação da água da chuva como parte integrante do seu funcionamento (Abu-Zreig; Ababneh; Abdullah, 2019).

Em Israel, os impactos significativos da seca sobre a população têm levado à implementação de leis destinadas a regulamentar o uso da água nessa região. Com o objetivo de maximizar a utilização dos recursos hídricos, o país tem se empenhado no desenvolvimento de tecnologias avançadas que possibilitem a obtenção de água

a partir de fontes antes inexploradas, como a condensação da umidade do ar durante as geadas, a fim de suprir as demandas da agricultura e outros setores. Essas iniciativas refletem a abordagem proativa adotada por Israel para mitigar os desafios da escassez hídrica (Snir; Friedler, 2021).

A ilha de Singapura é amplamente reconhecida como um dos polos mais bem-sucedidos no que concerne ao reaproveitamento da água. Naquela região, a população é suprida com água potável graças a uma infraestrutura robusta, meticulosamente desenvolvida para capturar e aproveitar a água da chuva. Além desse investimento, campanhas de conscientização ocorrem regularmente, reforçando a importância da utilização responsável da água (Juergensmeyer; Durham, 2019).

No Nordeste da Nigéria, comunidades rurais enfrentam dificuldade no abastecimento e já coletam águas pluviais para fins de beber, fins domésticos, irrigação e dessedentação animal. Porém esse aproveitamento ainda é rústico, através de balde e recipientes improvisados, o que necessita de uma captação mais sistemática para garantir o abastecimento dessas famílias de forma mais sustentável (Ishaku, 2012).

Shreeve *et al.* (2016) conduziu pesquisa no Reino Unido analisando configurações de aproveitamento de água da chuva, com critérios para redução de custos, eficiência hídrica e energética, e gestão de águas pluviais, concluindo que, a depender da metodologia aplicada, as soluções tradicionais nem sempre são ideais, destacando a importância de critérios específicos e da escolha de tecnologia alinhada com as decisões individuais. Ainda de acordo com o autor, no país europeu, o referido aproveitamento do recurso, normalmente é utilizado para consumo não potável como uso em banheiros, lavanderias e irrigação de jardins.

No Japão, Jiang (2018) concluiu que o interesse das pessoas em participar de iniciativas de aproveitamento de água da chuva está relacionado aos seus estilos de vida. Seu estudo indicou que 90% dos entrevistados têm interesse aproveitar água da chuva. Segundo o autor, após uma seca severa em 1994, houve aumento significativo por parte do poder público em aproveitar o recurso pluvial.

Ainda de acordo com Jiang (2018), na Ásia e no Japão especificamente, faz uso destas águas objetivando a mitigação das inundações urbanas e também a escassez. Tais perspectivas foram alcançadas devido ao incentivo do poder público,

estritamente aos financiamentos e até iniciativas de implementação em edificações privadas.

Mahmood e Hossain (2017), estudando a viabilidade do aproveitamento do recurso pluvial na Ásia, apontam que existem muitas regiões do sul do continente com forte potencial, de aproveitamento de água da chuva que deve permitir um funcionamento robusto mesmo durante as secas, mas que ainda não é utilizada efetivamente.

O aumento populacional, urbanização e mudanças climáticas elevaram a necessidade de água potável, criando pressão para garantir o recurso e melhorar a saúde pública (Mahmood; Hossain, 2007). Para os autores, uma abordagem multidisciplinar e eficaz na gestão das águas é vital para otimizar seu uso. Nesse contexto, o aproveitamento de água de chuva tem se destacado como alternativa devido à boa qualidade e à eficiência energética, provando ser viável em diversas comunidades rurais da Ásia.

Na Europa o estado de implementação de sistemas, atinentes ao aproveitamento das águas pluviais, varia bastante. Diversos países da parte Ocidental utilizam sistemas de captação de água da chuva para preservar o abastecimento de água em suas cidades. No Reino Unido, tradicionalmente as pessoas utilizam o recurso para fins domésticos como: uso em lavanderias, e demais operações de limpeza. No entanto, os sistemas de captação foram introduzidos relativamente nos anos recentes (Campisano *et al.*, 2017).

### 3.2.1 Panorama no Brasil

No Brasil, o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC) foi a principal iniciativa de captação de água da chuva para consumo humano, sendo um dos maiores programas mundiais para esse fim (Gomes; Heller, 2016). Embora o programa (P1MC) tenha alcançado seu objetivo de promover a convivência com o Semiárido, apresentou falhas no que diz respeito ao correto manuseio do armazenamento da água coletada (Bonifácio, 2011).

Além disso, é importante ressaltar que, mesmo com os avanços proporcionados pelo Programa de acesso à água, ainda é possível perceber em algumas regiões que a quantidade de água disponível não é suficiente para atender todas as famílias durante todo o ano (Gomes; Heller, 2013).

No Brasil, diversas experiências têm sido desenvolvidas em relação ao aproveitamento da água da chuva, não só em regiões com escassez hídrica, mas

também em locais com grande abundância. No estado do Amazonas, o programa PROCHUVA e ÁGUA PARA TODOS articula políticas voltadas para os povoados rurais que sofrem com as variações dos regimes dos rios (Junior, 2018).

O país é caracterizado por sua abundância de recursos hídricos, o aproveitamento de água da chuva ainda não é tão difundido como em outras nações, mas tem ganhado atenção crescente devido a preocupações com a gestão sustentável dos recursos hídricos e ao histórico de crises hídricas em algumas regiões. A escassez hídrica enfrentada em estados como São Paulo despertou o interesse por soluções alternativas, como o aproveitamento da água pluvial (ANA, 2019).

Em relação a alocação efetiva da água no panorama global, cerca de 70% são direcionadas para a irrigação e outras atividades agrícolas. A indústria consome aproximadamente 22% desse recurso, enquanto o uso doméstico representa cerca de 8%. Entretanto, em nações industrializadas, esse quadro sofre modificações, com uma proporção maior de água alocada para a indústria e uma parcela menor destinada à agricultura (ANA, 2021).

No cenário brasileiro, o cenário também se configura de maneira distinta. O setor agrícola absorve 72% do suprimento hídrico, com 9% destinados à dessedentação animal, abrangendo atividades como a pecuária (Da Silva *et al.*, 2021). A indústria reivindica 6% desse recurso, enquanto 10% são reservados para usos domésticos, conforme a Agência Nacional de Águas. É relevante destacar que cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender a essa ampla variedade de demandas (ANA, 2021).

Aproximadamente 75% dos recursos hídricos do Brasil encontram-se nos rios da vasta Bacia Amazônica, uma região que abriga menos de 5% da população total. Curiosamente, a disponibilidade de água é notavelmente menor nas áreas mais densamente habitadas, concentradas nas cidades costeiras, resultando na formação de zonas de médio a alto risco de escassez ao longo da costa brasileira (Raiol *et al.*, 2022).

Além desse desafio, é importante notar que o país enfrenta um índice considerável de desperdício nas redes de distribuição de água. Em diversos municípios, até 40% da água tratada para consumo acaba sendo perdida, frequentemente devido a vazamentos nas tubulações, agravando ainda mais a questão hídrica nacional (Lüder, 2021).

Segundo o IBGE (2011), a desigualdade nos índices de distribuição de água é influenciada por diversos fatores. A distribuição irregular dos recursos hídricos no país desempenha um papel importante, em que a maior parte das reservas de água, cerca de 80% do total, está concentrada na região norte, que possui apenas 5% da população. Por outro lado, as regiões sul e sudeste, onde vive aproximadamente 45% da população, possuem apenas 3% das reservas hídricas. Esse desequilíbrio geográfico impacta diretamente os índices de distribuição de água, gerando disparidades em todo o território nacional.

Diversas iniciativas têm surgido no Brasil para promover o aproveitamento de água da chuva. Exemplos incluem a criação de normas técnicas para a instalação de sistemas de captação, incentivos fiscais para a implementação de infraestruturas de aproveitamento em edificações e a inclusão de tais práticas em projetos de construção sustentável (Da silva; Lima; Ribeiro, 2021). Algumas cidades, como Curitiba, têm regulamentações específicas que determinam a instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em edifícios de grande porte (Bezerra *et al.*, 2010; Teixeira *et al.*, 2016).

No território brasileiro, está em vigor a Lei Federal nº 9.433/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa legislação tem como propósito central fomentar uma série de ações, incluindo o estímulo à captação, à conservação e à utilização de águas pluviais (Brasil, 1997).

Essa abordagem foi posteriormente fortalecida e complementada pela Lei nº 13.501 de 2017 (Brasil, 2017). Essa adição destaca que o país já reconheceu os potenciais benefícios da introdução de leis e políticas que incentivem a implementação de sistemas de captação de água da chuva. Através dessas leis, o Brasil demonstra um movimento em direção a uma gestão hídrica mais sustentável, contemplando não apenas o uso consciente da água, mas também a adoção de práticas que favoreçam sua conservação e aproveitamento eficiente (Silva, 2023).

O aproveitamento de água de chuva no contexto brasileiro encontra-se diante de uma série de desafios abrangentes, que vão desde questões técnicas e infraestruturais, até considerações culturais e regulatórias. Essa abordagem sustentável para a gestão hídrica enfrenta uma série de obstáculos que demandam análises aprofundadas e intervenções coordenadas para sua superação (De Sousa, 2023).

Uma das barreiras mais evidentes é a regulamentação e os incentivos. Embora existam leis que estimulem o reaproveitamento de água de chuva, a efetiva aplicação e fiscalização dessas medidas podem ser problemáticas (Bezerra *et al.*, 2010). De acordo com Martins (2020), a falta de regulamentação clara e a ausência de incentivos financeiros podem diminuir o interesse de indivíduos e entidades em investir em sistemas de aproveitamento de água pluvial.

A conscientização pública também se apresenta como um desafio central. Grande parte da população ainda não comprehende plenamente a gravidade da escassez hídrica e a importância das práticas sustentáveis (Veloso; Mendes, 2014). Isso resulta em uma falta de aceitação e adoção de sistemas de reaproveitamento de água de chuva. Portanto, esforços significativos de educação e sensibilização são necessários para alterar essa perspectiva e promover uma mudança cultural (Franco, 2020).

A qualidade da água de chuva coletada é outra preocupação a ser enfrentada, sobretudo em áreas urbanas, onde os níveis de poluição atmosférica podem ser elevados, sendo fundamental implementar sistemas de filtragem e tratamento adequados, pois garantir a segurança e a potabilidade da água para os usos desejados é uma necessidade essencial (Vizeli; Berton; Lima, 2020).

A infraestrutura e os custos associados à instalação de sistemas de captação de água de chuva são um obstáculo prático. Os investimentos iniciais, bem como os custos de manutenção contínua, podem ser desafiadores para indivíduos e famílias, principalmente em comunidades de baixa renda. A busca por soluções acessíveis e eficazes é crucial (Da Silva; Lima; Ribeiro, 2021).

De acordo com Silva (2023), outro aspecto relevante é a variação climática em todo o país. Dada a vasta extensão territorial do Brasil e sua diversidade climática, em algumas regiões a irregularidade das chuvas pode dificultar a coleta consistente de água de chuva, afetando a viabilidade dessa abordagem.

Apesar do avanço nesse campo, ainda existem desafios a serem enfrentados. A falta de conscientização pública sobre os benefícios do aproveitamento de água de chuva, a resistência cultural, a necessidade de infraestrutura adequada e os custos associados à instalação e manutenção desses sistemas são obstáculos que precisam ser superados. Educação, sensibilização e o estabelecimento de políticas públicas eficazes são elementos essenciais para promover uma adoção mais ampla dessas

práticas em todo o país (Oliveira; Da Silva, 2011; El Tugoz; Bertolini; Brandalise, 2017).

Em suma, o aproveitamento de água de chuva no Brasil representa um passo crucial em direção à gestão sustentável dos recursos hídricos. Com a combinação de avanços tecnológicos, conscientização pública e apoio governamental, é possível enfrentar os desafios da escassez hídrica e criar um futuro mais resiliente e equitativo em termos de acesso à água.

No Estado do Amazonas, o pioneirismo em captação de águas, ocorreu em 2006 nas comunidades de Betel e Braga localizadas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Piranha, município de Manacapuru e, entre 2007 e 2010 a iniciativa foi ampliada por meio do PROCHUVA, o qual passou a beneficiar 77 comunidades em 15 municípios (Barboza; Júnior, 2018).

Ainda no estado amazonense, o Projeto “Água para todos no Amazonas”, uma parceria entre o Governo do Estado e Governo Federal por meio do Plano Brasil Sem Miséria, na primeira etapa, consistiu através de um convênio entre o Governo do Estado e do Ministério da Integração Nacional, no qual foram adotados sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva para uso doméstico, com a implementação de 10.100 sistemas domiciliares. A segunda etapa do projeto a tecnologia adotada foi através da captação de água subterrânea por meio da implantação de 300 (trezentos) Sistemas Coletivos de Abastecimento de Água Subterrâneo. Nesse caso, o sistema funciona de forma coletiva Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Amazonas (SEMMA-AM, 2017).

Ainda na região amazônica, uma parceria do Instituto Chico Mendes e do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), foi desenvolvido um projeto social para atender 2.800 famílias pertencentes à reservas extrativistas – RESEX. O projeto consistia em implementar uma tecnologia social com o aproveitamento de água de chuva. A Reserva Chico Mendes no Acre, Baixo Juruá e Médio Juruá no Amazonas, Rio Cajari no Amapá e Arióca Pruanã, Muapá, e Terra Grande Pracuúba no Pará, foram as primeiras RESEX's a ser beneficiadas pelo projeto (Brasil, 2014).

Ainda no cenário amazônico, Veloso e Mendes (2012), em trabalho sobre as experiências de aproveitamento da água da chuva em regiões insulares da cidade de Belém, elencaram trabalhos acadêmicos alusivos a iniciativas de captação e uso da água da chuva nas ilhas próximas à capital, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Produção acadêmica sobre aproveitamento da água pluvial em ilhas de Belém

Título	Autor(es)	Especificação
Água da chuva e desenvolvimento local: O caso do abastecimento das ilhas de Belém	Veloso (2012)	Dissertação de Mestrado/NUMA — UFPA
Aproveitamento de águas pluviais para abastecimento em área rural na Amazônia. Estudo de caso: ilhas Grande e Murutucu, Belém-PA.	Gonçalves (2012)	Dissertação de Mestrado/ITEC — UFPA
Sistema de captação e tratamento da água de chuva para atendimento de populações tradicionais em ilhas de Belém: avaliação de impactos decorrentes	Souza (2012)	Relatório Técnico Final, Processo: 576901/2088-3 CNPq
Abastecimento de água em comunidades ribeirinhas da Amazônia brasileira e promoção da saúde: análise de modelo de intervenção e de gestão	Souza et. al (2012)	Artigo Científico publicado em Novos Cadernos do NAEA.
Influência do tempo de armazenamento na qualidade da água de chuva para consumo humano.	Fialho (2010)	Trabalho Acadêmico de Conclusão em Tecnologia em Saneamento Ambiental/IFPA
Influência dos tipos de telhados na qualidade da água do sistema do abastecimento de água pluvial localizados na região insular de Belém	Ferreira e Nascimento (2010)	Trabalho Acadêmico de Conclusão em Tecnologia em Saneamento Ambiental/IFPA
Avaliação da qualidade da água em sistema de captação de água de chuva para atendimento a populações tradicionais em ilhas do município de Belém.	Marques e Cunha (2010)	Trabalho Acadêmico de Conclusão em Tecnologia em Saneamento Ambiental/IFPA
Elaboração de manual de operação de autogestão do sistema de captação e tratamento de água da chuva para populações das ilhas do município de Belém.	Trindade e Barros (2012)	Trabalho Acadêmico de Conclusão em Tecnologia em Saneamento Ambiental/IFPA
Análise estatística dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos em um sistema alternativo de abastecimento com água pluvial nas ilhas Jutuba, Nova e Urubuoca-Belém-PA.	Azevedo e Assunção (2012)	Trabalho Acadêmico de Conclusão em Tecnologia em Saneamento Ambiental/IFPA
Indicadores de sustentabilidade para sistemas de aproveitamento de água da chuva em comunidades insulares.	Dias (no prelo, previsão 2013)	Dissertação de Mestrado/NUMA — UFPA

Fonte: Adaptado de Veloso e Mendes (2013).

Antunes *et al.* (2020), demonstram que o Brasil já aponta para a necessidade de atender situações para além da simples necessidade de abastecimento de subsistência. Na cidade de Florianópolis-SC, o autor analisou a eficiência de aproveitamento pluvial, utilizando o estacionamento permeável de um prédio público e observou uma economia de 69,6% de água potável. Nesse caso, o uso do recurso repercutiu na economia de água e consequentemente redução de energia.

### 3.3 O abastecimento de água na zona rural de Santa Luzia do Pará

Em Santa Luzia do Pará, das 31 comunidades rurais, somente duas (Fuzil e Tentugal) têm sistemas de abastecimento de água funcionando, conforme visita *in loco*. O sistema na comunidade de Tamancuoca está inativo devido à falta de manutenção, enquanto outras - Areia Branca e Caeté - estão em obras. As demais comunidades dependem de poços rasos do tipo amazonas ou outras fontes naturais como rios e igarapés. A zona rural do município é composta principalmente por

comunidades, que são conjuntos de domicílios aglomerados ou dispersos, onde as famílias se instalaram (Crispim, 2022).

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (SGB) possui uma base de dados sobre poços artesianos e tubulares, e na zona rural do município apenas seis poços estão cadastrados. Foi possível analisar, diante de análise sobre o perfil litológico de alguns poços, com forte ocorrência de rochas intemperizadas e decompostas, com vazões de 2m<sup>3</sup>/h para poços de 100 m de profundidade e 4m<sup>3</sup>/h para poços de 160 m (SIAGAS, 2020), infere-se em pensar se o aproveitamento de água subterrâneas é a opção mais vantajosa de abastecimento.

Como a maioria das comunidades rurais realiza o abastecimento de forma alternativa, utilizando poços rasos do tipo amazonas ou cacimbão, essa opção pode se tornar problemática devido, principalmente, à sazonalidade. Nos meses de estiagem, especialmente nos meses de setembro a novembro, muitos poços têm sua vazão, significativamente reduzida, e em alguns casos até secam completamente, levando várias famílias a alterarem sua rotina, de acordo com levantamento de campo para subsidiar essa dissertação.

### **3.4 Água e o Saneamento Básico**

Diversos modelos são apresentados para explicar a relação existente entre saúde e saneamento básico, dentre os quais são destacados aqueles que levam em consideração as ações voltadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, sem prejuízo às atividades como tratamento de resíduos sólidos e drenagem urbana (Heller, 2008).

A água, essencial para os seres vivos e diversas atividades humanas, tem sido prejudicada a sua disponibilidade por atividades como comércio, indústria e agricultura, gerando crises no abastecimento (ABCMAC, 2015). Com aumento demográfico global, expansão agrícola e demanda industrial, torna-se crucial adotar abordagens mais responsáveis para manejar esse recurso vital (Junior *et al.*, 2022).

A água doce, além de ser um recurso escasso, exibe uma distribuição global intrinsecamente desigual (Bruckner *et al.*, 2023). A notável disparidade é destacada pelo fato de que aproximadamente 60% da água doce disponível encontra-se concentrada em um seletivo grupo de apenas 10 países. Esta lista abrange nações como Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo. Essa distribuição desigual é ampliada pelas discrepâncias na densidade populacional das

diferentes regiões do globo, o que por sua vez provoca notáveis variações na disponibilidade per capita de água (Sousa; Sardinha, 2022).

Essa concentração geográfica de água doce em poucos países sublinha a importância da gestão sustentável dos recursos hídricos e a necessidade de cooperação internacional para garantir um acesso equitativo. Além disso, as diferenças na distribuição de água per capita entre as nações ressaltam o papel crítico de políticas e práticas de conservação hídrica, bem como o desenvolvimento de tecnologias que possam promover uma utilização mais eficiente e equitativa desse precioso recurso (Givens; Huang; Jorgenson, 2019).

A região Norte do Brasil, concentra 80% da água disponível, contando com apenas 5% da população nacional, enquanto nas regiões próximas ao atlântico concentra 45% da população, e detêm menos de 3% deste recurso (ANA, 2020).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS, 2011), estimava-se que em 2011, havia 40 milhões de pessoas (7% da população), não tinham acesso à água segura para o consumo humano na América Latina e Caribe. Ainda de acordo com essa pesquisa, no Brasil, havia apenas 30,3% da população rural que contavam com algum tipo de abastecimento de água.

A Região Norte concentra 80% da água doce do Brasil, abrigando apenas 5% da população. Em contrapartida, as regiões próximas ao Atlântico, com 45% da população, detêm menos de 3% desse recurso hídrico (ANA, 2020). Para a OPAS (2011), cerca de 40 milhões de pessoas na América Latina e Caribe, ou 7% da população, careciam de acesso seguro à água potável em 2011. No Brasil, somente 30,3% da população rural tinha acesso a alguma forma de abastecimento de água, conforme essa pesquisa.

De acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), para o ano de 2030, aonde líderes mundiais de 193 países acordaram 17 objetivos a nível global visando o desenvolvimento sustentável. Dentre esses, o sexto objetivo tem como finalidade assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Até 2030, é pretendida a ideia de alcançar o acesso universal e igualitário à água potável segura e a preços acessíveis para todos.

Nos anos 2000, surgiu a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), uma rede que tem como objetivo promover políticas públicas e projetos de convivência com o semiárido. O Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), um dos maiores projetos desenvolvidos pela ASA, consiste no aproveitamento da água da chuva por meio da

construção de cisternas com capacidade para armazenar até 16 mil litros de água. A água é coletada dos telhados das residências por meio de calhas e condutores e direcionada às cisternas. Esse projeto tem sido fundamental para o abastecimento de água em áreas rurais, onde muitas vezes o acesso à água é limitado ou inexistente (ASA, 2005).

Criado em 2007 através da iniciativa da ASA, o Programa Uma Terra Duas Águas (P1+2), auxiliava as famílias através do acúmulo de água em períodos de chuvas, para a criação de animais e cultivo de plantas em períodos mais secos. Desta forma, o P1+2 propõe garantir a soberania e a segurança alimentar das famílias agricultoras. A ASA implementou também o Projeto Cisternas nas Escolas, no qual consistia na construção de cisternas de 52 mil litros para suprir a necessidade das escolas rurais do Semiárido nordestino, garantindo o acesso a milhares de crianças em sala de aula (Gnadlinger, 2005).

No Nordeste brasileiro, é possível encontrar outra tecnologia social para o aproveitamento de água de chuva, conhecida como calçadão. Essa técnica consiste em um reservatório, geralmente cilíndrico, que é abastecido pela captação de uma calçada retangular que serve como área de captação, a qual ainda pode ser aproveitada para a secagem de produtos como milho, feijão e outros (JESUS, 2013).

O Programa Água Doce (PAD) criado em 2013, o qual consiste em dessalinização de águas subterrâneas, é uma ação do Governo Federal que estabelece políticas públicas de acesso à água de qualidade para consumo humano. Esse programa objetiva estabelecer aspectos ambientais e sociais na implantação e gestão de sistemas de dessalinização no Semiárido brasileiro, considerando a salinização local, alertando para a necessidade de utilização de diversas Fontes de água na região.

Cunha (2020), concluiu em sua pesquisa, destacando que o Programa Cisternas mudou o acesso à água no semiárido, mas o acesso ao recurso continua sendo eixo central de toda e qualquer estratégia de transformação da realidade local, seja a ampliação do acesso à água de uso doméstico, com a universalização das cisternas.

O componente principal de cada sistema de água de chuva é o tanque de armazenamento de água que, permite a implementação das funções básicas de armazenamento e tratamento de água da chuva coletada. Normalmente a superfície de coleta é o telhado da edificação, mas há outras superfícies impermeáveis de

captação (normalmente aquelas intimamente associadas com os edifícios), que podem ser conectadas ao reservatório (Campisano *et al.*, 2017, p. 197).

A água da chuva é um recurso gratuito e a técnica de coleta pode ser realizada de modo simples, o que a torna altamente recomendável para ajudar a aliviar os problemas de abastecimento de água (Gnadlinger 2015; Yannopoulos *et al.* 2019).

Na região amazônica, pode -se considerar ainda tímidas as experiências de uso de água de chuva. Veloso (2012), em estudo desenvolvido nas ilhas Grande e Murutucu, região insular do Município de Belém-PA, concluiu:

O estudo revelou que 20% dos moradores faz uso da água do rio para beber e/ou cozinhar. Cerca de 45% adquirem (por conta própria ou comprada) água extraída de poços em localidades do município próximo, Acará, ou ainda obtida em pontos localizados na orla de Belém. Cabe salientar que a água comprada, não se refere à água mineral. Os ribeirinhos compram recipientes de 20 litros a R\$2,00 de barqueiros que entregam porta a porta. (Veloso, 2012, p. 232).

Essa realidade quebra o paradigma de que a região amazônica, devido à sua grande disponibilidade hídrica, não enfrenta problemas de abastecimento para sua população. É mais comum pensar que apenas regiões com escassez de água sofrem dificuldades de acesso, mas a Amazônia também enfrenta desafios significativos nesse sentido.

Pesquisa realizada sobre 40 cidades na Amazônia brasileira, Lima *et al.* (2011) concluíram que o aproveitamento das águas pluviais nessa região pode gerar uma economia média de água potável de 76%, variando entre 21% e 100% para a cidade de menor e maior economia, respectivamente e, Ghisi *et al.* (2006) acharam um potencial de economia de água potável médio de 69%, variando de 34% a 92%, em 62 cidades no Sul do Brasil. As duas pesquisas apontaram para a necessidade de ações governamentais para evitar problemas futuros de abastecimento nas duas regiões.

Apesar de ser reconhecida como uma imensa fonte de recursos hídricos, a Amazônia enfrenta desafios relacionados à obtenção de água potável em regiões insulares. Esse cenário paradoxal, diante da alta pluviosidade na região, torna interessante a exploração das possibilidades do aproveitamento da água da chuva para amenizar tal questão (Veloso; Mendes, 2014).

Iniciativas governamentais estão promovendo o aproveitamento da água da chuva, visando melhorar a qualidade de vida, reduzir custos e evitar doenças. Porém, o governo enfrenta desafios na garantia de água potável devido à distribuição

geográfica e demográfica em comunidades rurais do Amazonas, e muitos Ribeirinhos sofrem com a escassez de água segura, principalmente durante a seca, devido à falta de sistemas de captação de água em suas comunidades (Junior, 2018).

Veloso *et. al.* (2012), estudando o panorama de aproveitamento de água de chuva em parte da Amazônia brasileira (Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Pará e Rondônia), considera que ainda há poucas experiências de uso de água da chuva na região amazônica.

Delgado *et. al* (2014) em sua pesquisa sobre precipitação e aproveitamento de água da chuva no Campus Floresta de Cruzeiro do Sul, concluíram que as áreas dos telhados e a precipitação local podem atender a uma demanda anual de 96,45% a 70,89%. Já no campus de São Gabriel da Cachoeira/AM, Guimarães *et al.* (2015) comprovaram, levando em consideração a pluviometria local e a área de telhado da edificação, que o Instituto é capaz de suprir toda a sua demanda, tanto de água potável quanto não potável, por meio das águas pluviais.

Para Cunha *et. al.* (2019), utilizando métodos de dimensionamento para captação de águas pluviais, apontaram que poderia ser economizado aproximadamente 80% de água potável, caso o sistema fosse instalado no Núcleo Superior de Ensino do campus de Manacapuru, da Universidade do Estado do Amazonas.

Experiências no estado do Maranhão, aponta que uso de água de chuva é uma alternativa viável para o abastecimento em áreas carentes de água de qualidade na Ilha do Maranhão e também pode ser uma estratégia útil para usos não potáveis em residências urbanas e industriais, ajudando a enfrentar a escassez de água (Sousa, 2009).

Fica evidente que na Amazônia brasileira existem muitos estudos de caso que indicam a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água da chuva, porém o número de projetos efetivamente implementados é ainda relativamente baixo.

No estado do Pará, apesar da grande disponibilidade hídrica, seja ela subterrânea, superficial ou pluvial, é possível identificar populações carentes quanto ao acesso sobre o recurso água. Os projetos de aproveitamento de água da chuva no estado ainda são incipientes, considerando os grandes índices pluviométricos da região (ANA, 2020).

Veloso (2012), relata que uma das primeiras experiências de captação e manejo de água de chuva no Pará, foi realizado em 2004 através do projeto “Água Limpa é

Vida”, um projeto desenvolvido entre a Sociedade Bíblica do Brasil – SSB, Ministério de Desenvolvimento Agrário, Dom Helder e a Diaconia. A referida iniciativa possuía características semelhantes às do P1MC no Semiárido brasileiro, construída em concreto e com capacidade de 16 mil litros.

No entanto, é preciso que a sustentabilidade dos sistemas seja a base da ação. Ao seguir o modelo de cisterna aplicada no Semiárido, com baixos índices pluviométricos, não foi considerada a renovação da água no reservatório. Devido aos altos índices pluviométricos amazônicos, os reservatórios daqui podem ter menor capacidade, favorecendo a renovação da água. É importante pensar também que como as cisternas foram construídas em região de várzea e possui uma torneira baixa como ponto de coleta do líquido, poderia haver a contaminação da água. Constatou-se que cada realidade requer condições diferenciadas de funcionamento (Veloso, 2012, p. 93).

Ainda nesse estado, o Programa Água limpa em casa e saudável, desenvolvido pela Cáritas da Arquidiocese de Belém, consistia no abastecimento de famílias por meio da água de chuva e tratamento pelo método de Desinfecção Solar de Água (SODIS). Essa iniciativa contemplava residências familiares distribuídas em 3 ilhas do município de Belém (Andrade, 2012).

Com a instituição da Lei Federal Nº 12.873/2013 e regulamentada pelo Decreto Federal Nº 8.038/2013, financiado pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário (MDSA), iniciou-se a implementação de captação de água de chuva, em diversos municípios paraenses como, Belém, Acará, Baião, Bujaru, Irituia e Peixe Boi, com a execução do Programa Cisternas, de acordo com dados Secretaria Estadual de Trabalho Emprego e Renda (SEASTER, 2016).

A escolha do tipo de reservatório de água é fundamental, pois deve ser adaptada à quantidade de chuvas da região. Isso permite dimensionar reservatórios adequados a cada situação, como as cisternas de placas no semiárido brasileiro do P1MC, que têm capacidade de 16 mil litros devido à baixa pluviosidade. Nessas áreas, é necessário armazenar mais água para atender à demanda da população por um período maior, devido aos baixos índices de chuva em comparação com a região amazônica.

Apesar da rica disponibilidade hídrica, o país ainda enfrenta problemas de abastecimento devido a diferentes fatores regionais, como destacado por Veloso (2012) e Nogueira *et al.* (2020). O primeiro estudo enfoca ribeirinhos na Amazônia

com abundância hídrica, enquanto o segundo analisa as dificuldades no Semiárido brasileiro em relação às políticas de abastecimento. Grey et al., 2013, corroboram essa ideia, destacando a abundância de água no mundo, porém com uma distribuição desigual.

Ferreira et al. (2017) implementaram um sistema de captação de água da chuva na comunidade Cuiarana, em Salinópolis (PA), utilizando componentes de baixo custo. Localizado na área da Universidade Federal do Pará (UFRA), o sistema demonstrou ser uma solução economicamente viável para o abastecimento de água da residência, com potencial suprir as necessidades da familiares da região.

A Amazônia brasileira, por ter um potencial de elevadas pluviosidades, os reservatórios podem ser de menor capacidade em decorrência das recorrentes chuvas com volumes expressivos. Assim, as recargas acontecem com maior frequência e, consequentemente, pode-se dimensionar reservatórios com capacidades menores, se comparados com os normalmente empregados no nordeste brasileiro.

### **3.5 Aspectos legais sobre o aproveitamento de Água de Chuva no Brasil**

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é regida pela Lei nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, onde em seus objetivos Art. 2º, foi alterado pela Lei 13.501 de 30 de outubro de 2017, incluindo “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” (Brasil, 1997).

Porém, não é tão recente a preocupação sobre a gestão das águas pluviais no País. Citação sobre ao aproveitamento da água de chuva no Brasil, já foi mencionado em atos normativos antes mesmo do Estado Novo e da Era Vargas, mais precisamente em 1934 quando foi criado o Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, código das águas, em que em tal legislação foi destinado um capítulo intrínseco às águas pluviais estabelecendo o direito sobre o uso de águas de chuvas aos proprietários dos prédios, dentre outros critérios de uso e preocupação com o recurso, Câmara dos Deputados (2020).

Nota-se que no Brasil a iniciativa e incentivos legais no que tange ao aproveitamento das águas pluviais, têm crescido de modo significativo ultimamente. A Lei Federal nº 11.445 (Brasil, 2007), atualizada pela Lei 14.026/2020 que estabelece o novo marco do Saneamento Básico no Brasil, deixa claro a pretensão em atentar melhor para a gestão da água de chuva, especificamente regidos nos seguintes artigos:

Art. 2º inciso XII, redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva;

Art. 7º, inciso I, metas de expansão dos serviços, de redução de perdas na distribuição de água tratada, de qualidade na prestação dos serviços, de eficiência e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, do reuso de efluentes sanitários e do aproveitamento de águas de chuva, em conformidade com os serviços a serem prestados;

No que diz respeito às legislações estaduais, identificou-se várias deliberações alusivas ao aproveitamento da água de chuva. Tavares *et al.* (2019), em sua pesquisa de revisão literária, adaptando a metodologia utilizada por Pacheco *et al.* (2017), identificaram e caracterizaram as legislações estaduais que fazem referência ao aproveitamento do recurso, considerando a destinação de seu uso. Para os autores, no período estudado, os estados de Alagoas, Amazonas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe não dispunham de uma política de iniciativas sobre a temática.

Após análise dos resultados de Tavares *et al.* (2021), foi levantado se outros estados brasileiros haviam adotado regulamentações referentes ao aproveitamento de águas pluviais. Durante essa pesquisa, identificou-se que os estados do Amazonas e Rio Grande do Norte possuem legislações significativas sobre o tema. Como desdobramento, a tabela de Tavares *et al.* (2019) passou por atualizações e ajustes, refletindo essas novas informações, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Legislações Estaduais quanto ao aproveitamento de água de chuva

Estado	Legislação	Aspecto	Autor (es)						
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
Acre	Lei nº 2.540/2012		x						Tavares <i>et al.</i> (2019)
Amapá	Lei Ordinária nº 2.003/2016		x						
	Lei nº 1.997/2016		x						
Amazonas	Lei nº 4570 de 14/03/2018		x				x		Autor (2022)
Bahia	Lei Ordinária nº 13.581/2016		x						
Ceará	Lei nº 16.033/2016								
Espírito Santo	Lei Ordinária nº 10.624/2017		x		x				
Goiás	Lei nº 17.128/2010*		x						
Mato Grosso	Lei nº 9.674/2011			x					
	Lei nº 10.799/2019		x						
Mato Grosso do Sul	Lei nº 4.699/2015		x					x	Tavares <i>et al.</i> (2019)
Paraíba	Lei nº 9.130/2010		x			x	x		
Paraná	Lei nº 18.730/2016		x		x	x			
Pernambuco	Lei Ordinária nº 14.572/2011		x		x		x		
	Lei nº 15.630/2015		x		x				
Piauí	Lei Ordinária nº 6.280/2012	x	x			x	x		
	Lei nº 6.888/2016		x						
Rio de Janeiro	Lei nº 4.248/2003		x					x	Autor (2022)
	Lei nº 4.393/2004º		x				x		
Rio Grande do Norte	Lei nº 10.853, de 20/ 01/2021		x			x			
Rio Grande do Sul	Lei Ordinária nº 14.270/2013		x						Tavares <i>et al.</i> (2019)
	Decreto nº 43.919/2015							x	
Rondônia	Lei Ordinária nº 2.425/2011	x	x			x	x		
São Paulo	Lei nº 12.526/2007		x						Autor (2022)
	Lei nº 17.394 de 15/09/2021							x	
Tocantins	Lei nº 3.261/2017		x						Tavares <i>et al.</i> (2019)

LEGENDA: Redução do escoamento superficial (Aspecto I); Substituição parcial do abastecimento de água (Aspecto II); Disponibilização de créditos fiscais para o sistema (Aspecto III); Imposição de multas por falha no cumprimento da legislação (Aspecto IV); Especificações técnicas para a implementação (Aspecto V); Área mínima para a implementação obrigatória (Aspecto VI); Estimular e viabilizar ações – educação ambiental (Aspecto VII).

\* Redação alterada pela Lei nº 17.582, de 08-03-2012.

Fonte: Adaptado de Tavares *et al.* (2019).

Observar que os Estados de Alagoas, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Roraima, Santa Catarina e Sergipe, no entanto ainda não efetivaram uma legislação voltada à política do aproveitamento dos recursos pluviais.

Os Estados de Alagoas, Maranhão, Minas Gerais e Sergipe, não dispõem em suas legislações, intenções e/ou iniciativas acerca do uso das águas pluviais. O ritmo de iniciativas legais sobre o aproveitamento da água de chuva no Brasil, tende a se propagar de uma menor para uma maior esfera governamental, ou seja, as iniciativas se dão mais em escala local (municipal), seguidas de estadual e federal (PACHECO *et al.*, 2016).

No estado do Pará, a Lei nº 6.381, de 25 de julho de 2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, não há diretrizes sobre o aproveitamento de água pluviais. A Lei nº 547, de 23 de junho de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Roraima, destaca que apenas pretende implementar propostas para aumentar e regularizar a quantidade de água ofertada a partir de projetos de armazenamento da água pluvial. Observa-se que estes estados, não têm abordam diretamente sobre o aproveitamento do recurso. Panorama no Estado do Pará

### **3.6 Concepção de um sistema de abastecimento de água**

Entende-se por concepção de sistema de abastecimento de água, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para caracterização completa do sistema a projetar (Tsutiya, 2006).

A área rural de Santa Luzia do Pará, possui características peculiares em que há necessidade de um estudo criterioso, objetivando avaliar quais as formas que as famílias dessa região fazem o seu abastecimento em relação ao meio ambiente, como a bacia hidrográfica, buscando identificar suas carências e apontar soluções de melhorias.

Com esse viés, a projeção de sistemas de captação das águas pluviais, visa não substituir os modelos já existentes ou ainda tornar-se o principal modelo a ser utilizado, mas buscando ser uma tecnologia social alternativa nos locais em que ocorram problemas de abastecimento, seja por escassez, qualidade, distância de mananciais superficiais ou qualquer outra limitação.

É imprescindível a existência de sistemas alternativos que funcione de forma mista, pois na ausência ou precariedade de um, poderá ser substituído por outro, pois

a utilização de cisternas para o abastecimento humano através das águas pluviais tem se tornado uma prática cada vez mais frequente no Brasil (Silva e Borja, 2017).

### 3.6.1 Componentes empregados em um sistema de aproveitamento de água de chuva

Para ser mais objetivo, este item destacará os elementos essenciais para um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva, de acordo com a Norma Brasileira NBR – 15527 de 2007. No entanto, é importante ressaltar que outros sistemas com diferentes configurações podem ser utilizados, dependendo do local de implementação e dos critérios e parâmetros adotados.

- Área de captação

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, a área de captação é fundamental. A norma NBR 15527 sugere uma superfície impermeável e horizontal, com o telhado sendo a opção mais comum, embora existam outras alternativas. É imprescindível que a área adotada possa evitar a contaminação da água durante o contato com a superfície, destaca (Herman, 2009).

Na região nordeste é possível identificar o aproveitamento das águas pluviais, em que a área de captação é um calçadão construído em concreto. Nesse sistema, a área de captação corresponde a 200 m<sup>2</sup> a qual é ligada por tubos até o reservatório que fica abaixo, pois todo o recurso captado escoa por gravidade.

No Nordeste brasileiro, é comum a utilização de um calçadão em concreto como área de captação. Nesse sistema, a área de captação abrange em média 200 m<sup>2</sup> e está conectada por tubos a um reservatório subterrâneo, permitindo o escoamento por gravidade de todo o recurso captado.

- Calhas e condutores

Esses dispositivos são empregados para conduzir a água da área de captação até o reservatório. A calha é colocada horizontalmente logo abaixo da superfície da área de captação, e conectada aos tubos condutores, vertical e horizontal. O emprego dessa tecnologia é recomendado pela ABNT - NBR 10844.

- Reservatórios

São recipientes de variadas formas, modelos, materiais, destinados a armazenar a água coletada. Recomenda-se a utilização de reservatórios que atendam as especificações contidas na NBR 12217. Essa Norma recomenda que a limpeza dos reservatórios seja realizada pelo menos a cada seis meses.

- Dispositivo de descarte (água de lavagem, água dos primeiros milímetros, autolimpeza)

Na literatura, existem várias denominações para os dispositivos de limpeza do telhado nas primeiras chuvas. Thomaz (2003) destaca a importância de descartar a água inicial do telhado devido ao seu nível de contaminação. Vieira *et al.* (2021), enfatizam a importância de programas governamentais que promovam projetos de aproveitamento de águas pluviais, atentem para dispositivos para descarte, automáticos em vez dos manuais.

Andrade Neto (2013), esclarece que o primeiro milímetro de chuva, de modo geral é satisfatório para lavar a atmosfera e a superfície de captação, bem como também, há instrumentos simples, de baixo custo e eficientes para a eliminação das primeiras águas. Nessa abordagem, Silva e Borja (2017), alertam a importância do poder público em promover a otimização e monitoramento da qualidade das águas, especificamente no aperfeiçoamento de desvios automáticos dos primeiros milímetros de chuva.

Lee *et al.* (2010) concluíram que é importante utilizar dispositivos de descarte das primeiras águas em sistemas de aproveitamento de água de chuva, especialmente nas áreas urbanas.

De acordo com a NBR 15527:2007, que trata sobre o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, não há obrigatoriedade na instalação de dispositivo de descarte. A norma apenas destaca que, se o projetista optar por dimensioná-lo, o descarte deve ser de 2 mm da chuva inicial, preferencialmente, automático.

A poluição das águas pluviais, em grande proveniente de fontes difusas em bacias hidrográficas urbanas, está muito ligada a fatores climáticos e topográficos, exigindo o uso de sistemas de descarte dos primeiros milímetros precipitados, e não há um valor definido para o descarte, havendo a necessidade de monitoramento das águas para chegar a essa valor (Bach *et al.*, 2010; Redillas *et al.*, 2022).

Foi observado em diversas pesquisas sobre potencial aproveitamento de águas pluviais, mesmo em área urbanas, não é levado em consideração esse valor de descarte, mas principalmente o coeficiente de runoff.

- Coeficiente de Runoff

Tomaz (2005), destaca que no dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva, o volume coletado não corresponde exatamente

ao precipitado em uma superfície. Neste caso, é utilizado um coeficiente de escoamento superficial conhecido como coeficiente de Runoff, que corresponde à razão entre o volume que escoa superficialmente, pelo total precipitado. Esse fator varia de acordo com as características do material que compõem a superfície. A Quadro 3, ilustra o coeficiente de alguns materiais, conforme Thomas e Martinson, 2007; Hofkes e Frasier, 1996; Lancaster, 2006.

Quadro 3 - Coeficiente de Runoff

Material do telhado	Coeficiente de Runoff
Cerâmica	0,8
Esmaltada	0,92
Metal	0,9
Amianto	0,9
Plástico	0,95
Telhado vegetado	0,2
Telhas de concreto	0,9

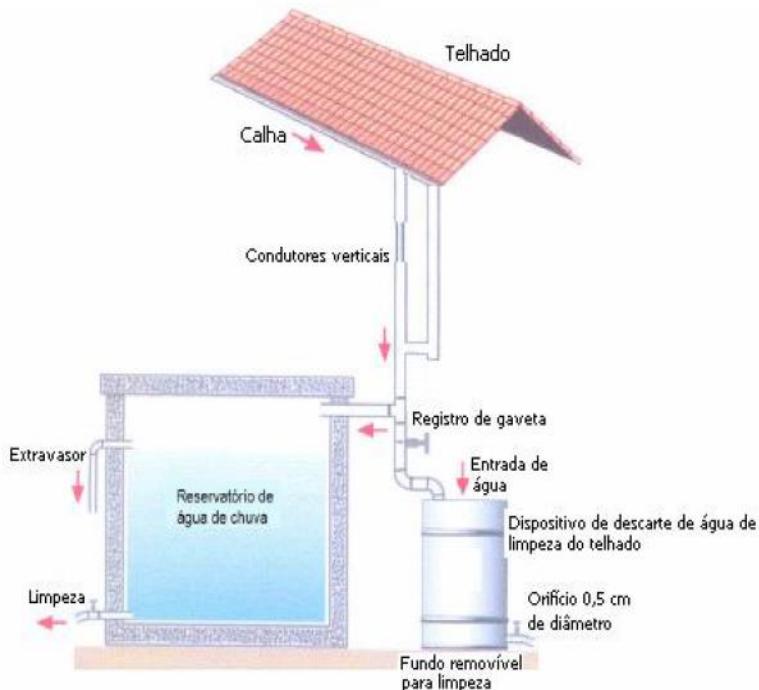
Fonte: Adaptado, Tomaz (2010), Martinson, 2007; Hofkes; Frasier, 1996; Lancaster (2006).

Ribeiro e Marinosk (2020) concluíram em seu estudo que há uma variação muito grande quanto ao coeficiente de runoff (0,20 a 0,95), dependendo da porosidade e da rugosidade do material adotado, bem como da inclinação do telhado. Seu estudo revelou ainda que a melhor eficiência de captação das águas pluviais foi obtida com as telhas de metal, as quais possuem coeficiente de 0,95, o maior dentre os materiais analisados

Neu *et al.* (2018) alertam para a importância de a área de captação não estar direcionada às projeções de árvores, com o objetivo de impedir que suas copas favoreçam o acúmulo de folhas no telhado, possíveis obstruções nas calhas e tubulações, bem como a atração de animais, os quais poderiam depositar suas fezes nesses locais e, assim, comprometer a qualidade do recurso

A Figura 3 ilustra a configuração de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, muito conhecido no Brasil, detalhando a área de captação, calha, condutor, sistema de descarte e reservatório inferior.

Figura 3 - Aproveitamento de águas pluviais com dispositivo de descarte



Fonte: Sampaio *et al.* (2007).

O dispositivo de descarte utilizado deve ter uma capacidade compatível com o projeto dimensionado, levando em consideração a quantidade de água que se pretende eliminar. No entanto, é fundamental esvaziar esse recipiente após o descarte da chuva, garantindo que ele fique vazio para futuras operações de remoção das impurezas depositadas na área de captação.

### 3.7 Qualidade das águas pluviais

A qualidade da água de chuva, está diretamente associada ao tipo de superfície de contato. Em termos práticos, sua qualidade depende diretamente do tipo de material da área de captação, e em razão disso é que geralmente são empregados dispositivos que visam eliminar as primeiras águas que entram em contato com determinada área, afirmam (Gould, 1999; Lye, 2022).

Para a Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2018), a água da chuva é pura, mas ao entrar em contato com certas superfícies, acabam sendo contaminadas por poeira, terra, pólen, folhas, galhos, fezes de aves, entre outros, influenciados por diversos fatores. Por essa razão, é necessária a eliminação dos primeiros precipitados em um sistema. Na Quadro 4 são citados alguns contaminantes presentes, e suas respectivas Fontes quando o recurso pluvial entra em contato com a superfície

Quadro 4 - Tipo de contaminantes presentes nas águas pluviais

Contaminantes	Fonte	Risco de contaminação
Poeira e Cinzas	Sujeira do meio e da vegetação; Atividade vulcânica	Moderado: pode ser minimizado pela limpeza regular da calha e telhado e uso de dispositivo de escoamento adequado.
Bactérias	Fezes de pássaros e outros animais	Moderado: pode ser minimizado com o uso de escoamento do telhado e manutenção do reservatório de retenção
Larva de mosquito	Ovos de mosquito em calhas ou reservatórios	Moderado: se os reservatórios forem devidamente fechados, o risco pode ser minimizado
Metais pesados	Poeiras, particularmente em áreas urbanas e industrializadas, materiais do próprio telhado	Baixo: ocorre apenas em situações em que o vento leve resíduos industriais como: metais fundidos e/ou com chuvas muito ácidas, essas situações ocorrem geralmente em locais vulcânicos
Outros componentes inorgânicos	Descargas industriais no ar, sal ou outros minerais provenientes do mar	Baixo: apenas em regiões muito próximas do mar ou grandes ventais de atividade industriais

Fonte: Adaptado, ADASA (2018).

Pode-se depreender a partir dos dados apresentados no Quadro 3 que: os riscos alusivos a possíveis contaminações oriundas da superfície de captação, variam de riscos baixos a moderados, os quais podem ser eliminados com emprego de tecnologias simples, como método SODIS (solar water disinfection), adição de hipoclorito de sódio e fervura (Jesus *et al.*, 2023).

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, é de extrema importância a instalação de um dispositivo de descarte para prevenir possíveis contaminações do recurso ao entrar em contato com superfícies poluídas. Nesse contexto, a NBR 15527/2007 orienta que, na falta de dados específicos, se adote uma eliminação de pelo menos 2 mm. No entanto, a avaliação do volume a ser descartado deve considerar as condições locais (Maragoni *et al.*, 2019).

De acordo com Neu *et al.* (2018), em um estudo realizado em comunidades ribeirinhas na região insular de Belém, no Pará, foi comprovado que em 16 cisternas que possuíam sistemas de eliminação semiautomáticos, não foram detectados coliformes totais, e em duas delas, não houve presença de *Escherichia coli*. Os autores destacam que a presença de microrganismos ocorre devido à falta do hábito dos usuários em realizar limpezas manuais periódicas das calhas e telhados.

Em termos comparativos quanto à qualidade da água pluvial armazenada em cisternas de placas e de polietileno, Machado *et al.* (2018) concluíram que praticamente todos os parâmetros físico-químicos apresentaram conformidade com a Portaria de Consolidação (PCR) nº 5/2017, com exceção de cor, pH e turbidez.

Ressalta-se que essa conformidade diz respeito à legislação vigente na época do estudo foi realizado.

Comparando água pluviais com as de açude em municípios nordestinos, foi encontrado que as primeiras apresentaram maior conformidade com a PCR nº 5/2017, de acordo com Farto e Silva (2020). Cabe ressaltar que durante o referido estudo essa portaria encontrava-se vigente.

No semiárido baiano, Lima e Santos (2017), observaram que 95% das cisternas estudadas apresentaram em suas águas contaminação por Escherichia Coli, e Silva *et al.* (2020) identificaram que em todas as cisternas analisadas no seu estudo, apresentaram contaminação por Escherichia Coli. Para os autores isso demonstra preocupação na manipulação das águas pluviais nessa região, mas que este inconveniente pode ser evitado com boas práticas de manipulação das cisternas, uso de hipoclorito de sódio, fervura, ou outra forma de desinfecção.

Elemento como Cálcio (Ca), Potássio (K), e Sódio (Na), foram os principais metais identificados em chuvas na cidade do Rio de Janeiro, de acordo com Silva *et al.* (2020). Elevadas concentrações desses metais encontrados em períodos úmidos, aponta a limpeza da atmosfera provocada pelas chuvas, o que indica a possibilidade de chuvas ácidas, em que neste caso é sugerido que haja tratamento dessas águas para fins mais nobres. Corroborando com essa ideia de melhorar a qualidade desse águas, (Andrade Neto, 2013; Gomes; Heller, 2016), assinalam para a importância da implantação de dispositivos de descarte em sistemas de captação.

Dessa forma, é importante destacar o uso predominante do recurso, bem como a eficiência dos sistemas de descarte, a qualidade do ar e, também, a qualidade da superfície de captação.

### **3.8 Métodos de dimensionamento de reservatórios para armazenamento das águas pluviais, descritos na NBR 15527/2007.**

No Quadro 5, estão descritos alguns métodos de dimensionamento de aproveitamento da água de chuva, os quais estão detalhados na Norma Brasileira nº 15527/2007. Sendo possível analisar com mais detalhes cada método, em que o projetista poderá estabelecer critérios dos quais poderá melhor se adequar à realidade estudada.

Quadro 5 - Métodos de dimensionamento

Nome	Equação	Referência
Método de Rippl	$S_{(t)} = D_{(t)} * Q_{(t)} =$	NBR 15527/2007
Método Azevedo Neto	$V = 0,042 * P * A * T$	
Método prático alemão	$V_{adotado} = \min(V; D) * 0,06$	
Método Australiano	$V = A * C (P - I)$	
Método prático inglês	$V = 0,05 * P * I$	
Lima <i>et al.</i> (2011)	$V_c = \frac{P \cdot A_c \cdot C_r}{1000}$	Lima <i>et al.</i> (2011).

S(t) – é o volume de água no reservatório no tempo t;  
 D(t) – é a demanda ou consumo no tempo t;  
 Q(t) – é o volume de chuva aproveitável no tempo t;  
 C – coeficiente de runoff (adimensional);  
 P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);  
 T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca de acordo com cada local;  
 A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados ( $m^2$ );  
 V volume de água do reservatório, expresso em litros (L);  
 D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);  
 V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L);  
 I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

Fonte: Adaptado da NBR 15527/2007; Lima *et al.* (2011).

O método de aproveitamento de água de chuva a ser empregado deve ser cuidadosamente escolhido, levando em consideração as particularidades de cada região. Fatores climáticos, formas de uso da água, finalidade de uso, disposição para captação e armazenamento, são fundamentais para determinar a mais adequada metodologia a ser empregada. Ao considerar essas peculiaridades, é possível garantir a eficiência do sistema, minimizar os custos e maximizar os benefícios ambientais e sociais do aproveitamento da água da chuva.

É substancial evidenciar que nesta dissertação a metodologia empregada para calcular o volume captado e o potencial aproveitamento de água de chuva, utiliza a metodologia de Lima *et al.* (2011).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

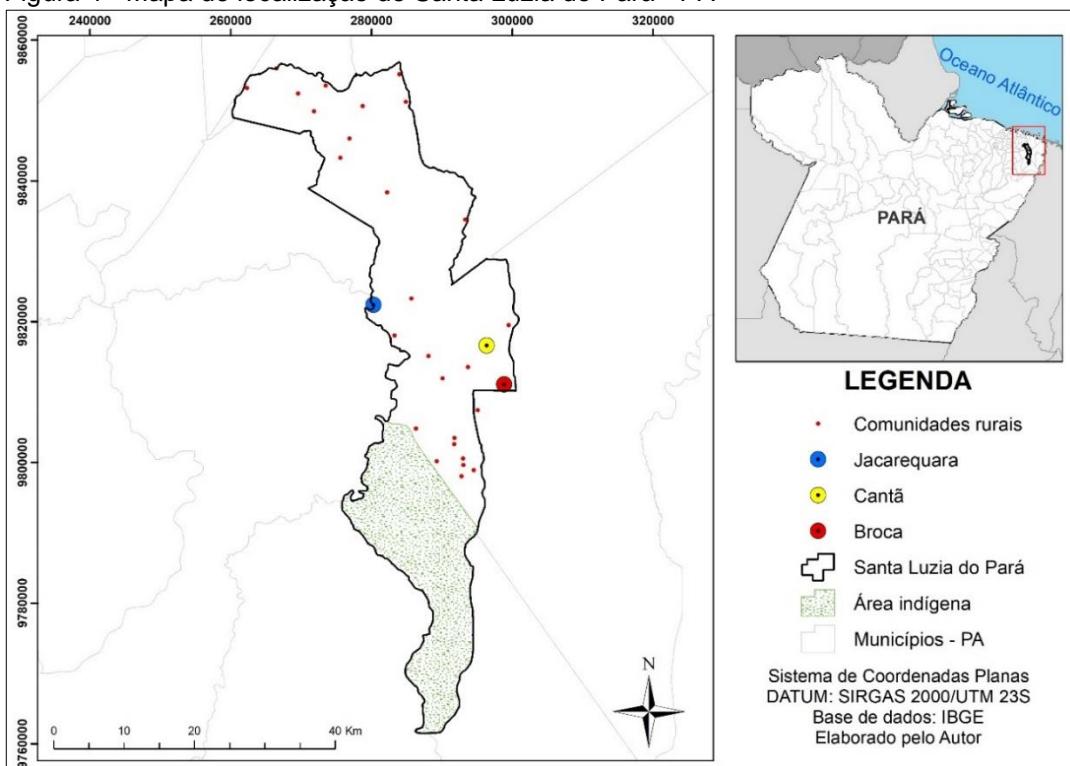
Nesta etapa, foram definidos o método e as ferramentas utilizados no estudo, com o objetivo de compreender o panorama quanto às formas de abastecimento na zona rural do município de Santa Luzia do Pará. O estudo visa compreender as principais fontes de abastecimento utilizadas pela população residente nessa região. Para isso, foram realizadas visitas às comunidades rurais, o que tornou possível conhecer a realidade local referente à temática. Com base nisso, foi traçada uma perspectiva de viabilidade técnica sobre como o aproveitamento de água da chuva poderia ser utilizado como um complemento às formas de abastecimento existentes, sem causar prejuízo a elas. É importante esclarecer que a etapa de levantamento das informações por meio de visitas às comunidades rurais ocorreu entre janeiro de 2022 e novembro de 2023.

### 4.1 Área de estudo

Santa Luzia do Pará, situada às margens da Rodovia BR 316, teve sua origem ligada à construção dessa estrada, que conecta os estados do Pará e Maranhão. Elevada a município pela Lei Estadual nº 5.688 de 13 de dezembro de 1991, surgiu da divisão dos territórios de Ourém, Bragança e Viseu. Localizada na Mesorregião nordeste paraense e Microrregião do Guamá, abrange 1.346,502 Km<sup>2</sup>. De acordo com o Censo 2020, a população do município corresponde a 20.370 habitantes IBGE (2022), e IDHM 0,546 (Brasil, 2010).

A Figura 4, ilustra um mapa com a distribuição geográfica das comunidades no município, a sede municipal e a Terra Indígena Alto Rio Guamá – IARG. Foram destacadas também, nesta Figura, as três comunidades rurais selecionadas para detalhamento neste estudo, que são elas: Broca, Cantã e Jacarequara.

Figura 4 - Mapa de localização de Santa Luzia do Pará - PA



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Como forma de entender a atual situação do abastecimento rural de Santa Luzia, inicialmente foram obtidos dados por meio de plataformas online, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado do Pará (SIGERH-PA). Além disso, foram solicitadas informações às Secretarias Municipais de Meio Ambiente e Saúde, do município de Santa Luzia. Paralelamente, foram realizadas visitas às comunidades rurais para a coleta de dados, que incluíram registros fotográficos, anotações e observações referentes às formas de abastecimento utilizadas pela população local.

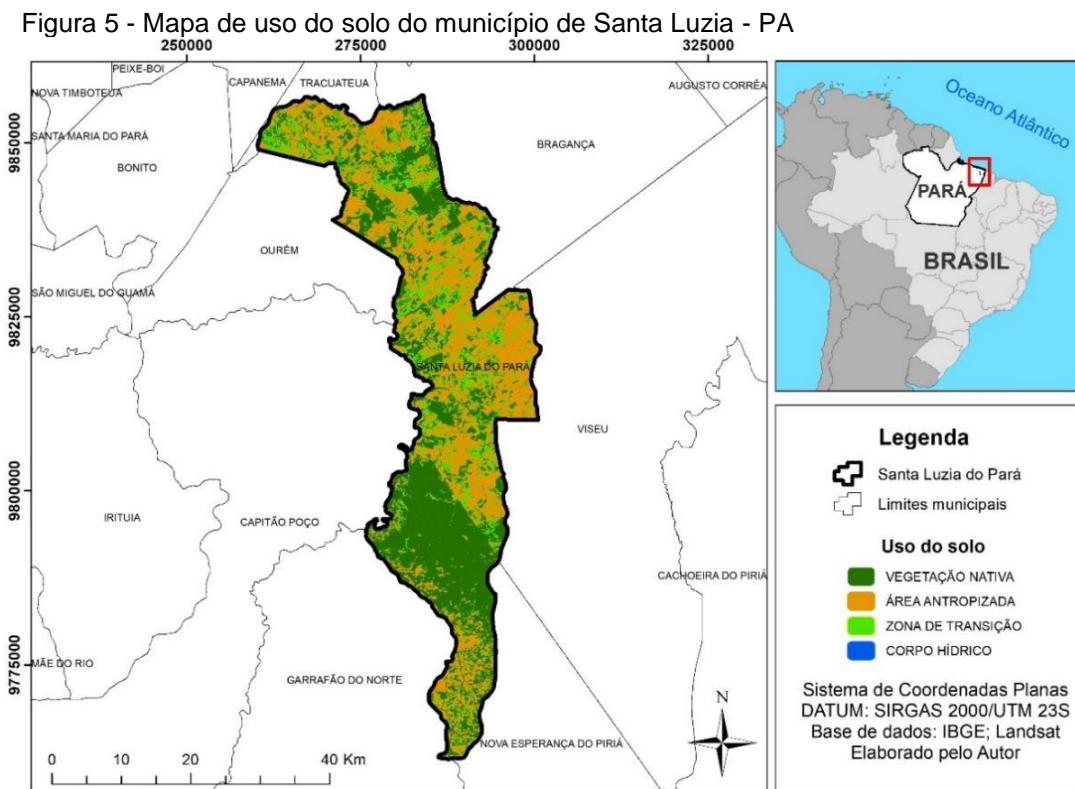
#### 4.1.1 Uso e ocupação do Solo

Inicialmente foi realizada uma análise da área de estudo no município, avaliando, por exemplo, como está o uso e ocupação do solo, sua formação geológica e hidrogeológica e sub-bacias, para que fossem gerados mapas para auxiliar na projeção dos canários.

Nesta etapa realizou-se uma avaliação do uso do solo no município de Santa Luzia do Pará, através do processamento de imagens de satélite. Esse método demonstrou uma análise do uso e cobertura do solo em Santa Luzia do Pará, na qual

identificou-se uma análise detalhada do uso da terra. Para esse propósito, foi utilizada a imagem Landsat 8 na órbita ponto 222/061 na data 08/08/2023, disponibilizado no sistema online do site do United States Geological Survey (USGS), e processada no software ArcGis versão 10.8.

Na Figura 5, observa-se o uso e ocupação do solo do município, onde a parte sul corresponde a Terra Indígena do Alto Rio Guamá (TIARG) da etnia Tembé, e as demais apresentam maior ocupação antrópica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

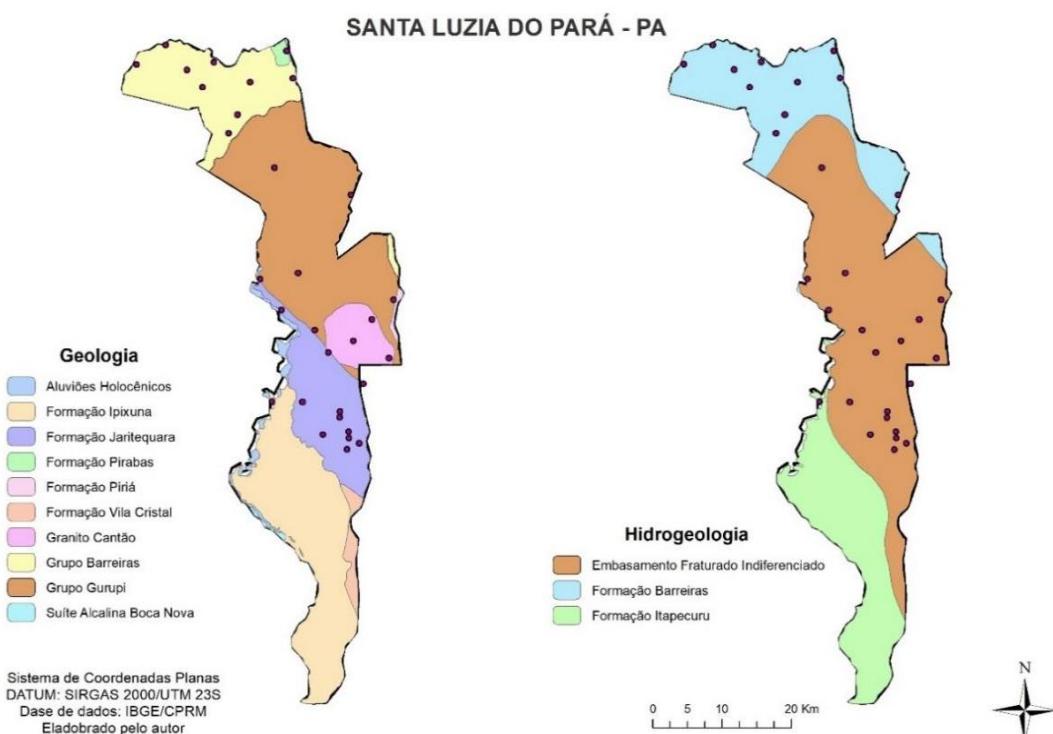
Crispim *et al.* (2020), calcularam o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para o município, e concluíram que os maiores valores de vegetação condizem com áreas protegidas.

Gorayeb *et al.* (2009), já apontavam para a modificação da ocupação do solo na bacia do Rio Caeté, parte norte do município, com predominância de vegetação secundária e a ocorrência de pastagens lavouras temporárias e permanentes. O rio Caeté está localizado no extremo norte do município, servindo como limite entre Santa Luzia e Tracuateua, onde essa região apresenta maior densidade de ocupação humana. Na parte mais ao sul do município, onde está localizada a Terra Indígena do Alto Rio Guamá (TIARG), encontra-se o rio Guamá. Nessa área, é evidente que esse corpo hídrico está mais preservado, com predominância de densas florestas.

De maneira geral, o município apresenta a maior área de cobertura do solo antropizada.

O município de Santa Luzia do Pará possui áreas com predominância de rochas, nas quais pode interferir de forma direta no abastecimento local, podendo reduzir significativamente a o acesso a água. Na Figura 6, está a caracterização geológica e hidrogeológica do município.

Figura 6 - Formação geológica e hidrogeológica do município



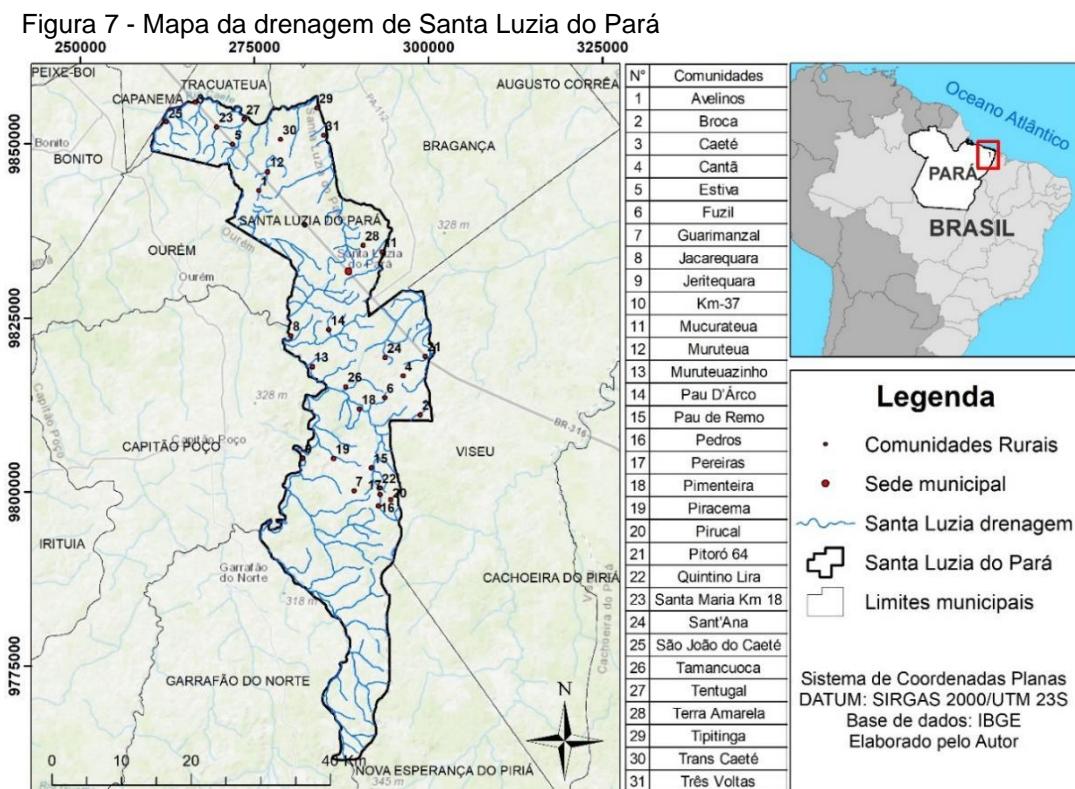
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

É possível observar que no município predominam a formação do Grupo Barreiras e Gurupi. No Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil, que consiste no banco de armazenamento de dados sobre poços cadastrados no território nacional, buscou-se informações alusivas aos poços cadastrados no município. Identificou-se 21 poços cadastrados no território municipal, em que 8 estão situados na zona urbana e 13 na rural, o que torna pouco mais difícil fazer uma avaliação criteriosa a respeito do aproveitamento da água subterrânea Localização geográfica das comunidades (CPRM, 2020).

As coordenadas das comunidades foram fornecidas pelo Escritório Local do município, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (EMATER). O Município tem seu território distribuído de modo que seus cursos d'água

são tributários em sua maioria do rio Caeté, Guamá e Piriá. A Bacia do Caeté compreende uma área de aproximadamente 2.195 km<sup>2</sup>, com extensão de 149 quilômetros (Gorayeb, 2008). Ainda de acordo com o autor, esta bacia drena parte de sete municípios, Bonito, Ourém, Santa Luzia do Pará, Capanema, Tracuateua, Bragança e Augusto Corrêa.

Na Figura 7, observa-se a rede de drenagem no Município de Santa Luzia, composto por densa malha de rios e igarapés.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Santa Luzia está situada na Região Hidrográfica da Costa Atlântica - Nordeste, conforme o Sistema Estadual de Informações Sobre Recursos Hídricos do Pará (SEIRH, 2022). No município, o Rio Caeté banha quatro comunidades: São João do Caeté, Vila do Caeté (às margens da rodovia BR 316), e a Vila do Tentugal e a Comunidade Remanescente Quilombola de Tipitinga (Dias; Cirilo, 2018). Além disso, abrange ainda parte da bacia do rio Guamá (Rocha; De Lima, 2020).

No que tange a distribuição populacional do município, vale ressaltar que apenas a área rural é objeto desse estudo, no entanto as comunidades indígenas, mesmo estando situadas nessa região, não estão englobadas na pesquisa.

No Quadro 6, está representada a distribuição populacional no município por área urbana e rural, número de residência e número de pessoas por domicílio, de

acordo com o IBGE 2010, visto que o Censo atual ainda não possui dados divulgados com esse nível de detalhamento.

Quadro 6 - População urbana e rural e população/residência

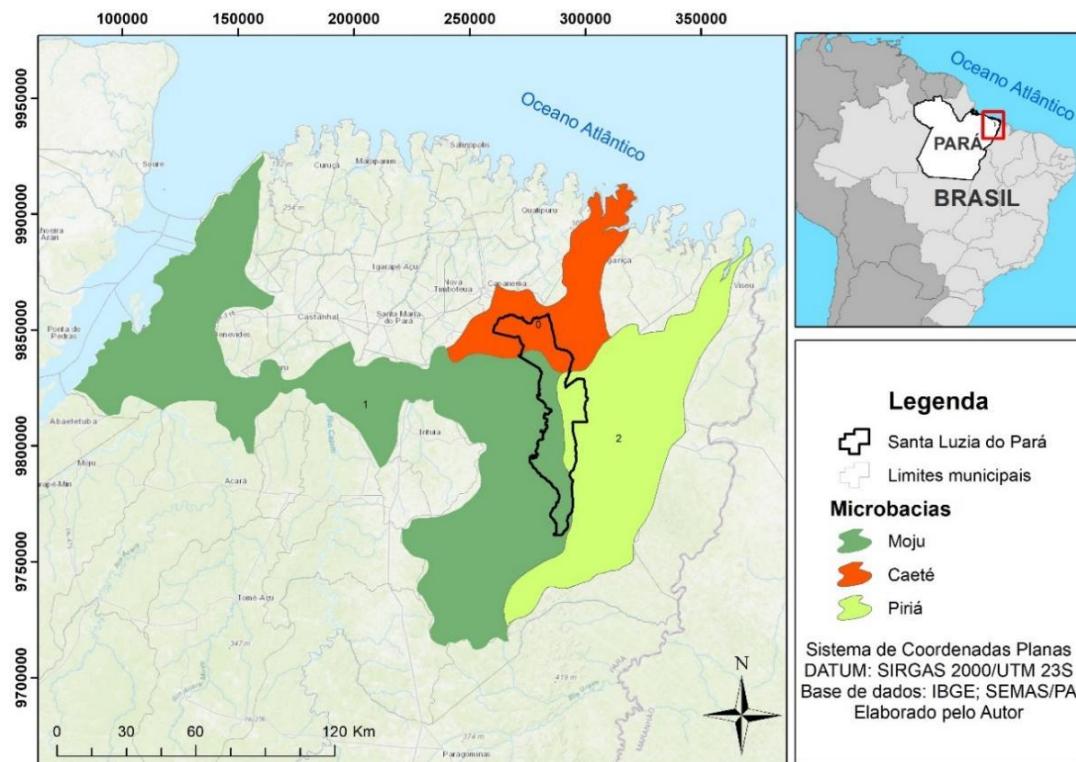
Área	População	Residências	Pessoas/residência
Rural	9873	2615	3,7755
Urbana	8693	2123	4,0947
Indígena	858	184	4,6630
Total	19424	4922	3,9464

Fonte: IBGE (2010)

Devido a uma parte do território do município corresponder a Terra Indígena Alto Rio Guamá, a população étnica que habita esse território não foi abordada nesta dissertação. Portanto, apenas a população rural de 9873 pessoas será considerada.

Na Figura 8, observa-se a distribuição espacial das sub-bacias que abrangem a área do município de Santa Luzia, as dos rios Caeté, Guamá e Piriá.

Figura 8 - Mapa das sub-bacias no Município de Santa Luzia do Pará



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A parte oeste do território está inserida na Sub-bacia do Alto Rio Guamá. Grande parte deste curso d'água faz limite com o Município de Capitão Poço. Nesse percurso ficam localizadas às suas margens do Rio Guamá, as comunidades de Jeritequara, Muruteuazinho e a comunidade de Remanescente Quilombola do Jacarequara.

A Bacia hidrográfica do rio Guamá está inserida Região Hidrográfica Costa Atlântica/Nordeste, nos seguintes municípios: Capitão Poço, Garrafão do Norte, Irituia, São Miguel do Guamá, Bujarú, Santa Luzia do Pará, Concórdia do Pará, Santa Izabel

do Pará, Inhangapi, Castanhal, São Domingos do Capim, Ourém, Mãe do Rio, Belém, Acará, Bonito, Benevides, Marituba e Ananindeua (SEMAS-PA, 2008).

Rocha e Lima (2019), calcularam o Índice de Sustentabilidade Hídrica (ISH) da bacia do Rio Guamá e suas respectivas sub-bacias. Na sub-bacia do Alto Rio Guamá, na qual compreende parte do território de Santa Luzia, o ISH foi de 0,44, considerado um desempenho médio/intermediário. O estudo aponta ainda que a sub-bacia tem cobertura vegetal entre 15 e 30%. Para Tamasauskas (2016), a sustentabilidade hídrica propõe condições necessárias para que as bacias tenham sempre uma capacidade maior de recarga, frente às demandas existentes.

Para a escolha das comunidades, inicialmente, elas foram categorizadas em três grupos com base no número de residências, ausência de sistema público de abastecimento, e proximidade a corpos hídricos superficiais: uma próxima a um corpo hídrico superficial perene, outra a um intermitente e a terceira sem corpo hídrico. Foi então selecionada uma comunidade de cada grupo. Como essas comunidades são desprovidas de sistema público de abastecimento, dessa forma, o estudo poderia auxiliá-las com informações sobre alternativas de aproveitamento de água, através da tecnologia social de captação de água da chuva.

De modo geral, foi descrito nessa pesquisa, um panorama sobre o abastecimento rural em Santa Luzia, e posteriormente foi analisado como o aproveitamento de água da chuva poderia auxiliar no abastecimento das três comunidades rurais selecionadas neste estudo.

Para calcular o volume captado de água da chuva, primeiramente, foi calculada a precipitação a partir dos dados da Hidroweb - ANA. Em seguida, os telhados das residências locais foram medidos por meio da ferramenta Google Earth.

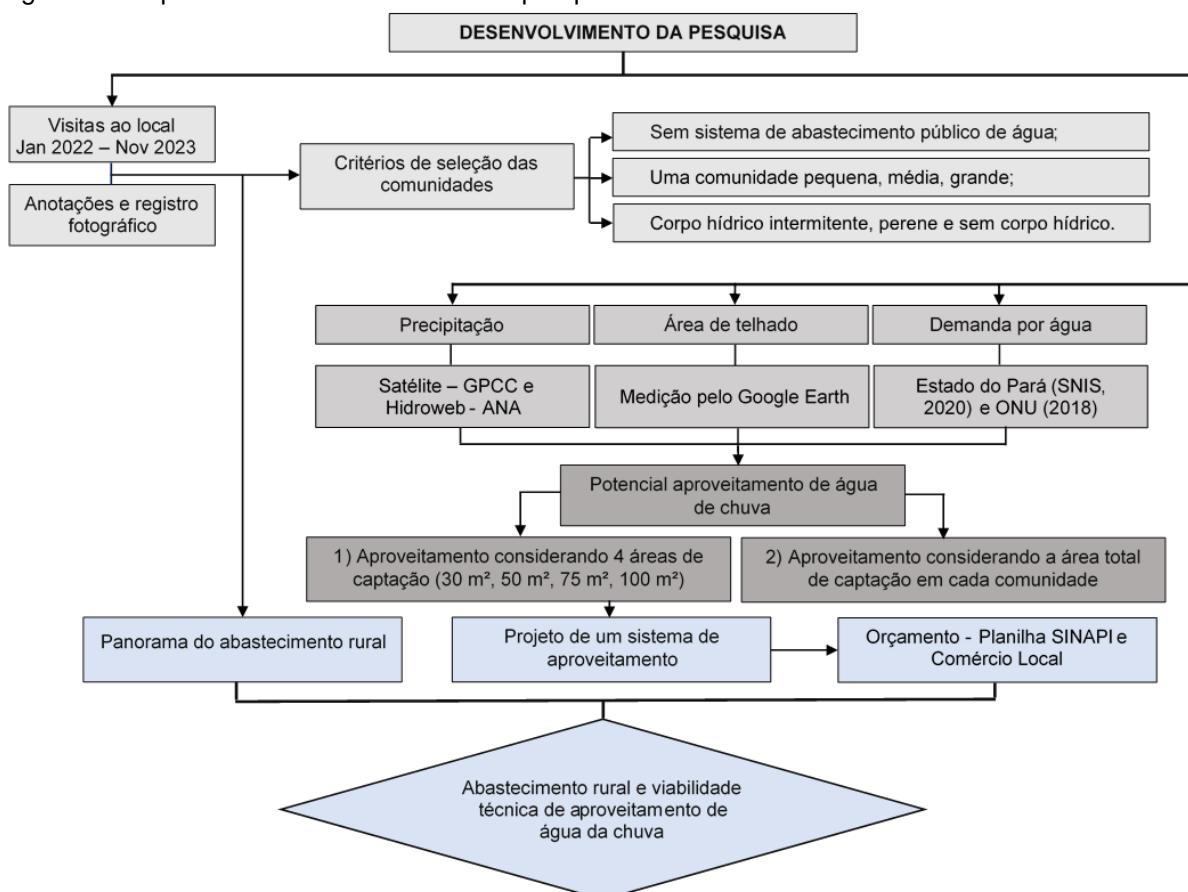
Nessa etapa, foi traçado um cenário no qual o aproveitamento considera uma demanda para residências unifamiliares, simulando um cenário com 3, 4 e 5 pessoas por residência, utilizando 4 áreas de captação distintas, variando a demanda per capita em 150 e 110 litros/pessoa.dia.

A estratificação das áreas de telhado foi realizada com base nas áreas predominantes nas comunidades estudadas. Além disso, foram considerados a precipitação média mensal e o coeficiente de escoamento superficial. Este último, estabelece a relação entre a precipitação e a água efetivamente captada, o qual varia de acordo com as características dos materiais utilizados nos telhados.

A segunda etapa consiste em calcular o potencial de economia de água potável. Esse cenário trata um cenário mais generalista, no qual foi considerada a área total medida dos telhados de cada comunidade selecionada. Neste caso, foi tomado o somatório das superfícies dos telhados, multiplicado pela precipitação média mensal, e pelo coeficiente de Runoff, para cada comunidade, e em seguida foi realizada a relação entre volume captado e demanda.

Posteriormente, foi calculado o custo de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, o qual pudesse contemplar uma casa rural da região, em que possa servir de modelo para comunidades com características semelhantes. Na Figura 9, as etapas da pesquisa são detalhadas por meio de um fluxograma. É importante salientar que o estudo aborda apenas a área rural do município, excetuando a área indígena.

Figura 9 - Esquema de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

#### 4.2 Obtenção e processamento das informações

Essa etapa incluiu levantar todas as informações e dados que subsidiaram a execução dessa pesquisa, que são elas: formas de abastecimento rural (visitas às comunidades rurais), dados pluviométricos (Hidroweb – ANA), dados populacionais

(IBGE 2010 e 2020), poços para abastecimento na zona rural (SIAGAS). O processamento e detalhamento dessas informações estão descritos ao longo desta dissertação.

#### 4.2.1 Dados das comunidades (número de residências e população rural)

É fundamental compreender a dinâmica populacional na zona rural, especialmente no que diz respeito ao número de pessoas por residência, uma vez que este estudo, dentre suas nuances, visa analisar a viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva, em função da área disponível para captação, precipitação local e número de moradores por residência.

Nesse contexto, foi encaminhado um ofício eletrônico às Secretarias Municipais de Meio Ambiente e de Saúde, do município, com o intuito de obter informações detalhadas sobre cada comunidade, e tal iniciativa se deu pela escassez de dados específicos disponíveis em sites oficiais. Contudo, não houve retorno por parte dos órgãos consultados.

As informações encontradas na plataforma do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), do IBGE (2010), foram limitadas, compreendendo apenas dados gerais, como a população total e o número total de residências na zona rural. No que concerne às comunidades, havia o número de residências apenas para 8 comunidades, enquanto as demais apresentavam apenas informações agrupadas em setores censitários, não possibilitando distinguir o número exato de residências em cada uma delas.

Diante dessa lacuna, e munidos das coordenadas geográficas de cada comunidade, optou-se por realizar a contagem das residências por meio de imagens de satélite, partir do Google Earth. A partir de cada coordenada, foi vetorizado um polígono com característica à divisão de setores censitários estabelecida pelo IBGE, possibilitando, desta forma, um número aproximado da quantidade de residências em cada comunidade rural.

O levantamento de dados, por meio das visitas às comunidades, foi realizado entre janeiro de 2022 e outubro de 2023. Por meio de observações, anotações e registros fotográficos, foi possível coletar dados para subsidiar o desenvolvimento deste trabalho. Esse levantamento foi essencial para obter conhecimento prático sobre como as comunidades rurais realizavam seu abastecimento, identificando quais comunidades possuíam ou não sistemas públicos de abastecimento.

É fundamental destacar que, embora a avaliação da viabilidade técnica de aproveitamento de água da chuva se restrinja a apenas 3 comunidades, durante as visitas à zona rural foram levantadas informações sobre as formas de abastecimento em todas elas, afim de estabelecer um panorama completo dessa região.

#### 4.2.2 Seleção das comunidades para o estudo

Considerando que seria bastante dispendioso estudar detalhadamente todas as comunidades da zona rural, foi prudente selecionar algumas para aprofundar a pesquisa. Para tanto, foram estabelecidos critérios específicos para essa seleção, evitando escolhas aleatórias e garantindo uma representação mais precisa e eficaz das condições de abastecimento nas diferentes comunidades.

##### **Critérios de seleção:**

- 1 - *A comunidade não deve possuir sistema de abastecimento público de água;*
- 2 - *Deve ser escolhida uma comunidade pequena, uma média e uma grande, em função da quantidade de residências;*
- 3 - *Deve ser considerado um critério de distribuição de corpos hídricos, sendo escolhida uma comunidade com corpo hídrico intermitente, outra com corpo hídrico perene e uma terceira sem corpo hídrico.*

O Critério 1 foi adotado com o objetivo de que o estudo ofereça alternativas de abastecimento às comunidades mais desfavorecidas. Ou seja, ao explorar a opção de aproveitamento de água de chuva como alternativa, essa possibilidade poderia ser especialmente benéfica para a comunidade que não dispõe de sistema público de abastecimento de água.

O Critério 2 foi concebido de forma a categorizar as comunidades em pequenas, médias e grandes, levando em consideração o número de residências em cada uma delas. Desse modo, pode-se identificar possíveis similaridades ou divergências no que diz respeito ao aproveitamento de águas pluviais entre essas diferentes categorias.

O Critério 3 foi estabelecido com o objetivo de avaliar a relação existente entre as formas de abastecimento em cada comunidade, considerando a presença de um corpo hídrico intermitente, perene e a ausência de corpo hídrico.

#### 4.2.3 Demanda por água na zona rural

A demanda por água na zona rural está relacionada a diversos fatores que não são objeto de estudo deste trabalho. No entanto, dado que esta pesquisa abrange unicamente três comunidades rurais do município, foi essencial obter informações sobre o consumo de água nessas áreas. Para isso, foi protocolado um ofício

endereçado às Secretarias Municipais de Saúde e de Meio Ambiente, solicitando esses dados. Contudo, não se obteve êxito nessa solicitação.

Diante da falta de informações nos sites do Instituto Trata Brasil, SNIS e ANA sobre a demanda de água na zona rural do município, e considerando a ausência de resposta das secretarias municipais, foi necessário adotar uma abordagem alternativa. Como referência, utilizou-se o valor per capita do estado do Pará, que é de 155,9 litros diários, conforme dados do SNIS (2020) e adotou-se o per capita de 150 litros. Além disso, foi projetado outro cenário, considerando o consumo per capita de 110 litros diários, conforme recomendado pela OMS (2018).

Para determinar o número de residentes em cada comunidade rural, foi realizada uma análise geoespacial, tendo em vista que as informações detalhadas por comunidade não estavam disponíveis na base de dados do IBGE. Com base nessa análise, foi verificado o número de residências em cada comunidade e multiplicado pelo número médio de pessoas por residência, estimado em 4 pessoas para efeito deste estudo, considerando dados do IBGE de 2010 que indicam aproximadamente 3,77 pessoas por residência.

#### 4.2.4 Dados pluviométricos

Inicialmente, foram coletadas informações de precipitação do município a partir do banco de dados da estação pluviométrica localizada na cidade de Santa Luzia, de código 146011. Essa estação apresentou falhas significativas nos dados, especificamente a ausência de informações para os meses de novembro e dezembro para o período de 2013 a 2020, o que levaria a resultados duvidosos.

Diante disso, a opção foi adotar a estação pluviométrica mais próxima que atendesse ao critério de uma série histórica de pelo menos 30 anos. Assim, foi utilizada a estação situada na cidade de Ourém de código 147016, distando cerca de 25 quilômetros (em linha reta), de Santa Luzia do Pará, e com período considerado de 1988 a 2022. Essas informações foram tratadas no instalador Hidro, da ANA, posteriormente convertidos em planilhas pelo programa Excel 2019 conforme as necessidades específicas do estudo.

Além disso, a precipitação foi calculada com base nos dados do Global Precipitation Climatology Center (GPCC) para efeito de comparação e validação, visto que a estação pluviométrica não está situada no município estudado. Vale destacar que a série histórica do GPCC abrange 40 anos, compreendendo o período de 1982 a 2022. No entanto, foram utilizadas as informações de apenas 34 anos (1988 a 2022),

visto que os dados obtidos no sistema Hidroweb abrangem exatamente esse período, permitindo assim uma comparação coerente.

Os dados brutos do GPCC foram obtidos do site do Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, um ministério da República Federal da Alemanha, o qual disponibiliza essas informações para acesso público em formato de grade ( $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ ) que cobre todo o planeta (Scheneider, 2014). Esses dados têm maior semelhança com os das estações pluviométricas, incluindo as gerenciadas pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) (Limberger; Silva, 2018). Na ausência de estações ou séries longas, esses dados podem ser uma alternativa, com coeficientes médios de correlação em torno de 0,90 e coeficiente médio de eficiência em torno de 0,81, se comparados com dados de estações pluviométrica (Saldanha *et al.*, 2015).

Para realizar a espacialização dos dados de precipitação, foram selecionados seis pontos de grade que abrangendo todo município, os quais foram processados no Excel e exportados para o software ArcGIS 10.8. A fim de obter uma representação, aplicou-se o método de Interpolação da Inversa Distância (IDW) à média das informações obtidas do GPCC. O IDW é um método estatístico simples e eficaz, especialmente adequado para pontos uniformemente distribuídos (Shahid; Lqbal; Khan, 2017). Isso resulta em conjuntos de dados que podem ser apresentados em forma de mapas e também organizados em planilhas, permitindo a aplicação de diversos métodos estatísticos conforme necessário.

#### 4.2.5 Medição da área dos telhados

O cálculo das áreas dos telhados referente às três comunidades foi realizado por meio da ferramenta de medida do Google Earth. Para tanto, todas as residências de cada comunidade foram medidas, e os resultados dessas medições foram estratificados em 4 intervalos. Na Figura 10, pode-se observar como foram medidas essas áreas, em que permitiu conhecer suas dimensões em cada comunidade.

Figura 10 - Área de telhado das residências, Vila do Broca



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após a medição dos telhados, eles foram divididos em quatro intervalos distintos. Essa divisão foi feita para considerar diferentes possibilidades de captação, uma vez que as dimensões das áreas de captação variam, e essa variação interfere diretamente na quantidade de água da chuva que pode ser aproveitada, e consequentemente no potencial de economia de água.

#### 4.2.6 Volume captado

Para estimar o volume de água que pode ser captado, foi utilizada a metodologia proposta por Lima *et al.* (2011). Essa metodologia se baseia na premissa de que o volume captado é diretamente proporcional à área da superfície de captação e à quantidade de chuva que precipita sobre essa área e a relação entre a precipitação total e a água efetivamente captada, expressa pelo coeficiente de runoff, conforme a Equação 1

$$V_C = \frac{P \cdot Ac \cdot C_r}{1000} \quad (1)$$

Vc - Volume mensal que pode ser captado;

P - Precipitação média em mm/mês;

Ac - Área média de captação de uma residência em m<sup>2</sup>;

Cr - Coeficiente de runoff (adimensional);

1000 - Fator de conversão de litros para m<sup>3</sup>.

É importante esclarecer que no primeiro cenário tratado nessa dissertação, considera a precipitação, área de captação e o coeficiente de Runoff, igual a 0,8, o que determina o volume que pode ser captado.

O coeficiente de escoamento superficial, conhecido por coeficiente de Runoff (Cr), correlaciona o volume de chuva precipitado com o volume escoado, diretamente influenciado pelo material da superfície de captação. Com a predominância de telhados cerâmicos na área de estudo, utilizou-se o valor de Cr igual a 0,8, correspondente a este material, indicando que do total da chuva precipitada, apenas 80% é efetivamente captada.

Com o objetivo de avaliar um panorama com diferentes números de pessoas por casa, foi realizada uma estratificação das residências em três grupos: com 3, 4 e 5 moradores. Essa escolha se baseia na média de 3,77 moradores por domicílio na zona rural do município, conforme dados do IBGE (2010). Para cada grupo, foram considerados dois cenários de consumo per capita: 150 e 110 litros, permitindo uma análise mais abrangente das demandas hídricas, conforme esquema demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Relação entre demanda em litros/habitante/dia e área de telhado

Mês	Precipitação (mm)		
	Demanda (L)/Nº de pessoas		
Telhados	330/450 litros	440/600	550/750
Área (m <sup>2</sup> )	3 pessoas/residência	4 pessoas/residência	5 pessoas/residência
Área 1 (m <sup>2</sup> )	Volume captado por dia (em litros)		
Área 2 (m <sup>2</sup> )			
Área 3 (m <sup>2</sup> )			
Área 4 (m <sup>2</sup> )			

Fonte: Autor (2023)

É importante destacar que nesta metodologia não foi considerado o descarte dos primeiros milímetros de precipitação. Essa abordagem foi adotada tendo como referência os estudos de Ghisi *et al.* (2006), Lima *et al.* (2011), Flores *et al.* (2012), Souza *et al.* (2012) e Neu *et al.* (2018), nos quais os cálculos também não incluíram essa etapa. Contudo, a eliminação dos primeiros milímetros é uma prática importante em projetos de aproveitamento de água de chuva, porém, nesta pesquisa não foi adotada.

#### 4.3 Potencial de economia de água

Essa abordagem utiliza também a metodologia desenvolvida por Lima *et al.* (2011) de acordo com a Equação 2. Nesse caso, é possível calcular o potencial de economia de água potável nas comunidades rurais, indicando uma estimativa do volume de água que poderia ser economizado através da utilização de água de chuva.

No cálculo de potencial de aproveitamento, multiplica-se a área total dos telhados medidos em cada comunidade e a média mensal da precipitação da série histórica analisada, dividindo-se pela demanda de cada comunidade, conforme a Equação 2.

$$\text{PEA} = \frac{V_c}{\text{DA}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

PEA - potencial de economia de água (%);

$V_c$  - volume mensal de água chuva captada ( $\text{m}^3$ );

DA - demanda mensal de água - ( $\text{m}^3$ ).

Essa avaliação do potencial aproveitamento de água da chuva, considera um cenário mais generalista, em que é tomada a área de telhado total medida em cada comunidade, e a demanda total por água em cada uma delas, conforme mostrado no esquema da Figura 11.

Figura 11 - Esquema para cálculo de potencial aproveitamento de água de chuva

PEA	=	Vc	=	Área total do telhados em cada comunidade * Precipitação * Coeficiente de runoff
Da	=			Per capita * N° de residências * Dias do mês

Fonte: Autor (2024)

Nesse cenário é possível ter uma visão geral quanto ao aproveitamento de água de chuva, e o quanto em cada comunidade poderia se economizar água, caso o recurso pluvial fosse aproveitado. Essa medida seria interessante para auxiliar, essencialmente, a população que vive com dificuldade de abastecimento.

#### 4.4 Custo de implementação de um sistema de aproveitamento de água de chuva

Um sistema de aproveitamento de água de chuva deve considerar diversos fatores, tendo a demanda e a disponibilidade como variáveis fundamentais para o seu dimensionamento. O aproveitamento tem como grandezas diretamente proporcionais, a área de telhado disponível para a captação e a precipitação local. Porém, é fundamental observar o material da área de captação, pois, dependendo do material empregado, o escoamento superficial poderá ser maior ou menor. Também é importante estabelecer se o projeto propõe um sistema de descarte dos primeiros milímetros precipitados, os quais têm a função de limpar o telhado de possíveis poeiras e materiais acumulados na superfície.

Para obter o custo de implementação de um sistema desses, considerando uma residência típica da região estudada, foram tomados como referência os valores dos

materiais, no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2024), e em um comércio local.

As informações do SINAPI são compiladas e mantidas pela Caixa Econômica Federal, juntamente com o IBGE, com o objetivo de fornecer referências de custos e índices relacionados à construção civil no Brasil. Isso é uma ferramenta que contém dados detalhados sobre preços de materiais, mão de obra, equipamentos e serviços comumente utilizados na construção civil, e é amplamente utilizada pelo setor da construção, incluindo empresas, engenheiros, arquitetos e órgãos governamentais, para calcular orçamentos, estimar custos de obras, realizar licitações e acompanhar a evolução dos preços no setor. Vale ressaltar que os dados foram tomados como referência o mês de março de 2024.

Para fins de comparação e com o objetivo de elaborar um orçamento mais condizente com a realidade do município, foi realizada uma cotação orçamentária com um fornecedor local, por meio de uma loja situada na cidade de Santa Luzia do Pará.

Dentre os materiais indispensáveis para a execução de um sistema de aproveitamento de água de chuva está o reservatório, cujo preço varia de acordo com sua capacidade. O tamanho do reservatório foi dimensionado tomando como referência a precipitação do mês de março, visto que este é o mês mais chuvoso, de acordo com a série analisada.

Para determinar a capacidade do reservatório, calculou-se a precipitação acumulada do mês de março (o mais chuvoso) e dividiu-se pelo número de dias de chuva nesse mês, obtendo-se uma média diária de precipitação. Em seguida, esse valor foi multiplicado pela área média de uma residência na região ( $75 \text{ m}^2$ ) e pelo coeficiente de runoff (0,8), resultando em um volume potencial de captação diária, conforme a realidade local, conforme mostrado no Quadro 8.

Quadro 8 - Volume com potencial de ser captado em um dia

Ano	Dias de chuva no mês de março	Soma da precipitação em março (mm)	Média da precipitação diária em março (mm)	Volume potencialmente captado no dia (L)
1988	28	451,8	16,14	968,14
1989	30	417,9	13,93	835,80
1990	29	280,5	9,67	580,34
1993	23	249,3	10,84	650,35
1994	28	495,9	17,71	1062,64
1995	31	329,5	10,63	637,74
1996	22	409,2	18,60	1116,00
1997	25	474,4	18,98	1138,56
1998	27	519,7	19,25	1154,89
1999	27	198,9	7,37	442,00
2000	24	243,7	10,15	609,25
2001	28	328,5	11,73	703,93
2002	28	279,2	9,97	598,29
2003	28	393,8	14,06	843,86
2004	28	461,8	16,49	989,57
2005	28	446,1	15,93	955,93
2006	30	281	9,37	562,00
2007	29	292,5	10,09	605,17
2008	29	377	13,00	780,00
2009	30	361,1	12,04	722,20
2010	21	184,3	8,78	526,57
2011	31	561,42	18,11	1086,63
2012	30	374,6	12,49	749,20
2013	27	442,9	16,40	984,22
2014	28	376,8	13,46	807,43
2015	27	502,4	18,61	1116,44
2016	30	452,5	15,08	905,00
2017	29	304,5	10,50	630,00
2019	29	347,3	11,98	718,55
2020	27	416,3	15,42	925,11
2021	31	421	13,58	814,84
2022	28	355,7	12,70	762,21
Precipitação total média diária			13,53	811,97

Fonte: Autor (2024)

Conforme destacado no Quadro 8, observa-se que o volume potencial de captação diária no mês mais chuvoso da série analisada (março), varia entre 562 e 1.154,89 litros, com uma média diária de 811,97 litros. Tomando essa projeção como referência, foi definido que o volume do reservatório para o projeto será de 1.000 litros, considerando um reservatório comercial com capacidade aproximada.

Vale destacar que essa medida foi tomada considerando o período de maior precipitação do ano, caracterizado pelo mês mais chuvoso da série analisada (março 371,05 mm), em que foi definido um reservatório com capacidade de 1000 litros

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Panorama do abastecimento na zona rural de Santa Luzia do Pará

O referido estudo, dentre suas abordagens, traçou um panorama do abastecimento rural do município. Essa região compreende 31 comunidades rurais, com exceção da área indígena que não será abordada nesta dissertação.

Durante o levantamento de dados oficiais foram encontradas informações limitadas. De acordo com dados do IBGE (2010), há disponíveis dados apenas de 8 comunidades, conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 9 - Comunidades com abastecimento de acordo com o IBGE 2010

Comunidade	Nº residências	Residências com abastecimento público	Residências abastecidas através de Poços amazonas	Outras fontes
Broca	84	0	79	5
Caeté	128	0	94	34
Estiva	159	0	128	31
Km 18	156	0	129	27
Muruteua	127	0	112	15
Pau de Remo	75	0	66	8
Pitoró	55	0	47	8
Tentugal	83	55	20	6

Fonte: IBGE (2010)

Observa-se que apenas 8 comunidades têm o número de residências registrado no Censo de 2010. As demais estão incluídas em setores censitários que abrangem várias comunidades dentro de um mesmo polígono, dificultando a precisão no número de residências em cada uma delas. Isso evidencia a limitação de informações disponíveis para a área rural.

Além dessa escassez, também há uma defasagem nos números sobre a população, para o município. Dessarte, optou-se por realizar uma análise geoespacial para quantificar o número de residências, bem como ainda realizar as visitas *in loco* e cada comunidade para obter informações mais claras sobre o abastecimento rural, quanto a existência de corpo hídrico superficial, fornecimento de energia elétrica, sistema público de abastecimento, o que foi fundamental para elaboração desse estudo.

Para análise geoespacial, foram traçados polígonos com base nas coordenadas geográficas de cada comunidade. Essa abordagem permitiu obter números mais precisos sobre a quantidade de residências nas vilas, por meio de uma contagem individual observadas em imagens disponíveis pelo Google Earth.

Após avaliação geoespacial e da validação através das visitas em cada comunidade, chegou-se a informações fundamentais, as quais estão descritas no Quadro 10. Essas informações dizem respeito a existência de sistema público de

abastecimento de água, presença de corpo hídrico superficial e fornecimento energia elétrica, as quais foram obtidos por meio das visitas *in loco*, na qual foram realizados registros fotográficos e fazer anotações detalhadas por meio de observações.

Quadro 10 - Informações das comunidades rurais

Nº	¹Comunidade	¹Sistema abastecimento	¹Corpo hídrico superficial	¹Energia elétrica	Número de Residências	
					¹Análise geoespacial	²IBGE (2010)
1	Avelinos		Sem	x	54	Sem dados
2	Broca		Intermitente	x	170	80
3	Caeté		Perene	x	223	128
4	Cantã		Sem	x	38	Sem dados
5	Estiva		Perene	x	342	159
6	Fuzil	x	Sem	x	72	Sem dados
7	Guarimanzal		Sem	x	21	Sem dados
8	Jacarequara		Perene	x	104	Sem dados
9	Jeritequara		Perene	x	13	Sem dados
10	Km - 37		Intermitente	x	71	Sem dados
11	Mucurateua		Intermitente	x	41	Sem dados
12	Muruteua		Perene	x	257	127
13	Muruteuazinho		Perene	x	75	Sem dados
14	Pau D'Árco		Sem	x	27	Sem dados
15	Pau de Remo		Sem	x	132	75
16	Pedros		Sem	x	24	Sem dados
17	Pereiras		Sem	x	14	Sem dados
18	Pimenteira		Perene	x	54	Sem dados
19	Piracema		Perene	x	64	Sem dados
20	Pirucal		Sem	x	8	Sem dados
21	Pitoró 64		Intermitente	x	93	55
22	Quintino Lira		Sem	x	75	Sem dados
23	Km 18		Perene	x	483	156
24	Sant'Ana		Sem	x	31	Sem dados
25	São João do Caeté		Perene	x	103	Sem dados
26	Tamancuoca		Perene	x	68	Sem dados
27	Tentugal	x	Perene	x	158	83
28	Terra Amarela		Intermitente	x	39	Sem dados
29	Tipitinga		Perene	x	63	Sem dados
30	Transcaeté		Intermitente	x	27	Sem dados
31	Três Voltas		Intermitente	x	26	Sem dados

Fonte: <sup>1</sup>Dados da pesquisa (2023), <sup>2</sup>IBGE (2010)

Após o cômputo, os resultados foram estratificados em três classes com base no número de residências, classificando as comunidades em função do número de residência, em pequenas, médias e grandes, conforme demonstrado no Quadro 11. Com essa divisão, tornou-se possível selecionar as comunidades a serem estudadas.

Quadro 11 - Número de residências obtido através de análise geoespacial

Comunidade	Nº de residências	Comunidade	Nº de residências	Comunidade	Nº de residências
Pirucal	8	Pimenteira	54	São João do Caeté	103
Jeritequara	13	Avelinos	54	Pau de Remo	132
Pereiras	14	Tipitinga	63	Tentugal	158
Guarimanzal	21	Piracema	64	Broca	170
Pedros	24	Tamancuoca	68	Caeté	223
Três Voltas	26	Km - 37	71	Muruteua	257
Pau D'Árco	27	Fuzil	72	Estiva	342
Transcaeté	27	Quintino Lira	75	km 18	483
Sant'Ana	31	Muruteuazinho	75	-----	-----
Cantã	38	Jacarequara	104	-----	-----
Terra Amarela	39	Pitoró – km 64	93	-----	-----
Mucurateua	41	-----	-----	-----	-----
Total	309	Total	793	Total	1868
TOTAL			2970		

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A zona rural do município de Santa Luzia abriga a maior parcela da população, conforme o Censo de 2010. Por isso, é fundamental compreender como os habitantes dessas áreas realizam seu abastecimento, já que essas regiões, muitas vezes, têm menor cobertura de infraestrutura em saneamento.

Nesse levantamento, foram identificadas apenas 5 comunidades rurais que possui pelo menos alguma etapa de implementação de sistema de abastecimento, nas quais duas estão em fase de implantação (Pau de Remo e Vila do Caeté), outra está sem operação (Tamancuoca), e apenas duas estão em operação (Fuzil, Tentugal), conforme representado no Quadro 12.

Quadro 12 - Panorama do abastecimento de água na zona rural de Santa Luzia

Comunidade	Situação quanto ao abastecimento	Operador	Observação
Fuzil	Em operação	PMSLP*	Em racionamento principalmente Durante o período de estiagem
Tentugal	Em operação	PMSLP	
Pau de Remo	Em obras	-----	-----
Caeté	Em obras	-----	-----
Tamancuoca	Sem operação	PMSLP	Falta de manutenção
Demais	Sem sistema público de abastecimento	-----	Poço amazonas, cacimbas, igarapés

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

PMSLP: Prefeitura Municipal de Santa Luzia do Pará

É possível observar a partir dessas informações como essas localidades realizam o abastecimento de sua população e quem eram os responsáveis pela prestação do serviço, quando havia sistema público de abastecimento.

Serão apresentados detalhes sobre o panorama do abastecimento rural, apresentando a realidade de algumas comunidades, abordando cada uma em tópicos distintos.

Inicialmente, essa abordagem relata a situação daquelas comunidades que possuem sistemas de abastecimento público de água (Fuzil e Tentugal), sistema que se encontram inativo (Tamancuoca), sistemas em processo de implementação (Caeté e Pau de Remo), e as que possuem sistema de abastecimento nas escolas através de poços tubulares (Muruteuazinho e Pau D'Árco).

As demais comunidades, que não dispõem de sistemas públicos de abastecimento, nem mesmo nas escolas, e ainda não contam com qualquer iniciativa ou projeto em fase de implementação. Essa abordagem agrupada dessas comunidades, deve-se ao fato de haver similaridade quando se trata de abastecimento de águas, pois de sua população, a qual utiliza, prioritariamente, poços denominados amazonas ou cacimbão. O objetivo dessa descrição é traçar um panorama do atual cenário sobre o abastecimento na zona rural do município.

Após a descrição das comunidades citadas, será retratada a situação das selecionadas para esse estudo.

#### 5.1.1 Comunidade do Fuzil (com abastecimento público)

Na Figura 12, estão ilustradas a Igreja Católica e a rua principal da comunidade, bem como ainda estrutura do reservatório construído para o abastecimento local.

Figura 12 - Vila fuzil: a) Reservatório; b) Igreja católica; c) Comunidade



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

O reservatório integrante do sistema de abastecimento de água, representados nas Figura 12a, constitui uma extensão do Projeto de Assentamento Federal conduzido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Este projeto objetiva obtenção da terra, aporte de recursos de crédito, o apoio à instalação, a infraestrutura básica (incluindo estradas de acesso, abastecimento de água e

energia elétrica) e a titulação (Concessão de Uso/Título de Propriedade), (BRASIL, 2020).

Vale ressaltar que esse poço está devidamente cadastrado no SIAGAS com o código 1500003765, datando de 28 de novembro de 2007, com vazão de 2 m<sup>3</sup>/h, profundidade de 100 metros, com material geológico predominante de rochas intemperizadas e decompostas (SIAGAS, 2007).

Quanto ao abastecimento, o reservatório é enchido de acordo com a demanda, não possuindo um sistema automatizado. Além disso, ao final da tarde de cada dia, o reservatório é cheio, e o fornecimento de água é interrompido durante o período noturno.

#### 5.1.2 Comunidade do Tentugal (com abastecimento público)

A comunidade do Tentugal, localizada mais ao norte do município de Santa Luzia do Pará, fica situada às margens do rio Caeté. Ali existe um sistema de abastecimento de água em operação, no entanto, sua distribuição não é contínua. Conforme informações da operadora do sistema, uma voluntária moradora da comunidade, o reservatório é enchido e a água é distribuída à população. Posteriormente, o reservatório é recarregado para uma nova distribuição, funcionando dessa forma em um sistema de rodízio.

Vale ressaltar que o acionamento e desligamento da bomba é realizado de modo manual, não havendo automatização do sistema. Na Figura 13a e 13b é possível observar as instalações do reservatório da comunidade do Tentugal e o Rio Caeté, principal curso d'água que banha este povoado. Esse manancial superficial é utilizado basicamente para fins paisagísticos e de balneabilidade, não havendo uso para abastecimento doméstico.

O poço utilizado para o abastecimento dessa comunidade encontra-se cadastrado no SIAGAS com o código 1500002800, e data de 12 de dezembro de 2004.

Figura 13 - Vila Tentugal: a) rio Caeté: b) reservatório de abastecimento



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Nessa vila, o sistema de abastecimento atende a toda a população local, no entanto, é crucial ressaltar que alguns moradores evitam o consumo dessa água para alguns usos, sob alegação que não há limpeza no reservatório. Como resultado, a população opta por utilizar poços amazonas ou cacimbas, já que, de modo geral, cada residência conta com outra fonte de abastecimento. Essa alternativa também se torna uma medida preventiva durante os períodos de interrupção no fornecimento de água pelo sistema, principalmente quando ocorre problemas no sistema de bombeamento, o que exige o deslocamento até cidade para reparos, segundo informação *in loco*.

De acordo com a responsável pelo sistema, que trabalha voluntariamente, o reservatório tem capacidade para 20 mil litros. Caso o registro da tubulação de distribuição esteja aberto, a bomba funciona sem interrupção, uma vez que o consumo é excessivo. Nessas circunstâncias, o registro é fechado até o reservatório encher, para posterior abertura e distribuição de água. Esse procedimento é realizado duas vezes ao dia. Além disso, a bomba fica acionada por tempo não especificado, com distribuição contínua, sendo interrompida somente quando o registro é fechado para o enchimento do reservatório. Desse modo, é possível inferir que o consumo dessa comunidade é de, no mínimo, 40 m<sup>3</sup>/dia.

Dentre as várias tarefas do dia a dia, e dispondo de um grande manancial superficial que cruza a o vilarejo, é muito comum muitas pessoas ainda exercerem a prática de lavar roupas diretamente no rio, essencialmente aquelas que residem próximo as suas margens.

Durante as visitas nas comunidades, foi evidente a existência de uma variedade de situações no município. Isso sugere que cada comunidade requer abordagens específicas de políticas públicas, devido às diferentes características, como o acesso à água, que se manifesta de maneira distinta em cada uma delas.

#### 5.1.3 Comunidade do Tamancuoca (sem abastecimento público)

A comunidade do Tamancuoca foi beneficiada pelo mesmo projeto de Reforma Agrária concedido à comunidade do Fuzil. Ambas fazem parte de uma área destinada a um projeto de assentamento de reforma agrária denominado PA Cristal (Brasil, 2020).

Nesse contexto, a população residente nessas duas comunidades obteve vários benefícios, incluindo a implantação de um sistema de abastecimento de água. Isso envolveu a perfuração de poços, construção de reservatórios e instalação de redes de distribuição. Esse poço está cadastrado no SIAGAS com o código 1500004416, possui 160 metros de profundidade e vazão de 4 m<sup>3</sup>/hora.

No entanto, durante a visita à comunidade, observou-se que o sistema não estava mais em funcionamento. Segundo alguns moradores, a bomba apresentou problemas, o que levou à paralisação do sistema. Desde o período em que o sistema estava em operação, a população já possuía poços do tipo amazonas em suas residências, o que servia como uma alternativa de abastecimento em caso de problemas no sistema de bombeamento. Na Figura 14a, está a ilustração do reservatório utilizado para armazenamento de água no sistema de abastecimento, quando este estava em funcionamento.

Figura 14 - Vila Tamancuoca: a) Reservatório de abastecimento b) capela



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Portanto, a comunidade do Tamancuoca é abastecida essencialmente por meio de água subterrâneas, através de poços amazonas, apesar de estar situada próxima a um corpo hídrico superficial perene. Na ocasião da visita na comunidade, não foi encontrada quaisquer informações detalhadas sobre o sistema de abastecimento, mas foi possível perceber que o local em que o reservatório se encontra instalado, há uma certa precarização quanto à manutenção das estruturas, bem como não foi possível verificar

#### 5.1.4 Comunidade do Caeté (sem abastecimento público)

As Figuras 15a e 15b é possível observar a estrutura do reservatório e do poço construídos nas comunidades do Caeté e Areia Branca, respectivamente. Vale destacar que esse poço se encontra cadastrado no SIAGAS através do código 1500011387, datando sua instalação de 21 de março de 2019.

Figura 15 - Comunidade do Caeté: a) estrutura do reservatório; b) poço tubular



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Esta comunidade, situada às margens do rio Caeté, apresenta uma característica peculiar não observada em outras comunidades visitadas durante a pesquisa. Isso se reflete na coloração da água, a qual, visualmente, não atende aos padrões de potabilidade, conforme ilustrado nas Figuras 16a e 16b. Durante as visitas em algumas residências, notou-se a presença de água com a coloração avermelhada extraída de poços amazonas. Conforme relatado por alguns moradores, essa característica não abrange toda a comunidade, mas está limitada a residências em uma área específica.

Figura 16 - Vila do Caeté: a) poço amazonas b) água de cor avermelhada



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Diante de tal problemática, alguns moradores relataram que é muito comum coletar água de vizinhos, principalmente no que diz respeito ao preparo de seus alimentos e ingestão, ficando assim a água de má qualidade destinada a outros usos.

Na comunidade do Caeté, é evidente a carência de um sistema público de abastecimento de água. Desse modo, a população enfrenta desafios significativos, dependendo de fontes alternativas sem o devido planejamento. Isso inclui principalmente a escavação de poços rasos, que, por sua profundidade limitada, são mais vulneráveis à contaminação. É possível encontrar ainda utilização de água da chuva, mas muitas vezes sem um dimensionamento adequado e, consequentemente, falta de infraestrutura apropriada, como ilustrado na Figura 17.

Figura 17 - Poço amazonas e aproveitamento de água da chuva



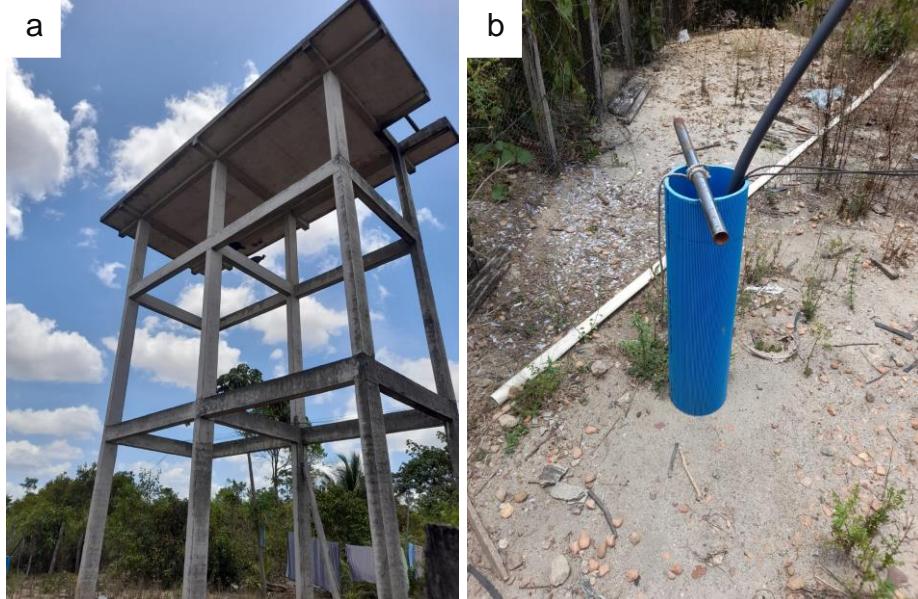
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Em geral a população dessa comunidade utiliza os recursos hídricos de fontes subterrâneas, através dos poços amazonas, essencialmente.

### 5.1.5 Comunidade do Pau de Remo (sem abastecimento público)

Na comunidade do Pau de Remo, foram iniciadas obras para a instalação de um sistema de abastecimento de água, mas ainda não foi concluído. Não foram obtidas informações detalhadas sobre esse projeto. As Figuras 18a e 18b ilustram o poço tubular e a parte de estrutura do reservatório. Vale ressaltar que esse poço se encontra cadastrado no SIAGAS, sem informações hidrogeológicas, de código 1500011374, cadastrado em 21 de março de 2019, constatada através das coordenadas georreferenciadas.

Figura 18 - Pau de Remo: a) Estrutura do reservatório; b) Poço tubular



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

### 5.1.6 Comunidade do Muruteuazinho (sem abastecimento público)

Na comunidade do Muruteuazinho, consta no SIAGAS o registro de um poço de código 1500008600, datado de 29 de outubro de 2011, e uma profundidade de 36 metros. É importante ressaltar que esse poço é destinado ao abastecimento da Escola Municipal de Ensino Fundamental Sagrado Coração de Jesus, desta vila, não se estendendo ao abastecimento de toda a comunidade.

A Figura 19, observa-se a Escola local, juntamente com o sistema de abastecimento da unidade.

Figura 19 - Vila Muruteuazinho: a) escola; b) escola e reservatório de água



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Assim, como a maioria das comunidades rurais de Santa Luzia, essa comunidade também obtém seu abastecimento principalmente por meio de poços amazonas, uma vez que o poço destinado ao abastecimento escolar (poço tubular), não atende às necessidades da população local.

#### 5.1.7 Vila do Pau D'Arco (sem abastecimento público)

Nessa comunidade, ao consultar o endereço eletrônico do SIAGAS, foi identificado o registro de um poço com o código 1500008600, com uma profundidade de 40 metros. No entanto, durante a visita, constatou-se que o poço era destinado para o abastecimento da Escola Municipal de Ensino Fundamental Eluziario Antonio da Silva, e não atendia à comunidade. Na Figura 20, observa-se a escola e a estrutura do reservatório utilizado.

Figura 20 - Vila Pau D'Arco: a) escola;



b) escola e reservatório de água



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Como esse sistema se restringe em abastecer a demanda escolar, a população local faz uso de água subterrânea através da utilização dos poços rasos do tipo amazonas, onde é muito comum cada residência possuir um.

#### 5.1.8 Panorama das demais comunidades (sem abastecimento público)

As comunidades (Avelinos, Broca, Cantã, Estiva, Guarimanzal, Jacarequara, Jeritequara, Km 37, Mucurateua, Muruteua, Muruteuazinho, Pau D'Árco, Pedros, Pereiras, Pimenteira, Piracema, Pirucal, Pitoró 64, Quintino Lira, Km 18, Sant'Ana, São João do Caeté, Terra Amarela, Tipitinga, Transcaeté, Três Voltas) não possuem sistema público de abastecimento, e a demanda de água dessas comunidades é

suprida, prioritariamente, através da exploração de água subterrânea por meio de poços rasos, denominados poços cacimba.

Durante uma visita realizada na região, foi identificado como se procede na construção de um poço amazonas. Na Figura 21 verificou-se a execução de escavação manual desse tipo de poço, a principal fonte de abastecimento na zona rural do município. Esse procedimento consiste basicamente em escavar o solo em formato geralmente cilíndrico, utilizando ferramentas como picareta, pá, roldana carretel e um balde para retirar o material do fundo. É muito comum executar isso durante o período de estiagem, visto que esse é o momento mais desfavorável, já que o nível piezométrico atinge o seu ponto mais crítico.

Figura 21 - Vila Broca: a) escavação de poço; b) material retirado



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A sazonalidade interfere significativamente no abastecimento da população rural do município, pois em período extremo da estiagem, os moradores muitas vezes procuram racionar o uso do recurso. Analisando os dados meteorológicos, é fácil perceber que no Município de Santa Luzia do Pará, existem duas estações bem definidas, indo de julho a dezembro o período de estiagem, e o mês de outubro com menor índice pluviométrico com 41,47 mm. Neste período sazonal ocorre o rebaixamento significativo do lençol freático, provocando um problema de abastecimento para inúmeras famílias que vivem na zona rural.

A geologia é um fator a se analisar com esmero ao se projetar sistemas de aproveitamento de água subterrânea. Tomando como exemplo a comunidade do Tamancuoca, há um poço artesiano com profundidade de 160 metros, com vazão de estabilização de 4 m<sup>3</sup>/h com perfil geológico composto por uma camada de 154 metros de xisto, nome genérico dado à vários tipos de rochas metamórficas (SIAGAS, 2009).

Tais características confere ao poço baixo índice de permeabilidade e consequentemente baixa vazão. É importante destacar que esta obra foi construída para atender uma população de aproximadamente 37 residências.

De acordo com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) por meio do seu endereço eletrônico, foram identificados os registros de 21 (vinte e um) poços no município de Santa Luzia. Desses, 8 estão localizados na área urbana, enquanto os outros 13 estão situados na zona rural.

No Quadro 13, estão apresentadas as informações detalhadas dos poços apenas da zona rural, cadastrados no SIAGAS.

Quadro 13 - Poços cadastrados no SIAGAS - Zona Rural

Nº	Ponto	Comunidade	Uso da água	Situação no SIAGAS	Data	<sup>1</sup> Profundidade (m)	<sup>1</sup> Vazão (m <sup>3</sup> /h)
1	1500002800	Tentugal	Doméstico	Equipado	12/12/2004	40	----
2	1500002812	Estiva	Escolar	Equipado	14/12/2004	15	----
3	1500003765	Fuzil	Doméstico	Equipado	28/11/2007	100	2
4	1500004416	Tamancuoca	Doméstico	Equipado	06/07/2009	160	4
5	1500008561	Jacarequara	-----	Bombeando	31/10/2012	24	----
6	1500008600	Muruteuazinho	Escolar	Bombeando	29/10/2011	36	----
7	1500008601	Pau D'Arco	Escolar	Bombeando	30/10/2012	36	----
8	1500008602	Particular	-----	Bombeando	-----	30	----
9	1500011342	Estiva	-----	Bombeando	21/03/2019	60	----
10	1500011374	Pau de Remo	Doméstico	Não instalado	21/03/2019	60	----
11	1500011387	Caeté	Doméstico	Não instalado	21/03/2019	60	----
12	1500011534	Piracema	-----	Não instalado	21/03/2019	60	----
13	1500011693	Muruteua	-----	Bombeando	21/03/2019	60	----

Fonte: SIAGAS (2023)

Nota 1: Todos os poços descritos no Quadro, são tubulares;

Nota 2: Os poços de nº 9, 12 e 13, não foram identificados durante a visita na comunidade;

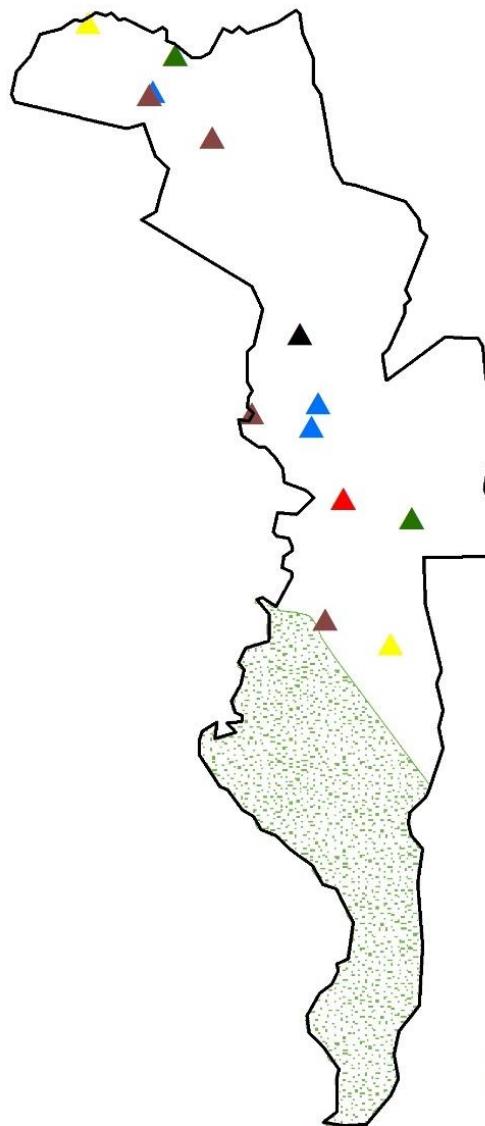
Nota 3: O poço 8 (não discutido), não faz parte do estudo, visto que é particular.

Esses dados foram tomados como referência e, através de uma visita *in loco*, levantou-se a situação desses sistemas. Essa visita permitiu averiguar, por meio das coordenadas geográficas, a realidade de cada local, acessando, quando possível, o ambiente em que os poços estão situados e verificando a situação deles.

Na Figura 22, estão especializados os poços cadastrados no SIAGAS, e a situação em que se encontra cada um deles.

Figura 22 - Comunidades e poços da zona rural cadastrados no SIAGAS

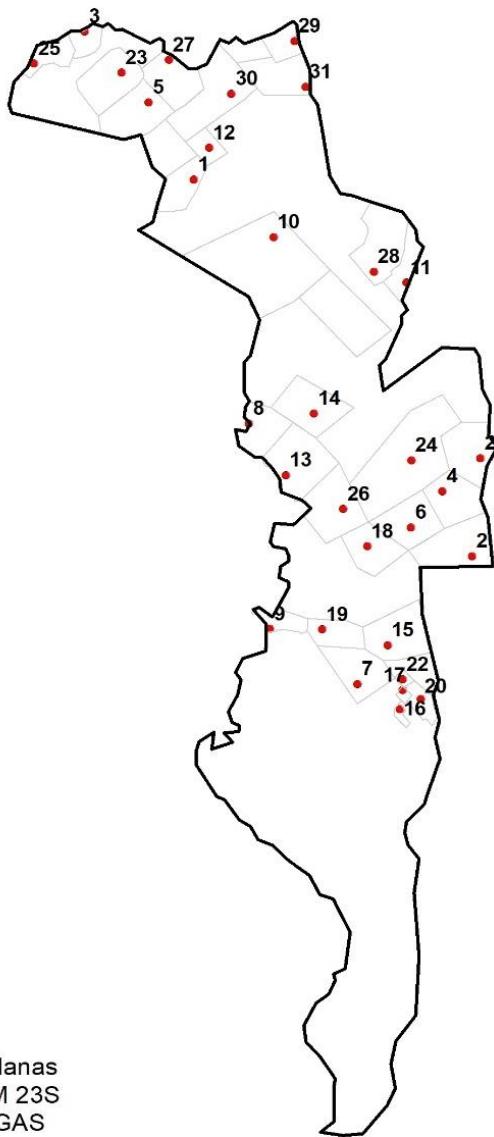
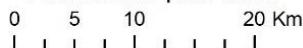
Nº	COMUNIDADES
1	Avelinos
2	Broca
3	Caeté
4	Cantã
5	Estiva
6	Fuzil
7	Guarimanzal
8	Jacarequara
9	Jeritequara
10	Km 37
11	Mucurateua
12	Muruteua
13	Muruteuazinho
14	Pau D'Árco
15	Pau de Remo
16	Pedros
17	Pereiras
18	Pimenteira
19	Piracema
20	Pirucal
21	Pitoró (Km 64)
22	Quintino Lira
23	Santa Maria (Km 18)
24	Sant'Ana
25	São João do Caeté
26	Tamancuoca
27	Tentugal
28	Terra Amarela
29	Tipitinga
30	Transcaeté
31	Três Voltas



**Legenda**

- ▲ Em operação
- ▲ Sem operação
- ▲ Em obras
- ▲ Não identificado
- ▲ Escolar
- ▲ Particular
- Terra indígena

Sistema de Coordenadas Planas  
DATUM: SIRGAS 2000/UTM 23S  
Base de dados: IBGE/SIAGAS  
Elaborado pelo autor



A Figura 22, destaca que 5 poços estão em operação (Tentugal, Estiva, Fuzil, Pau D'Arco e um poço particular), conforme verificado durante a visita. No entanto, apenas dois deles, os da Vila Fuzil e Tentugal, são destinados ao abastecimento público da comunidade, e estão com sistema em funcionamento. Os poços das Vilas Muruteuazinho e Pau D'Arco são utilizados, apenas, para o abastecimento escolar.

Os poços nas Vilas de Jacarequara, Estiva, Piracema e Muruteua não foram localizados durante a visita nas comunidades.

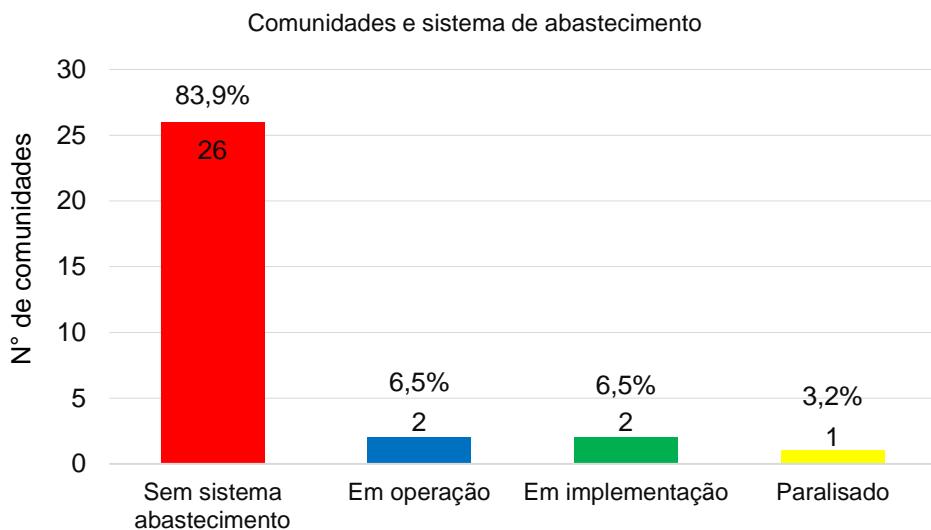
O sistema de abastecimento da Vila Tamancuoca, composto por poço e rede de distribuição, foi encontrado inoperante. Segundo relatos de moradores, a interrupção no fornecimento de água é atribuída à falta de manutenção no sistema de bombeamento.

As visitas foram imprescindíveis para conhecer a atual situação em cada sistema cadastrados no SIAGAS. A partir disso e da espacialização, foi possível realizar uma análise sobre as deficiências relacionadas ao abastecimento de água na área rural, pois evidencia que das 31 comunidades estudadas neste levantamento, apenas duas possuem sistemas de abastecimento em operação

Diante desse cenário, é evidente que a zona rural do município necessita de ações na área de abastecimento de água, uma vez que a grande maioria das comunidades são carentes desse serviço. Nesse sentido, o município tem um longo caminho a percorrer, tendo em vista que o Novo Marco do Saneamento, Lei 4.026/2020, tem como meta, atingir que até 2023, 99% da população tenha água potável em suas residências (BRASIL, 2020), bem como o objetivo 6 dos ODS 2030.

De forma gráfica, na Figura 23, encontra-se o resultado referente ao panorama do abastecimento na zona rural. Através de observação, torna-se evidente vulnerabilidade da população em relação ao abastecimento de água, visto que a maior parte das comunidades rurais não possui iniciativa quanto a implementação de sistema público de abastecimento de água.

Figura 23 - Situação quanto a existência de sistema público de abastecimento



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

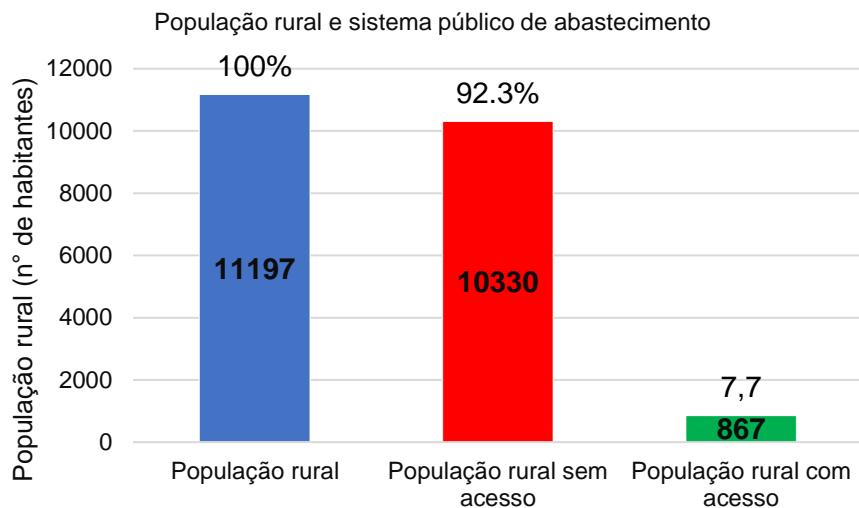
A Figura 23 retrata bem a realidade deficitária em relação ao saneamento básico rural em Santa Luzia do Pará. Das 31 comunidades listadas nesta pesquisa, 29 não possuem sistema público de abastecimento, o que significa dizer que 83,9% das comunidades rurais precisam buscar alternativas para atender às suas necessidades básicas diariamente.

Vale destacar que, das cinco comunidades que possuem sistemas, nem todas estão em funcionamento, pois 2 estão em fase de implementação, um está paralisado e somente 2 estão em operação.

Esse cenário se torna desafiador, pois apenas 02 das 31 comunidades contam com sistema público de abastecimento de água. Além disso, não é possível afirmar que o recurso hídrico distribuído por esses sistemas atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de maio de 2021, pois não foi possível identificar se há tratamento durante a distribuição.

Com base no levantamento do número de residências por meio de análise geoespacial e validação *in loco*, foi quantificada a população rural, tomando como referência a quantidade de pessoas por residência, de acordo com o IBGE 2010, que corresponde a 3,77 pessoas por residência na zona rural do município, assumido nessa Dissertação, 4 pessoas. Assim, foi determinado o número de pessoas com acesso ao sistema público de abastecimento, conforme observado na Figura 24.

Figura 24 - População quanto ao acesso a sistemas público de abastecimento



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Dante desse cenário, é possível perceber o grande desafio a ser enfrentado pelo município para assegurar água potável e segura para todos, conforme o Item 6.1 do Objetivo 6 da Agenda 2030.

Conforme ilustrado na Figura 24, a maioria da população rural do município não tem acesso a sistemas públicos de abastecimento de água. Cerca de 10.330 pessoas, ou 92,3% da população rural, vivem sem acesso a esses sistemas, enquanto apenas 867 pessoas, equivalente a 7,7%, têm cobertura de abastecimento de água.

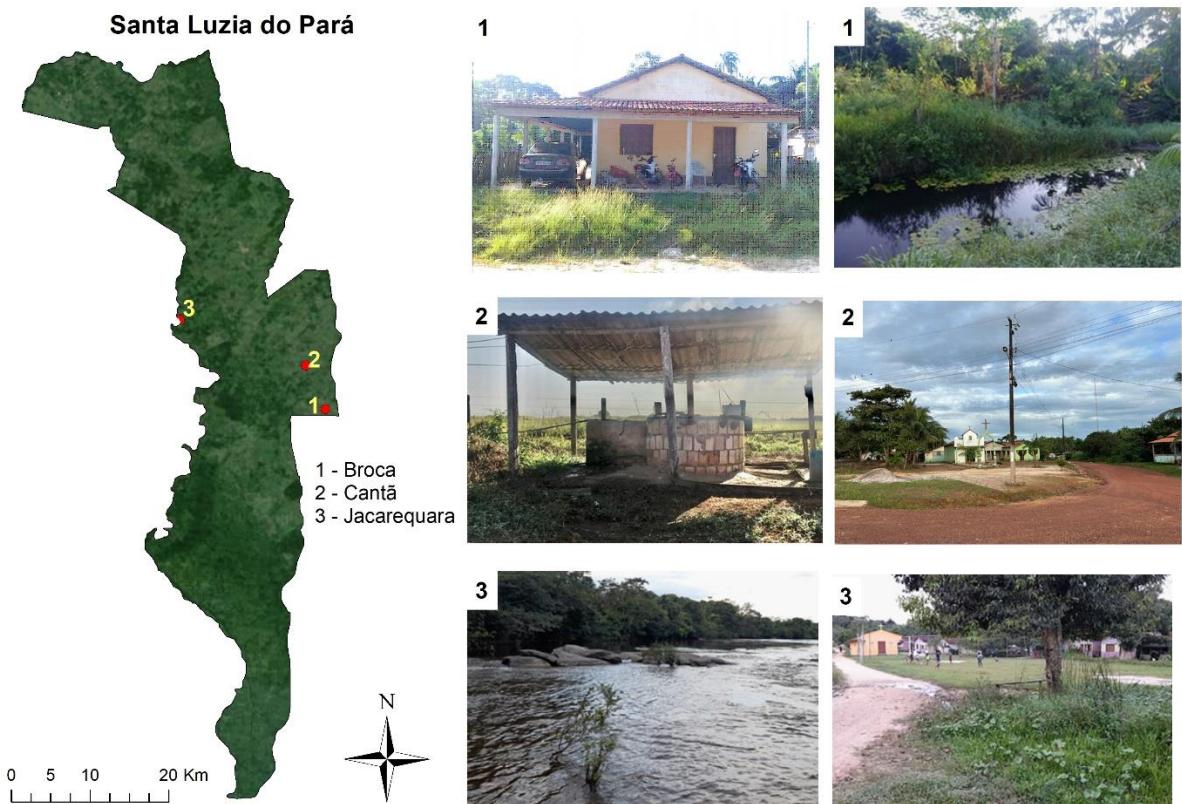
É importante ressaltar que nenhuma das comunidades visitadas possui sistemas de coleta e tratamento de esgoto doméstico, em que a prática mais comum para sua destinação final é o uso de técnicas rudimentares, como as fossas negras em sua maioria, o que pode contribuir para a contaminação das águas subterrâneas.

A partir desse panorama crítico em relação ao acesso à água pela população rural do município de Santa Luzia, foi realizado, nesta pesquisa, um estudo de caso para analisar a viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva. Para tanto, foram selecionadas três comunidades rurais.

- Comunidades selecionadas para o estudo

Dante do cenário apresentado, as comunidades da Vila do Broca, Cantã e Jacarequara foram selecionadas para o estudo, de acordo com os critérios adotados, descritos na metodologia. Na Figura 25, é possível observar a representação espacial delas no território, e registros fotográficos correspondentes.

Figura 25 - Espacialização das comunidades selecionadas



Fonte: Autor (2024)

Considerando que as comunidades selecionadas atenderam aos seguintes critérios: não possuir sistema público de abastecimento, ser representativas em termos de tamanho (uma pequena, uma média e uma grande), e possuir diferentes características quanto a existência de corpos hídricos (uma com corpo hídrico perene, uma com corpo hídrico intermitente e outra sem corpo hídrico), a seleção se deu a partir da análise de dados de todas as comunidades rurais do município.

#### 5.1.9 Comunidade do Broca (sem abastecimento público, corpo hídrico intermitente, porte grande)

Localizada na parte mais ao centro do município, essa comunidade não possui sistema público de abastecimento de água. Consequentemente, a grande maioria de seus residentes depende da extração de água subterrânea por meio de poços rasos, denominados de poço amazonas ou cacimbão, muito popularmente conhecido na região de poço boca aberta. Além disso, há um corpo hídrico intermitente cuja

qualidade é questionável, levando a população a evitar seu uso como fonte alternativa. Esse corpo d'água pode ser observado nas Figuras 26a e 26b.

Figura 26 - Comunidade do Broca: a) Igarapé b) Igarapé



Fonte: Autor, 2023

É de suma importância enfatizar que essa comunidade conta com cerca de 168 residências, e conforme relatado por alguns moradores, durante o período de estiagem mais intensa, geralmente ocorrendo entre os meses de outubro a novembro, determinados poços utilizados para captação de água, secam. Nesses casos, os residentes que enfrentam a falta de abastecimento se veem obrigados a buscar ajuda nas casas vizinhas, conforme constatado durante visita ao local.

#### 5.1.10 Comunidade do Cantã (sem abastecimento público, sem corpo hídrico, pequena)

A comunidade de Cantã não dispunha de dados sobre saneamento, bem como informações relacionadas ao número de residências e habitantes, de acordo com os órgãos de pesquisa consultados, incluindo SNIS, IBGE e Trata Brasil. Diante dessa escassez, realizou-se visita *in loco*, confirmado a inexistência de um sistema público de abastecimento de água, e através de imagens georreferenciadas do Google Earth, foi quantificado o número de residências na área.

Essa comunidade utiliza poços Amazonas, em que cada residência possui o seu próprio poço, e em alguns casos, os moradores compartilham poços com os vizinhos. Essa é uma realidade peculiar entre as comunidades estudadas nesta pesquisa. Em uma pequena parte dessa vila, há uma predominância de material rochoso aflorado na superfície, o que torna extremamente difícil a construção por meio de escavação manual. Dessa forma, algumas famílias optaram por encontrar locais afastados dessa área e construíram poços Amazonas, como ilustrado na Figura 27a, na Figura 27b está uma vista da comunidade, destacando a Capela da Igreja Católica da comunidade.

Figura 27 - Vila Cantã: a) Poço comunitário; b) Capela da comunidade.



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

O poço destacado na Figura 27 é compartilhado por várias famílias dessa comunidade, especialmente aquelas que não conseguiram escavar poços manualmente (amazonas) em suas próprias residências devido ao material rochoso ali presente. Essa alternativa se tornou necessária ante a situação existente, na qual essas pessoas caminhem aproximadamente 170 metros até o local do poço para atender às suas necessidades diárias. Na Figura 28, é possível observar a espacialização desta comunidade, em que há possuir aproximadamente 38 residências.

Figura 28 - Comunidade do Cantã



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

### 5.1.11 Comunidade do Jacarequara (sem abastecimento público)

Essa comunidade situa-se às margens do Rio Guamá, porém, é limitada pela inexistência de um sistema público de abastecimento de água. As residências não ficam tão próximas do curso d'água, conforme pode ser observado na Figura 29. Essa espacialização foi obtida por meio de imagens de satélite do Google Earth, e processada em um ambiente SIG.

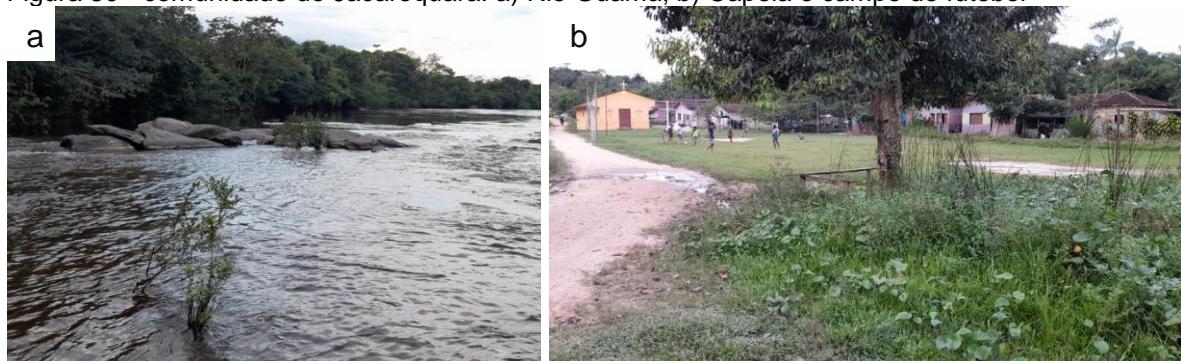
Figura 29 - Comunidade do Jacarequara



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Comunidade do Jacarequara está localizada às margens do Rio Guamá, um corpo hídrico perene (Figura 30a). Suas ruas são predominantemente não pavimentadas (Figura 30b) e a grande maioria das edificações possui telhados de cerâmica.

Figura 30 - comunidade do Jacarequara: a) Rio Guamá; b) Capela e campo de futebol



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Apesar da existência de um manancial com vazão capaz de atender facilmente às necessidades da população local, ainda assim essa mesma população consome água de qualidade duvidosa. Isso ocorre porque a origem da água consumida provém de poços rasos, e a maioria das pessoas não realiza qualquer tratamento.

É importante esclarecer que essa comunidade não está localizada exatamente às margens do rio Guamá. As residências mais próximas estão a uma distância de aproximadamente de 75 metros, enquanto as mais distantes chegam a estar a cerca de 600 metros.

### **5.2 Cálculo da demanda por água na zona rural**

A Organização Mundial da Saúde, faz uma recomendação geral de que a demanda per capita de água potável para atender às necessidades básicas de higiene pessoal e outros usos domésticos, seja de cerca de 110 litros ao dia. Esta é uma diretriz utilizada internacionalmente para garantir o acesso adequado à água para fins essenciais, incluindo beber, cozinhar, lavar as mãos, tomar banho e outros usos domésticos (OMS, 2018).

É importante observar que essa recomendação da OMS é uma diretriz geral, e pode variar dependendo das circunstâncias locais e das condições específicas de cada região. Em algumas áreas, as autoridades de saúde pública podem adotar valores ligeiramente diferentes com base nas necessidades e na disponibilidade da região.

A demanda por água no município foi estabelecida tomando como referência os dados do SNIS, uma vez que não foram encontradas informações para o Santa Luzia. De acordo com os dados dos municípios participantes desse sistema, o consumo médio per capita de água no Brasil é de 152,1 litros por dia. Na região Norte, esse consumo é menor, cerca de 140 litros, enquanto no estado do Pará, esse consumo representa 155,9 litros por habitante ao dia (SNIS, 2020).

Diante desses dados e da falta de informações específicas sobre o consumo de água na zona rural do município, foi adotado o valor per capita para os cálculos do potencial de aproveitamento de água da chuva, de 150 litros por habitante por dia. Logo, foram simuladas duas situações de aproveitamento de água da chuva, considerando os valores per capita, conforme a orientação da OMS (2018), e do valor de referência do SINIS (2020) para o estado do Pará.

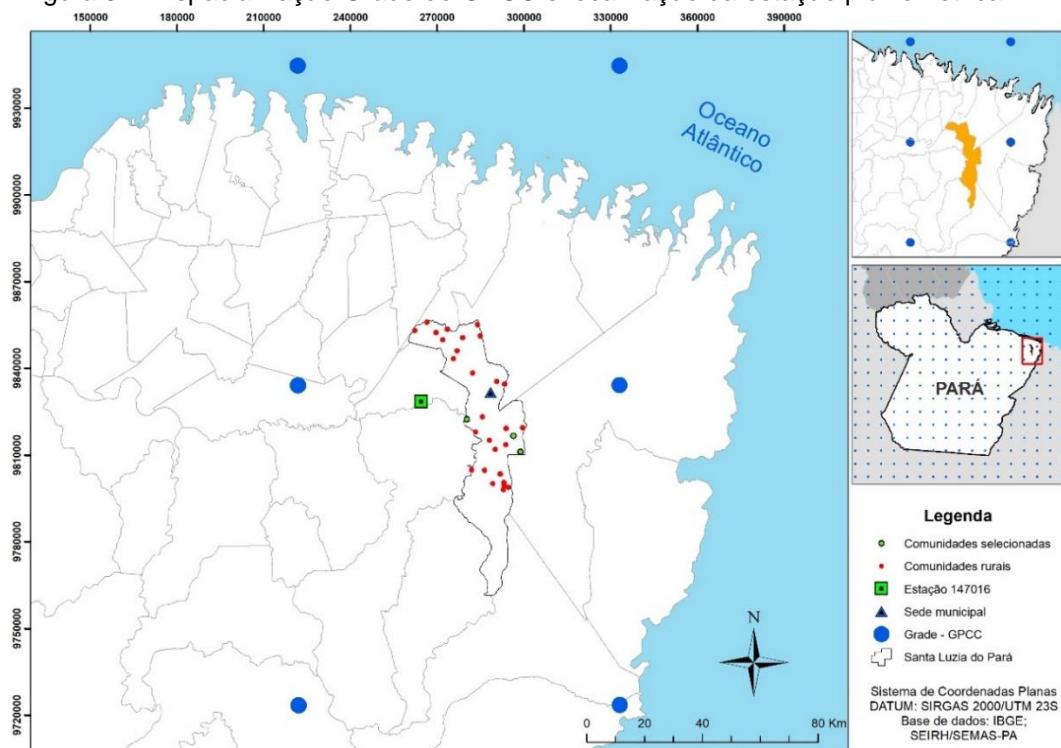
### 5.3 Cálculo da precipitação em Santa Luzia do Pará

Após a obtenção dos dados, estes foram tabulados em planilhas no software Excel 2019 e exportados para o programa ArcGis 10.8. A partir de então as informações foram interpoladas gerando mapas como produto final. Os mapas gerados correspondem às precipitações médias mensais do Município de Santa Luzia do Pará.

Destaca-se que os dados do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) foram tabulados principalmente para melhor espacialização e visualização em Mapas e também para efeito comparativo com os dados da Estação meteorológica, mas que os dados obtidos na estação que foram utilizados para calcular o potencial aproveitamento de água de chuva.

Na interpolação, foram utilizados apenas seis pontos da grade do GPCC, visto que o município é relativamente pequeno. Na Figura 31, a grade do GPCC foi destacada para uma melhor compreensão, e também foi representada a estação pluviométrica localizada no município de Ourém/PA, que se encontra a aproximadamente 25 km a partir do centro do município de Santa Luzia.

Figura 31 - Espacialização Grade do GPCC e localização da estação pluviométrica



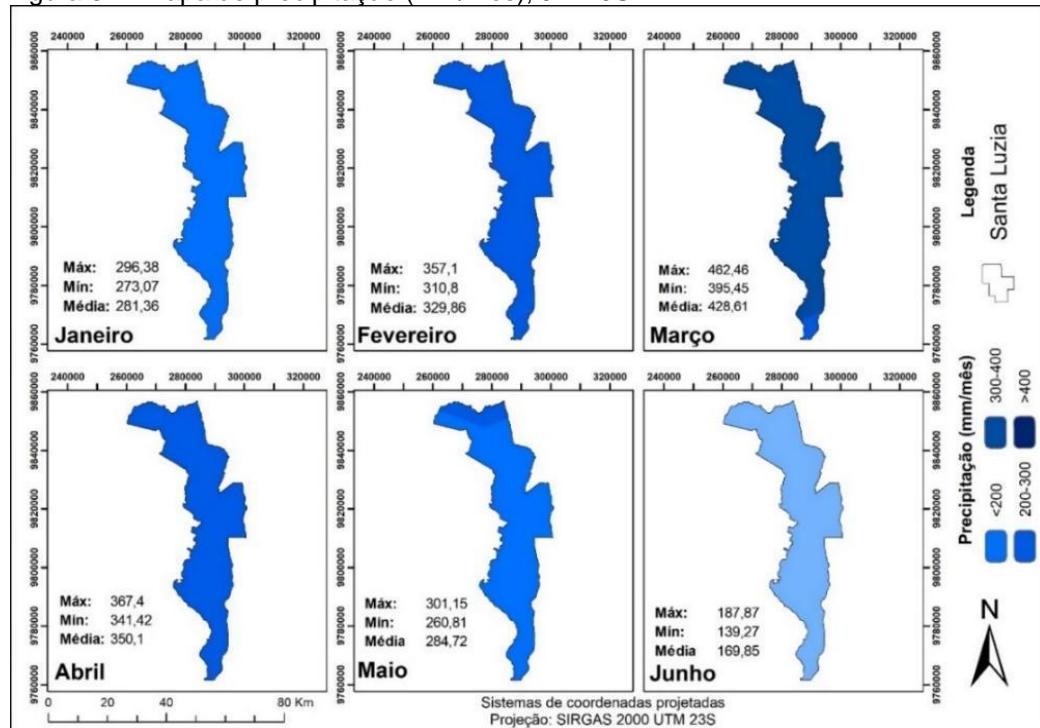
Fonte: Autor (2023)

Tabulando-se os dados de precipitação em Santa Luzia do Pará, foram gerados dois mapas apresentando o comportamento das chuvas ao longo do ano. É possível

observar que existem duas estações bem definidas, e dividindo em dois períodos por meio da média mensal anual, observa-se que de janeiro a junho são os meses com maiores precipitações, e de julho a dezembro corresponde ao período com menores índices de chuva, conforme os dados das Figuras 32 e 33.

Na Figura 32, é possível observar o período mais chuvoso na região, variando a precipitação média de 428,61 a 169,85 mm em março e junho, respectivamente.

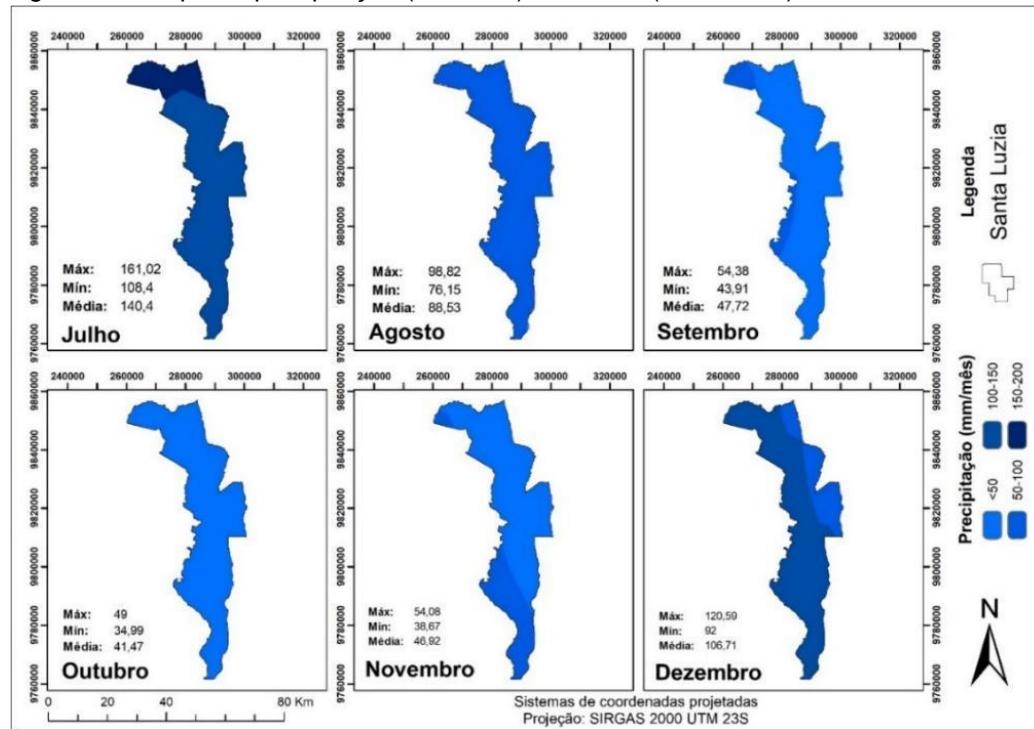
Figura 32 - Mapa de precipitação (mm/mês), JAN-JUN



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na Figura 33, observa-se o comportamento da precipitação correspondente aos meses de menor precipitação, variando a média mensal 140,4 mm a 106,71mm de julho a dezembro respectivamente. Nesse período ocorre o mês com menor precipitação observado na série com 41,47mm em outubro, observados.

Figura 33 - Mapa de precipitação (mm/mês) JUL-DEZ (1982-2022)

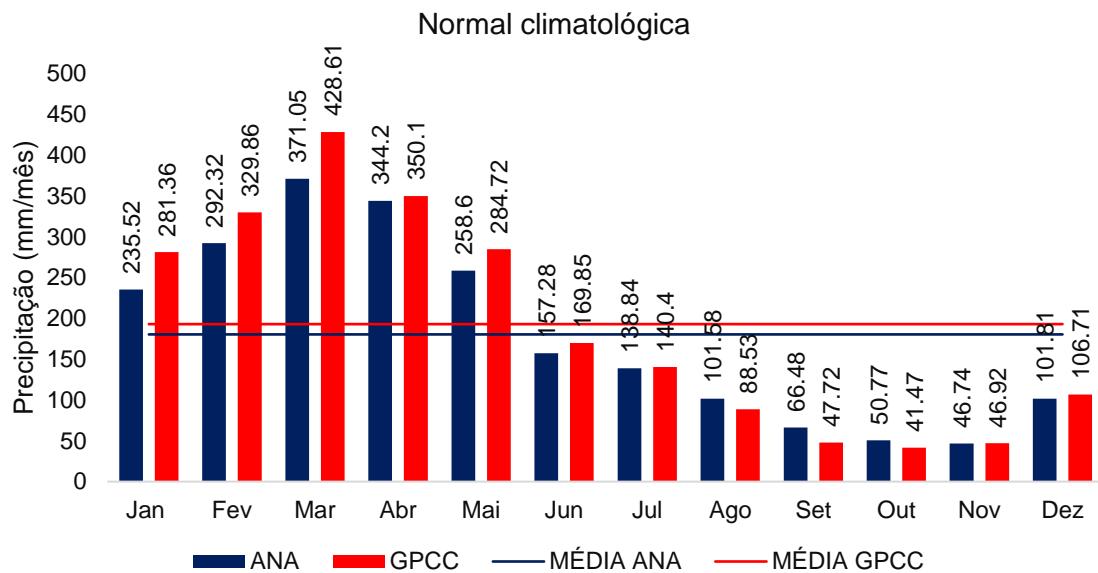


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Dante dessa observação, pode-se concluir que a variação de precipitação ao longo do território do município é pouco significativa, permitindo que as informações coletadas em um único ponto sejam utilizadas com maior segurança para representar toda a área. Vale destacar que os valores correspondem a uma série histórica abrangendo o período de 34 anos, de 1988 a 2022.

A Figura 34 apresenta o comportamento da precipitação média mensal da série analisada (1988 – 2022), contemplando o conjunto de dados do Hidroweb e do GPCC. O resultado aponta pequenas variações, e os valores de precipitação registrados pelo GPCC são levemente superiores aos do Hidroweb, na maioria dos meses.

Figura 34 - Normal climatológica da série analisada



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

É fundamental esclarecer que a série histórica do Hidroweb – ANA abrange o período de 1988 a 2022, totalizando 34 anos de dados analisados, e foram considerados apenas os dados até o ano de 2022, uma vez que os anos subsequentes não estavam completos.

Nesse gráfico foi destacada a média dos dados obtidos no GPCC e no Hidroweb - ANA, e ficou bem evidente as duas estações bem definidas. De posse dos resultados é possível planejar, desenvolver e implementar tecnologias sociais e alternativas capazes de mitigar os problemas enfrentados pelas comunidades rurais durante os períodos críticos de menor índice pluviométrico, isto é, conhecendo o potencial de aproveitamento de água da chuva na região também possibilita avaliar a viabilidade do aproveitamento desse recurso.

#### 5.4 Medidas das áreas de captação (Broca, Cantã, Jacarequara)

Nesta pesquisa, a estimativa de aproveitamento de água da chuva considerou três cenários distintos, com 3, 4 e 5 pessoas por residência. Essa abordagem se baseia nos dados do IBGE (2010), que indicam uma média de 3,77 pessoas por residência na zona rural do município, e para os cálculos deste trabalho, adotou-se o valor arredondado de 4 pessoas.

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da contagem das residências medidas, acompanhados da porcentagem das áreas de telhados predominantes em cada comunidade selecionada, conforme os intervalos estabelecidos. Vale ressaltar que todas as residências das vilas estudadas foram medidas.

Tabela 1 - Área de telhados medidos na comunidade através do Google Earth

Comunidade	Área de telhado (m <sup>2</sup> )	Nº de residências	Percentual
Broca 170 residências	≤ 30	0	0%
	>30 ≤ 50	30	18%
	> 50 ≤ 75	61	36%
	> 75	79	46%
	Total	170	100%
Comunidade	Área de telhado (m <sup>2</sup> )	Nº de residências	Percentual
Cantã 38 residências	≤ 30	1	3%
	>30 ≤ 50	1	3%
	> 50 ≤ 75	20	53%
	> 75	16	42%
	Total	38	100%
Comunidade	Área de telhado (m <sup>2</sup> )	Nº de residências	Percentual
Jacarequara 104 residências	≤ 30	02	2%
	>30 ≤ 50	26	25%
	> 50 ≤ 75	62	60%
	> 75	14	13%
	Total	104	100%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Conforme destacado na Tabela 1, na Vila do Broca, a maioria das áreas de telhado está na faixa acima de 75 m<sup>2</sup>, com 46% dos telhados situados nesse intervalo. Vale ressaltar que não foram identificadas residências com áreas de telhado iguais ou inferiores a 30 m<sup>2</sup>.

As comunidades do Jacarequara e Cantã apresentaram similaridades, com predominância ocorrendo no intervalo de 50 m<sup>2</sup> até 75 m<sup>2</sup>, representando 53% e 60% respectivamente. Em Jacarequara, há uma presença expressiva de obras do Programa Nacional de Habitação Rural - PNHR. Essa iniciativa é uma modalidade do Programa Minha Casa, Minha Vida, regulamentada pelo Ministério das Cidades, destinada à população rural, incluindo agricultores familiares, trabalhadores rurais e membros de comunidades tradicionais (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2020).

O programa consiste na construção de residências populares destinadas às famílias que se enquadram nas exigências do programa. Essas casas são padronizadas, com uma área de aproximadamente 56 m<sup>2</sup>.

Portanto, no levantamento realizado com a ferramenta Google Earth, as áreas médias das comunidades do Broca, Cantã e Jacarequara são de 78,87 m<sup>2</sup>, 86,29 m<sup>2</sup> e 60,42 m<sup>2</sup>, respectivamente, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Área média e média dos telhados

Comunidade	Nº de residências	Área média (m <sup>2</sup> )
Broca	170	78,87
Cantã	38	86,29
Jacarequara	104	60,42

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A dimensão dessa variável é imprescindível para calcular o aproveitamento de água da chuva e possui grande relevância, visto que esse potencial é diretamente proporcional a essa grandeza. As áreas de captação naturalmente variam de acordo com a realidade local, o que implica dizer que pode resultar em uma coleta maior ou menor, a depender da variação dessa grandeza, bem como também da intensidade de chuva ao longo do ano.

### **5.5 Aproveitamento de água de chuva**

O volume de chuva que pode ser captado nas comunidades estudadas, foi calculado tomando como referência a predominância de área de telhados.

Como as áreas de captação predominantes foram de  $> 75 \text{ m}^2$ ,  $> 50 \leq 75 \text{ m}^2$  e  $50 \leq 75 \text{ m}^2$ , nas comunidades de Broca, Cantã e Jacarequara, respectivamente, foi elaborada uma tabela que pudesse contemplar um cenário que pudesse representar essas dimensões dessas superfícies.

O Quadro 14 apresenta o resultado do cálculo da quantidade de água que pode ser captada em cada mês do ano, considerando as áreas de  $30 \text{ m}^2$ ,  $50 \text{ m}^2$ ,  $75 \text{ m}^2$  e  $100 \text{ m}^2$  adotadas como referência, e um consumo per capita de 150 litros/dia e uma simulação para o per capita de 110 litros/dia no Quadro 11. Essa configuração engloba as áreas predominantes das comunidades estudadas.

Tanto no Quadro 14 quanto no Quadro 15, as células em verde indicam que a demanda de água é atendida, as células em amarelo destacam que pelo menos 50% da demanda é atendida, e as células em vermelho indicam que menos da metade da demanda é suprida.

Quadro 14 - Demanda (L/nº de pessoas/dia), área de telhado (m<sup>2</sup>) e disponibilidade (L).

JAN			FEV			MAR					
Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas			
Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750
30	182,3	182,3	182,3	30	250,6	250,6	250,6	30	287,3	287,3	287,3
50	336,5	336,5	336,5	50	417,6	417,6	417,6	50	478,8	478,8	478,8
75	455,8	455,8	455,8	75	626,4	626,4	626,4	75	718,2	718,2	718,2
100	628,1	628,1	628,1	100	835,2	835,2	835,2	100	957,5	957,5	957,5
ABR			MAI			JUN					
Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas			
Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750
30	275,4	275,4	275,4	30	200,2	200,2	200,2	30	125,8	125,8	125,8
50	458,9	458,9	458,9	50	333,7	333,7	333,7	50	209,7	209,7	209,7
75	688,4	688,4	688,4	75	500,5	500,5	500,5	75	314,6	314,6	314,6
100	917,9	917,9	917,9	100	667,4	667,4	667,4	100	419,4	419,4	419,4
JUL			AGO			SET					
Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas			
Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750
30	107,5	107,5	107,5	30	78,6	78,6	78,6	30	53,2	53,2	53,2
50	179,1	179,1	179,1	50	131,1	131,1	131,1	50	88,6	88,6	88,6
75	268,7	268,7	268,7	75	196,6	196,6	196,6	75	133,0	133,0	133,0
100	358,3	358,3	358,3	100	262,1	262,1	262,1	100	177,3	177,3	177,3
OUT			NOV			DEZ					
Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas	Telhado	Precipitação (mm)	Demandas/Nº de pessoas			
Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750	Área (m <sup>2</sup> )	450	600	750
30	39,3	39,3	39,3	30	37,4	37,4	37,4	30	78,8	78,8	78,8
50	65,5	65,5	65,5	50	62,3	62,3	62,3	50	131,4	131,4	131,4
75	98,3	98,3	98,3	75	93,5	93,5	93,5	75	197,1	197,1	197,1
100	131,0	131,0	131,0	100	124,6	124,6	124,6	100	262,7	262,7	262,7

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Nota: foi utilizado o per capita de 150 litros

O Quadro 14, é direcionado a uma interpretação mais detalhada sobre o aproveitamento de água de chuva considerando uma residência. A quantidade suficiente de água para abastecer uma casa, varia, sobretudo, em função da sua área de telhado, do número de pessoas que nela residem e, da precipitação.

Este cenário foi simulado para tornar o estudo mais comprehensível à população. Dessa forma, espera-se tornar mais acessível às pessoas essa metodologia de aproveitamento, e com isso, caso se pretenda instalar um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência, é possível estimar o volume de água que pode ser captado.

No cenário apresentado no Quadro 14, uma residência de 75 m<sup>2</sup> e com 4 pessoas, pode ter sua demanda atendida nos meses de fevereiro, março e abril. Nos

meses de janeiro, maio e junho, a demanda é atendida em pelo menos 50 %, e os demais meses (julho, agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro), o aproveitamento de água de chuva fica abaixo do 50% da demanda.

Observa-se que de janeiro a julho é o período com maior intensidade pluviométrica, oferecendo, portanto, uma oportunidade otimizada para a captação de água. Além disso, essa análise permite avaliar diversos cenários de aproveitamento de água da chuva na zona rural do município.

Uma outra simulação foi realizada, dessa vez, considerando um consumo per capita de 110 litros por pessoa ao dia, conforme preconizado pela ONU, a qual está sinalizada no Quadro 15.

Quadro 15 - Demanda (L/nº de pessoas/dia), área de telhado (m<sup>2</sup>) e disponibilidade (L).

JAN	Precipitação (mm)	235,52	FEV	Precipitação (mm)	292,32	MAR	Precipitação (mm)	371,05
Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)	
Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550	
30	182,3 182,3 182,3		30	250,6 250,6 250,6		30	287,3 287,3 287,3	
50	303,9 303,9 303,9		50	417,6 417,6 417,6		50	478,8 478,8 478,8	
75	455,8 455,8 455,8		75	626,4 626,4 626,4		75	718,2 718,2 718,2	
100	607,8 607,8 607,8		100	835,2 835,2 835,2		100	957,5 957,5 957,5	
ABR	Precipitação (mm)	344,2	MAI	Precipitação (mm)	258,6	JUN	Precipitação (mm)	157,28
Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)	
Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550	
30	275,4 275,4 275,4		30	200,2 200,2 200,2		30	125,8 125,8 125,8	
50	458,9 458,9 458,9		50	333,7 333,7 333,7		50	209,7 209,7 209,7	
75	688,4 688,4 688,4		75	500,5 500,5 500,5		75	314,6 314,6 314,6	
100	917,9 917,9 917,9		100	667,4 667,4 667,4		100	419,4 419,4 419,4	
JUL	Precipitação (mm)	138,84	AGO	Precipitação (mm)	101,58	SET	Precipitação (mm)	66,48
Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)	
Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550	
30	107,5 107,5 107,5		30	78,6 78,6 78,6		30	53,2 53,2 53,2	
50	179,1 179,1 179,1		50	131,1 131,1 131,1		50	88,6 88,6 88,6	
75	268,7 268,7 268,7		75	196,6 196,6 196,6		75	133,0 133,0 133,0	
100	358,3 358,3 358,3		100	262,1 262,1 262,1		100	177,3 177,3 177,3	
OUT	Precipitação (mm)	50,77	NOV	Precipitação (mm)	46,74	DEZ	Precipitação (mm)	101,81
Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)		Telhado	Demandas (L/nº de pessoas)	
Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550		Área (m <sup>2</sup> )	330 440 550	
30	39,3 39,3 39,3		30	37,4 37,4 37,4		30	78,8 78,8 78,8	
50	65,5 65,5 65,5		50	62,3 62,3 62,3		50	131,4 131,4 131,4	
75	98,3 98,3 98,3		75	93,5 93,5 93,5		75	197,1 197,1 197,1	
100	131,0 131,0 131,0		100	124,6 124,6 124,6		100	262,7 262,7 262,7	

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Nota: foi utilizado o per capita de 110 litros/pessoa.dia;

Essa projeção apresentada no Quadro 15, leva em consideração uma demanda tendo como referência o volume per capita de 110 litros, indicado pela ONU. Nesse caso, uma residência com 75 m<sup>2</sup> e com 4 pessoas, pode ter sua demanda atendida nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio. Nos meses de junho e julho, a demanda é atendida em pelo menos 50 %, e os meses restantes (agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro), o aproveitamento de água de chuva fica abaixo do 50% da demanda.

Destaca-se que o aproveitamento de água de chuva, para os dois cenários apresentados, é maior ou menor, dependendo essencialmente do consumo per capita, considerando as mesmas áreas de telhado e mesma precipitação.

Os dados apresentados nos Quadros 14 e 15 fornecem uma base para determinar a quantidade de água de chuva que pode ser captada em telhados de diferentes tamanhos na zona rural, ao longo de todos os meses do ano. Esses dados evidenciam que o volume de água aproveitado é diretamente influenciado tanto pela área de captação (telhado) quanto pela variação da precipitação ao longo das estações do ano.

### **5.6 Potencial de economia de água na zona rural**

Esse potencial é calculado para proporcionar uma visão abrangente, uma vez que leva em consideração a área total de captação medida em cada comunidade, e demanda total de água de cada uma delas ao longo do mês. Na Tabela 3 estão apresentados os dados para calcular este potencial.

Tabela 3 - Dados para cálculo do potencial de aproveitamento

<b>Volume potencialmente captado</b>			
	Cantã	Jacarequara	Broca
Área total - m <sup>2</sup>	3273,77	6283,27	13486,05
Precipitação - mm	Precipitação média mensal correspondente aos meses do ano		
Coeficiente de runoff	0,8		

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Após calcular o volume com potencial de ser captado ao mês em cada comunidade, é necessário encontrar a demanda por água em cada uma delas. Nesse sentido foi tomado como referência dados do SNIS (2020), em que o consumo médio de água no estado do Pará é de aproximadamente 155,9 litros por habitante por dia. A partir desse valor foi adotado o valor de 150 litros de consumo diário por pessoa.

Na Tabela 4, são apresentadas as variáveis alusivas ao cálculo da demanda por água, destacando que são dois per capitais (150 e 110 litros), o número de pessoas por residência, e de residências em cada comunidade.

Tabela 4 – População e demanda per capita por comunidade

	<b>Demanda</b>		
Nº de pessoas/residências	Cantã 4	Jacarequara 4	Broca 4
Volume per capita	110/150 litros		
Dias do mês	30		
Nº de residências	38	104	170

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

É substancial evidenciar que o cálculo do potencial de economia de água da chuva, foi realizado levando em consideração cada mês do ano.

Assim, optou-se por uma análise mensal detalhada para capturar as nuances da sazonalidade. A simples utilização da média mensal anual poderia gerar uma visão distorcida da realidade, ocultando os contrastes entre os períodos chuvoso e seco, e com essa abordagem se evita a falsa impressão de que o aproveitamento é constante ao longo do ano. O resultado desse panorama está demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Potencial economia de água (%)

-----	Broca			Jacarequara			Cantã		
População rural	680 pessoas	Demandas per capita	150 litros/dia	416 pessoas	Demandas per capita	150 litros/dia	152 pessoas	Demandas per capita	150 litros/dia
Mês	Volume captado (m³/mês)	Demandas (m³/mês)	Percentual de economia de água	Volume captado (m³/mês)	Demandas (m³/mês)	Percentual de economia de água	Volume captado (m³/mês)	Demandas (m³/mês)	Percentual de economia de água
Janeiro	2526,13		82,55%	1556,93		83,17%	617,81		90,32%
Fevereiro	3135,35		102,46%	1932,41		103,23%	766,80		112,11%
Março	3979,79		130,06%	2452,87		131,03%	973,33		142,30%
Abril	3691,80		120,65%	2275,37		121,55%	902,89		132,00%
Maio	2773,68		90,64%	1709,50		91,32%	678,35		99,17%
Junho	1686,95	3060	55,13%	1039,72	1872	55,54%	412,57	684	60,32%
Julho	1489,16		48,67%	917,82		49,03%	364,20		53,25%
Agosto	1089,52		35,61%	671,51		35,87%	266,46		38,96%
Setembro	713,05		23,30%	439,47		23,48%	174,39		25,50%
Outubro	544,55		17,80%	335,62		17,93%	133,18		19,47%
Novembro	501,32		16,38%	308,98		16,51%	122,61		17,92%
Dezembro	1091,99		35,69%	673,03		35,95%	267,06		39,04%

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

De acordo com os cálculos e os resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que nos meses de fevereiro, março e abril, o aproveitamento de água pode superar a demanda nas três comunidades estudadas, devido ao fato de ser o período mais chuvoso. No segundo semestre, quando há uma diminuição significativa nas chuvas, esse potencial de aproveitamento reduz bastante. No entanto, ainda é possível mitigar consideravelmente o problema de acesso a água que a zona rural enfrenta, principalmente no período de estiagem.

Nessa época, sobretudo no período mais acentuado de estiagem, compreendendo os meses entre agosto a outubro, o aproveitamento de água da chuva pode se tornar de extrema importância, pois considerando que apenas duas comunidades possuem sistemas público de abastecimento de água, em funcionamento, essa tecnologia social poderia amenizar os problemas enfrentados pela população.

Destaca-se que, das 31 comunidades, 29 não possuem sistema público de abastecimento de água, o que representa que 83,9% da população rural precisa buscar alternativas para suprir suas necessidades diárias de água, geralmente através de poços rasos escavados manualmente, denominados cacimbas, ou fonte naturais. Durante o período menos chuvoso, é não é raro que muitos desses poços sequem, o que leva diversas famílias a buscar água em residências vizinhas ou em outras fontes disponíveis o mais próximo possível.

Considerando o cenário mais desfavorável, o mês que apresenta o menor potencial de aproveitamento de água de chuva é o mês de novembro, no qual é possível aproveitar apenas 16,38%, 16,51%, 17,92% da demanda das comunidades de Broca, Jacarequara e Cantã. Mesmo diante da redução exponencial da oferta de chuva na região, o percentual de aproveitamento ainda pode representar uma economia para os moradores.

Essa disponibilidade, mesmo sendo bastante restrita, corresponde a um volume de água que não seria necessário buscar em outras fontes. Isso é especialmente relevante, considerando a realidade de algumas comunidades rurais, onde muitas vezes é preciso procurar água nas casas de vizinhos ou fontes alternativas distantes de suas residências.

A quantidade de água que pode ser captada está diretamente relacionada à área do telhado, pois o cálculo levou em consideração apenas estação pluviométrica devido à escassez de estações na região. Esses dados foram obtidos da estação

pluviométrica localizada na cidade de Ourém/PA, pois não há disponibilidade de informações na estação situada em Santa Luzia.

### **5.7 Custo de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, considerando uma residência unifamiliar**

Um sistema de aproveitamento de água de chuva considerou a demanda e a disponibilidade para seu dimensionamento. O sistema considerou a área de telhado de 75 m<sup>2</sup> e a média de precipitação diária de 887 Litros por dia no mês de março (mais chuvoso), o que culminou em estabelecer um reservatório com capacidade de 1.000 litros.

Na Figura 35a, encontra-se o registro fotográfico de uma residência típica da região estudada, localizada na comunidade do Broca, construída em alvenaria, e com cobertura de telhas cerâmicas. Na Figura 35b, contém o registro de uma casa comum na comunidade do Jacarequara. Neste caso, são evidentes as similaridades nas características construtivas entre as duas comunidades.

Figura 35 - residências. a) Vila do Broca; b) Vila do Jacarequara



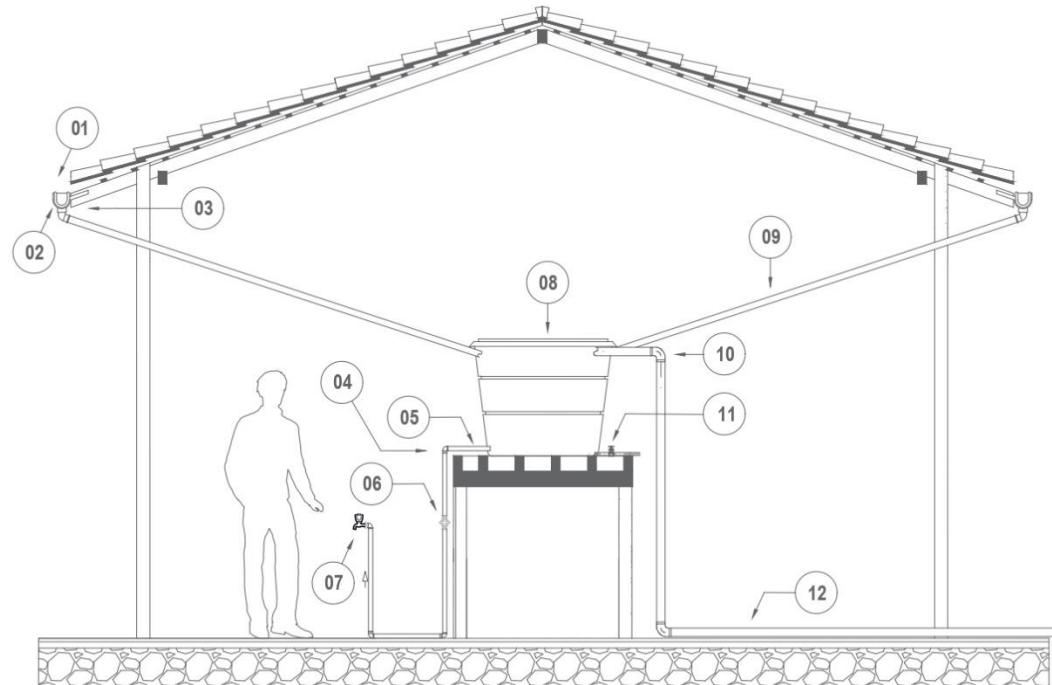
Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Além das construções predominantes já mencionadas, é importante destacar a presença de algumas edificações construídas com materiais distintos, como a taipa, ainda que em quantidade bastante reduzida. Também foram identificadas algumas construções feitas com estruturas de madeira, porém em número consideravelmente menor se comparado às residências de alvenaria. Os telhados predominantes são compostos por telhas cerâmicas, embora tenham sido identificadas casas com telhados de fibrocimento.

Com base nessas características, nesta etapa foi realizada a caracterização de um sistema que pode ser implementado em uma comunidade, sendo essencial o levantamento dos materiais necessários para a instalação desse sistema. Para isso, foi idealizado considerando uma casa com área de 75 m<sup>2</sup>, um valor de superfície de

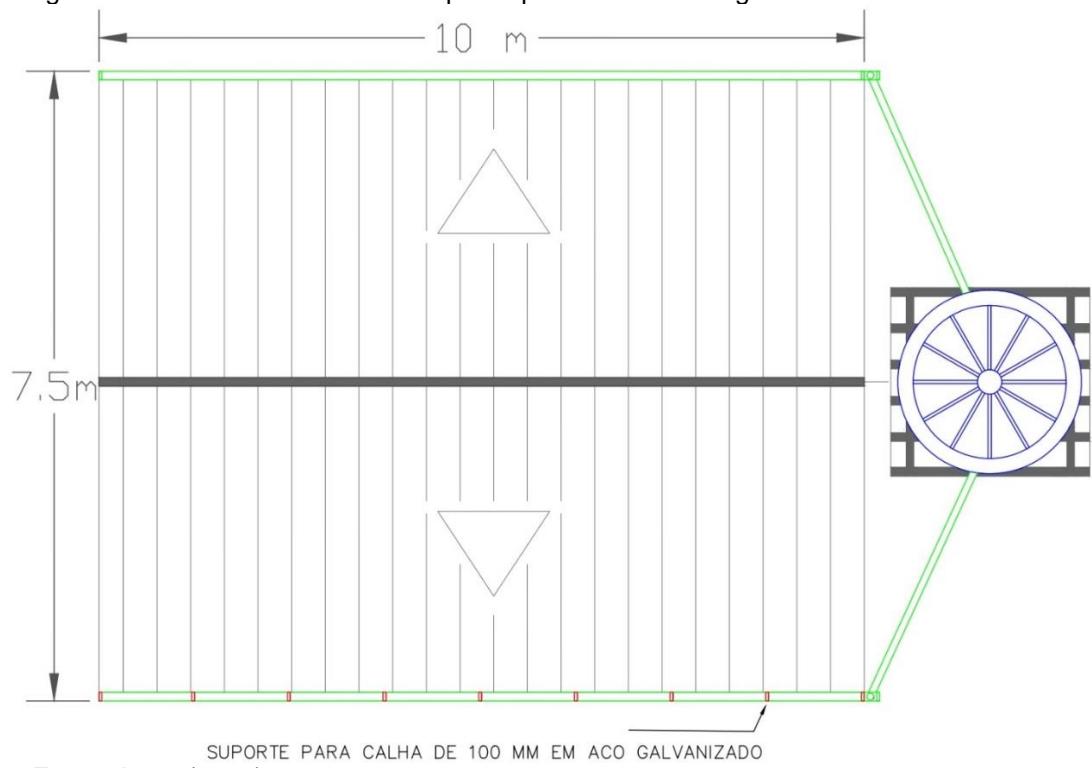
telhado comum nas três comunidades analisadas, conforme demonstrado nas Figuras 36 e 37.

Figura 36 - Vista do projeto de aproveitamento de água de chuva



Fonte: Autor (2024)

Figura 37 - Planta baixa do telhado para aproveitamento a água da chuva



Fonte: Autor (2024)

Na sequência consta os itens listados do projeto, mas segue em ANEXO o material completo necessário no projeto construtivo.

- 1 - Cabeceira em PVC para calha pluvial
- 2- Bocal PVC, para calha pluvial, para drenagem pluvial predial
- 3 - Calha / perfil pluvial de PVC
- 4 - Tubo de distribuição
- 5 - Registro de esfera, PVC
- 6 - Torneira
- 7 - Caixa D'água
- 8 - Tubo condutor
- 9 - Tubo extravasor
- 10 - Tubo de limpeza
- 11 - Tubo extravasor

Após o levantamento dos materiais necessários, procedeu-se com o levantamento de preços no endereço eletrônico da Caixa Econômica Federal, em que é disponibilizada Tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

O custo orçamentário para a implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva na zona rural do município, encontra-se detalhado no Anexo, desta dissertação, contemplando todos os preços de todos os materiais empregados, acompanhados por registro de imagens para facilitar a identificação.

O orçamento fornece informações ao público-alvo na zona rural do município, de modo acessível à população. Caso algum morador desta região tenha a intenção de implementar um sistema de aproveitamento de águas pluviais, a tabela foi elaborada como um material descritivo de fácil compreensão

Na Tabela 6, é apresentado o resumo do custo de implementação do sistema, tendo como referência a planilha SINAPI.

Tabela 6 - Orçamento pela planilha SINAPI

<b>PLANILHA SINAPI</b>	
<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
Estrutura de apoio do reservatório e material hidrossanitário com um ponto de distribuição através de uma torneira	R\$ 3.194,02
Mão de obra do carpinteiro (R\$ 16,41 a hora trabalhada; 8h/dia, 4 dias)	R\$ 525,12
Encanador ou bombeiro hidráulico (horista); (R\$ 18,78 a hora trabalhada; 8h/dia, 2 dias)	R\$ 300,48
Total geral	R\$ 4.019,62

Fonte: SINAPI (2024)

Neste levantamento, considerou-se uma residência típica na zona rural do município como referência para o orçamento. Assim, o orçamento elaborado para implementar um sistema de captação de água da chuva em uma residência pode ser utilizado como referência. De acordo com a planilha SINAPI de março 2024, o custo

de implementação desse sistema é de R\$ 4.019,62, equivalente a aproximadamente 2,85 salários mínimos, considerando o valor de R\$ 1.412,00 para o ano de 2024, no período estudado.

Além do levantamento orçamentário baseado na planilha SINAPI, também foi analisado o custo de implantação do sistema, tomando como referência os preços praticados no comércio local de Santa Luzia. Essa medida foi adotada para assegurar que os resultados da pesquisa refletissem de maneira mais precisa a realidade da área em estudo.

O levantamento foi realizado por meio de um orçamento obtido em uma casa de venda de materiais de construção no comércio local, e o resultado está na Tabela 7.

Tabela 7 - Orçamento pelo levantamento de custo no comércio local

<b>COMÉRCIO LOCAL</b>	
<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
Estrutura de apoio do reservatório e material hidrossanitário com um ponto de distribuição através de uma torneira	R\$ 3.734,98
Mão de obra do carpinteiro para construir a estrutura do reservatório (R\$ 100,00 a diária; 8h/dia, 4 dias)	R\$ 400,00
Encanador (diarista); (R\$ 100 a diária; 8h/dia, 2 dias)	R\$ 200,00
Total geral	R\$ 4.334,98

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O custo para a implementação do sistema, considerando os preços praticados no comércio local, é de R\$ 4.334,98, equivalente a aproximadamente 3,07 salários.

Avaliando as duas proposições, o custo de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, com base na planilha SINAPI, equivale a cerca 93% do custo dos materiais adquiridos no comércio local.

Diante dos fatos apresentados nesta dissertação, foi traçado um panorama que possibilita a avaliação das condições de abastecimento na região estudada, bem como a análise da viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva.

No que concerne à situação de abastecimento na zona rural de Santa Luzia do Pará, essa realidade também se observa em outras regiões da Amazônia. Isso é evidenciado pelos achados de Veloso (2012) na região insular de Belém, onde grande parte da população enfrenta dificuldades de acesso à água, recorrendo a poços, rios e igarapés para suprir suas necessidades. Gomes e Heller (2016) identificaram dificuldades semelhantes no semiárido de Minas Gerais, mesmo com os avanços significativos na implantação do programa 1 Milhão de Cisternas nessa região. Situações parecidas também foram encontradas em países em desenvolvimento, como a Nigéria (Ishaku *et al.*, 2012).

Em relação à viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva, este estudo apresentou resultados positivos, alinhados aos achados de Lima *et al.* (2012), que confirmaram a viabilidade em 40 cidades da Amazônia oriental. Da mesma forma, os resultados de Ghisi (2006) indicaram que o aproveitamento de água de chuva pode contribuir para a economia de água potável em 62 cidades do estado de Santa Catarina, bem como observado ainda por Catulè *et al.* (2018) na região de Teófilo Otoni, em Minas Gerais.

## 6 CONCLUSÕES

Há uma grande disparidade no acesso à água entre as comunidades rurais, em que apenas 7,7% da população possui acesso a um sistema público de abastecimento de água em funcionamento, enquanto 92,3% depende de fontes alternativas, predominantemente poços amazonas.

O cálculo do potencial de aproveitamento de água de chuva na zona rural do município de Santa Luzia do Pará demonstrou que os meses de maior captação correspondem ao período de janeiro a junho, enquanto entre julho e dezembro esse potencial é significativamente reduzido. No entanto, ainda é possível captar água de chuva, especialmente em telhados de 75 m<sup>2</sup>, uma área de captação muito comum na região estudada.

Assim, o aproveitamento de água de chuva se mostra uma alternativa viável, essencialmente considerando as dificuldades de abastecimento na zona rural. Embora o sistema não consiga atender completamente à demanda durante todo o ano, ele pode contribuir de forma significativa para mitigar os problemas de abastecimento, especialmente nos períodos mais secos. A redução do consumo per capita aumenta a eficiência do sistema, estendendo o período em que a demanda pode ser atendida.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. **Quantidade de água.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 20 jan. 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA 2019). **Brasil tem cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura Brasil, recursos Hídricos 2019** - ANA, 2019 Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico -ANA. **90% dos brasileiros têm acesso á agua potável.** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/90-dos-brasileiros-tam-acesso-a-a-gua-pota-vel.2019-03-14.0448875933>. Acesso em: 14 dez. 2020.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA. **Saúde e Vigilância Sanitária.** Implantar Saneamento em Áreas Rurais e Comunidades Tradicionais — Português (Brasil). Disponível em: [www.gov.br](http://www.gov.br). Acesso em: dez. 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/10480692111f443bb5a38d9bb156851f/explorar?location=-2.729173%2C-48.486244%2C7.43>. Acesso 27 ago 2022.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-. **Atlas da Irrigação.** [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em:<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos.** 2019. ed. Brasília: [s. n.], 2019-. ISSN 1879-3177.v. 1 Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico: **Séries históricas.** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em 29 ago 2022.

AMAZONAS. Lei nº 4570, de 14 de março de 2018. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de os imóveis, com 300 m<sup>2</sup> ou mais de área construída, instalarem cisterna para captação de água das chuvas no âmbito do Estado do Amazonas.** Disponível em: <<https://sapi.al.am.leg.br/norma/10045>> Acesso em: 11 nov. 2022.

ANTUNES, Lucas Niehuns; GHISI, Enedir; SEVERIS, Roni Matheus. **Environmental assessment of a permeable pavement system used to harvest stormwater for non- potable water uses in a building.** Science of The Total Environment, p. 10,

2020.

Articulação Semiárido Brasileiro. **O Programa Uma Terra e Duas Água (P1+2).** Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br/117-acervo/publicacoes/280-programa-uma-terra-e-duas-aguas>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Articulação Semiárido Brasileiro. **Programa um milhão de cisternas.** Disponível em: <http://asabrasil.org.br/acoes/p1mc> - Acesso dez 2020. Acesso em: 10 jan. 2022.

Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto, Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto - ABCON/SINDICON. **40 milhões de brasileiros não têm acesso à água limpa.**

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2007). NBR 15527. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). NBR 5626. **Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

Atlas Brasil, 2010. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/planilha>. Acessado em out de 2023.

ABU-ZREIG, Majed; ABABNEH, Farah; ABDULLAH, Faye. Assessment of rooftop rainwater harvesting in northern Jordan. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/b/c**, [s. l.], v. 114, p. 102794, 2019.

Barboza Júnior, P. C. (2018). **Água da chuva: Aproveitamento para a gestão de recursos pluviais em comunidades ribeirinhas do estado do Amazonas.** Dissertação (Mestrado ProfÁgua – Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, p. 105. 2019.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:** 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. Ambiente Construído, [s. l.], v. 10, p. 219–231, 2010.

BRANDÃO, José Luís; DIAS, Paula Barata. **O melhor é a água: da antiguidade clássica aos nossos dias.** [S. l.]: Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2018. v. 52.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934,** publicação original. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 13 nov. 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **IBGE Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santa-luzia-do-pará/panorama>. Acesso dez 2022.

BRASIL. Ministério da Cidadania – Secretaria Especial do Desenvolvimento Social. **Sanear Amazônia seleciona famílias para ter acesso à água de qualidade.** Disponível em: <http://mds.gov.br/area-de-imprensa/noticias/2015/maio/sanear-amazonia-seleciona-familias-para-ter-acesso-a-agua-de-qualidade> Acesso jan 2022.

BRASIL. Ministério da Cidadania. **Programa Cisternas.** Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>. Acesso em 11 dez 2022.

BRASIL. Decreto nº 10.473, de 24 de Agosto de 2020. **Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos.**

BRASIL. Decreto Nº 3.769 de 8 de março de 2001. **Estabelece diretrizes para execução de projetos voltados para a área social e cria o Comitê de Gestão e Acompanhamento do Projeto Alvorada.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2001/d3769.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d3769.htm). Acesso jan 2022.

BRASIL. Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Política Nacional de Saneamento Básico.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em jan 2022.

BRASIL. Lei Federal 14.026 de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico.** Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm). Acesso em jan 2022.

BRASIL. CHUVA E ESTIAGEM: 14. **Cidades brasileiras entram em situação de emergência.** Brasil 61, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://brasil61.com/n/chuva-e-estiagem-14-cidades-brasileiras-entram-em-situacao-de-emergencia-pmdr231813#:~:text>. Acesso em: 4 ago. 2023.

BRASIL. Secretaria Geral. Lei no 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.** [s. l.], 2017. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm).

BRASIL. Casa Civil. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Brasília/DF: [s. n.], 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 18 jun. 2023.

BRUCKNER, Benedikt *et al.* Ecologically unequal exchanges driven by EU consumption. **Nature Sustainability**, [s. l.], p. 1–12, 2023.

BRYSON, Bill. **Breve história de quase tudo.** [S. l.]: Companhia das Letras, 2020.

BRASIL. Lei 14.026 de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.** Disponível em: <http://2022/2020/lei/L14026.htm#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20atualiza%20o,de%2019%20de%20novembro%20de>. Acesso jan 2022.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos**

**Hídricos.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm) Acesso jan 2022.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento regional. **Programa Nacional de Habitação Rural.** Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br>. Acessado em out de 2023.

BRASIL. Lei Nº 13.501 de 30 de outubro de 2017. **Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1). Acesso jan. 2022.

BRASIL. Lei Nº 9.433 de 8 de maio de 2007. **Política Nacional de Recursos Hídricos.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso jan. 2022.

BRASIL. Câmara dos Deputados 2020. **Legislação Federal. Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934.** Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em dez de 2022.

Caetano, T. O., de Paiva, A. L. R., da Silva, S. R., Coutinho, A. O. P., Cirilo, J. A., & Cabral, J. J. D. S. P. (2020). **Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica das aluviões.** Revista de Gestão de Água da América Latina, 17(2020).

Campusano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., ... & Han, M. (2017). **Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives.** Water research. V. 115, p. 200. 2017.

Catulé, Pablo Fernandes et al. **Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni-MG.** Research, Society and Development, v. 7, n. 11, p. e6711438-e6711438, 2018.

Cardoso, M. K. B., de Brito, Y. J. V., Silva, K. S., Silva, C. B., de Lima, C. A. P., & de Medeiros, K. M. (2020). **Dessalinizador solar do tipo cascata aplicado em poços artesianos no interior da Paraíba.** Águas Subterrâneas, 34(2), 135-142.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. **Captação e utilização de água pluvial em residências para população de baixa renda em áreas urbanas: estudo de caso.** IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Salvador-BA, 2008.

CRISPIM, Diêgo Lima. **ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE HÍDRICA RURAL (ISHR): uma abordagem multicritério e participativa para comunidades rurais em áreas com abundância e escassez de água.** 2022. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, Belém – PA, 2022.

CURITIBA. **Decreto nº 293 regulamenta a Lei nº 10.785/03 de 29 de março de 2006.** Dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências.

CARVALHO, Kleverton Melo De. **The global water security: an approach for multilevel governance on hydric resources.** International Journal of Innovation and Sustainable Development, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 57–78, 2019.

CIRILO, José Almir. **Crise hídrica: desafios e superação.** Revista USP, [s. l.], n. 106, p. 45–58, 2015.

DA SILVA, Fabio Leandro *et al.* **Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias.** Revista Brasileira de Geografia Física, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 1626–1653, 2021.

DA SILVA, Maycon Breno Macena; LIMA, Daniela Freitas; RIBEIRO, Márcia Maria Rios. **Governança de água e planejamento urbano: aproveitamento de água de chuva para construção de cidades mais resilientes.** Revista de Gestão de Água da América Latina, [s. l.], v. 18, n. 2021.

DE FARIA, Marta Emilia Aires Cavalcante; DE FÁTIMA MARTINS, Maria; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Agenda 2030 e Energias Renováveis: sinergias e desafios para alcance do desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 17, p. e13101723867–e13101723867, 2022.

DE SÁ SILVA, Ana Carolina Rodrigues *et al.* Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 76, p. 103475, 2022.

DE SOUSA, DANIEL BARBOSA. **Escassez hídrica, um futuro não tão distante: promovendo ações para o uso sustentável da água em Maricá.** [s. l.], 2023.

Da Costa Pacheco, P. R., Gómez, Y. D., de Oliveira, I. F., & Teixeira, L. C. G. (2017). **A view of the legislative scenario for rainwater harvesting in Brazil.** Journal of cleaner production, 141, 290-294.

Da Cunha Kemerich, Pedro Daniel, et al. **Paradigm of solar energy in Brazil and the world.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2016, 20.1: 241-247.

DA SILVA JÚNIOR, Carlos Gomes; VIEIRA, Zacarias Caetano; DE NOVAIS, Rayana Almeida. **Avaliação financeira de dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva em sistemas de captação de água pluvial.** Revista Expressão Científica (REC), 2021, 6.1: 18-27.

Da Silva, J. P., Bezerra, C. E., & Ribeiro, A. D. A. (2020). **Avaliação da qualidade da água armazenada em cisternas no Semiárido Cearense.** Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, v. 14(1) p. 27-35, 2020.

Dal Bem, Julio César Trevisan, et al. "Solução para bombeamento de água em propriedades rurais utilizando energia solar fotovoltaica." Revista Brasileira de Energia Solar 7.1 (2016): 50-57.

DE ANDRADE NETO, Cícero Onofre. **Aproveitamento imediato da água de chuva.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 2013, 1.1: 73-86.

DOS SANTOS, Fernanda Flores Silva, et al. **O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública.** Revista brasileira de meio ambiente, 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - EMBRAPA. **P1+2: Programa uma terra e duas águas para um Semiárido sustentável.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159651/p1--2-programa-uma-terra-e-duas-aguas-para-um-semi-arido-sustentavel>. Acesso jan 2022.

EL TUGOZ, Jamila; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BRANDALISE, Loreni Teresinha. **Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável.** Revista de gestão ambiental e sustentabilidade, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 26–39, 2017.

FARTO, Cindy Deina; SILVA, Tarciso Cabral da. **Variações da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas em municípios do semiárido do estado da Paraíba.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 6, p. 859-871. nov/dez 2020.

Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure: **VISUALIZADOR GPCC** Disponível em: <https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>. Acesso em 14 jan 2022.

FERREIRA, Giovani Rezende Barbosa, et al. **Aproveitamento da água da chuva por meio de sistema de captação de baixo custo no sítio experimental de cuiarana, Salinópolis-PA.** Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible. ISSN, 2015, 1988: 5245.

FICK, SE e RJ Hijmans, 2017. WorldClim 2: **Novas superfícies climáticas de resolução espacial de 1km para áreas terrestres globais.** International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315 .Disponível em: <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>. Acesso em 16 ago 2022.

FRANCO, Rodrigo de Pinho. **Captando Consciência: uma Proposta de um Sistema Piloto de Aproveitamento de Água de Chuva.** [s. l.], 2020.

GHISI, Enedir; ANDREZA, Montibeller, RICHARD, W. Schmidt. "Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil." Building and Environment 41.2 (2006): 204-210.0.

GIAMPIETRO, Ulisses; RACY, José Caio. Viabilidade económica da energia solar nas áreas rurais do nordeste brasileiro. **Jovens Pesquisadores-Mackenzie**, v. 1, n. 1, 2010.

GORAYEB, A. **Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil.** Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2008.

GOULD, J. (1999) Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings. In: 9th International Rainwater Catchment Systems Pretrolina: ABCMAC.

Grey, D; Garrick; D., Blackmore; D., Kelman, J; Muller, M., & Sadoff, C. (2013). **Water**

**security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, 371(2002), 20120406.

**Grupo de trabalho da Sociedade Civil Para a Agenda 2030 do Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2015/08/odstraduzidos.pdf> Acesso em 12 dez. 2022.

Governo do Estado do Amazonas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Amazonas. **Projeto Água Para Todos no Amazonas**.

Governo Federal. **Transformando Nossa Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**: <file:///C:/Users/Fabio%20Pereira/Desktop/undp-br-Agenda2030-completo-pt-br-2016.pdf> Acesso jan 2022.

GIVENS, Jennifer E; HUANG, Xiaorui; JORGENSON, Andrew K. **Ecologically unequal exchange: A theory of global environmental injustice**. Sociology Compass, [s. l.], v. 13, n. 5, p. e12693, 2019.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de Águas à Luz da Governança**. [s. l.], 2019.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água de chuva e da viabilidade de captação e uso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2009.

HOKES; FRAZIER. Runoff coefficients. In.: PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. **Rainwater Harvesting. 1996. KHAN. Domestic Roof Water Harvesting Technology in Thar Desert**. Índia, 2001.

Instituto Brasileiro de geografia e Estatística – IBGE 2010. **Santa Luzia do Pará-População Urbana e Rural**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 26/01/2022.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (Brasil). **Gestão comunitária da água: soluções e dificuldades do saneamento rural no Brasil**. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10287/1/td\\_2601.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10287/1/td_2601.pdf). Acesso em 14 jan 2022.

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. **Modalidades de Assentamentos**. Disponível em: <https://antigo.incra.gov.br/pt/assentamentosmodalidades.html>. Acesso em: 07 ago 2022.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE: Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/index.html>. Acesso em 12 fev 2022.

ISHAKU, Hassan Tsenbeya; MAJID, M. Rafee; JOHAR, Foziah. Rainwater harvesting: an alternative to safe water supply in Nigerian rural communities. **Water resources management**, v. 26, n. 2, p. 295-305, 2012.

**IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE): Sinopse do Censo 2010.** Rio de Janeiro: [s. n.], 2011-. ISSN 0101-4234. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-batalogoview=detalhes&id=249230>.

**JESUS, V. M. B; COSTA, A. B. Tecnologia Social e Pública. Instituto Pólis, 2013.** Disponível em: <https://centrodeestudoseassessoria.org.br/wp-content/uploads/2019/04/3-tecnologia-social-politicas-publicas.pdf>. Acesso em 06 ago 2022.

**JIANG, Xiaohuan. Analyzing the willingness to work and willingness to pay for rwh in JAPAN. Jurnal Lanskap Indonesia.** V. 10, p.39, 37-45, 2018.

**JOHANN GNADLINGER. P1+2: Programa uma terra e duas águas para um Semi-Áridosustentável.**<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/159651/1/OPB1516.pdf>. Acesso em 11 dez 2022.

**JUERGENSMEYER, Julian Conrad; DURHAM, Audrone Vysniauskaite. Rainwater Harvesting: Legal Frameworks in the United States, Singapore, and Other Countries. JCULP, [s. l.], v. 3, p. 81, 2019.**

**JUNIOR, Paulo Braz et al. Gestão, comércio e conflitos pelo uso da água. Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability, [s. l.], v. 4, n. 2, 2022.**

**KHAN, Zaved et al. A continental scale evaluation of rainwater harvesting in Australia.**

**KAHINDA, J. M. M., TAIGBENU, A. E., & BOROTO, J. R. (2007). Domestic rainwater harvesting to improve water supply in rural South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15-18), 1050-1057. Johannesburg, África do Sul. 2007.**

**LANCASTER, B., 2006. Guiding principles to welcome rain into your life and landscape. In: Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond, vol. 1. Resource Press, Tucson, Arizona.**

**Lima, D. M. (2013). Contribuição para Evolução do Abastecimento de Água em Zonas Rurais da Ilha de Santiago, Cabo Verde (Master's thesis, Universidade Técnica de Lisboa-IST). p 15. 2013.**

**LIMA, D. O.; SANTOS, J. S. Qualidade da água de cisternas usadas pelas famílias do distrito de Novo Paraíso, Jacobina- BA. Enciclopédia Biosfera, v. 14, n. 26, p. 1419-1429, 2017.**

**LIMBERGER, Leila; SILVA, Maria Elisa Siqueira. Precipitação observada na Amazônia brasileira: redes convencionais e dados da reanálise I do NCEP/NCAR, CRU E GPCC. Revista Brasileira de Climatologia, v. 22, 2018.**

**LYE, D.J. (2009) Rooftop runoff as a source of contamination: a review. Science of the Total Environment, v. 407, p. 5429-5434.**

**LÜDER, Amanda. Quase 40% da água potável no Brasil é desperdiçada, aponta levantamento do Instituto Trata Brasil. [S. l.]: Portal G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2021/05/31/quase-40percent-da-agua-potavel-no-brasil-e-desperdicada-aponta-levantamento-do-instituto-trata-brasil.ghtml>.**

MACHADO, T. T. V., DIAS, J. T., AZEVEDO, A. C. D., GADELHA, C. L. M., & Silva, T. C. D. (2021). **Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n.1, p. 151-158. fev 2022.

MAHMOOD, A., & HOSSAIN, F. **Feasibility of managed domestic rainwater harvesting in South Asian rural areas using remote sensing.** Resources, Conservation and Recycling, 125, 157-168. Seattle. 2017.

MARANGONI, T. T., OLIVEIRA, J. N. D., & LIBÂNIO, M. (2019). **Quantitative and qualitative evaluation of the use of walls as a new perspective of rainwater harvesting.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, 24(3), 575-584.

MELVILLE-SHREEVE, Peter; WARD, Sarah; BUTLER, David. **Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multi criteria analysis of system configurations.** Water, 2016, 8.4: 129. Disponível em: (PDF) Rainwater Harvesting Typologies for UK Houses: A Multi Criteria Analysis of System Configurations (researchgate.net). Acesso em 01 jul 2022.

MARTINS, Byanca Evely dos Santos. **Análise da viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva para edificações verticais do tipo residencial na cidade de João Pessoa-PB.** [s. l.], 2020.

MOROTE, Alvaro-Francisco; HERNÁNDEZ, María; ESLAMIAN, Saeid. Rainwater harvesting in urban areas of developed countries. The state of the art (1980-2017). **International Journal of Hydrology Science and Technology**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 448–470, 2020.

Neu, V., Guedes, V. M., da Silva Araújo, M. G., Meyer, L. F. F., Brito, I. R., & Batista, L. M. (2018). **Água da chuva para consumo humano: estudo de caso na Amazônia Oriental.** Inclusão Social, Brasília, DF, v.12 n.1, p.183-198, jul./dez. 2018 2(1).

NOGUEIRA, Daniela; MILHORANCE, Carolina; MENDES, Priscylla. **Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro.** IdeAs. Idées d'Amériques, p. 15, 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Sustainable Development Goal Synthesis Report on Water and Sanitation.** Nova York. 2018.

OLIVEIRA, Diogo Rui de Saramago; DASILVA, Sousa. **O desafio do aproveitamento de águas pluviais.** [S. l.: s. n.], 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Caderno Água e Saúde: OPAS/OMS,** 2005. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/publicacoes>.

ONU, United Nations. **Mais de 4,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso a saneamento básico.** [S. l.]: ONU NEWS, 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2020/11/1733352>.

ONU, United Nations Department of Economic and Social Affairs. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** [S. I.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>.

PASINI, Fernando; DAMKE, Taiara. **A importância da potabilidade da água no saneamento básico para a promoção da saúde pública no Brasil.** Revista Eletrônica TECCEN, v. 13, n. 1, p. 8-15, 2020.

RIBEIRO, Ana Kelly Marinoski, MARINOSKI, Devis Luis. Estudo sobre **Materiais para Coberturas Utilizadas em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial Residenciais.** MIX Sustentável, [S.I.], v. 6, n. 2, p. 53-66, mai. 2020.

RIO GRANDE DO NORTE. Lei nº 10.853, de 20 de janeiro de 2021. **Dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação de sistema de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais em edificações e empreendimentos do Poder Público do Estado do Rio Grande do Norte.**

RAIOL, Lucas Lima *et al.* Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. I.], v. 15, n. 05, p. 2354–2370, 2022.

SALDANHA, Claudinéia Brazil, et al. **Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP VS observados para o estado do rio grande do sul.** Revista Brasileira de Meteorologia, 2015, v. 30: p. 415-422.

SCHNEIDER, U. et al. **GPCC's new land surface precipitation climatology based on quality-controlled in situ data and its role in quantifying the global water cycle.** Theoretical and Applied Climatologyv. 115, n. 1-2, p. 15-40, 2014.

SEMAS/PA. Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 004, de 03 de setembro de 2008 DOE nº 31.246, de 03/09/2008. **Dispõe sobre a divisão do estado em regiões hidrográficas e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br>. Acesso em: nov 2022.

Serviço Geológico do Brasil - CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas-SIAGAS.** Disponível em: [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php) Acesso em 22 jan 2022.

SHAYANI, Rafael Amaral, MAG de Oliveira, and IM de T. Camargo. "Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e Fontes convencionais." Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília. 2006.

SILVA, Anne Rose; BORJA, Campos Patrícia. **Uso de cisternas para abastecimento humano por meio de captação de água da chuva: a experiência no Brasil nos últimos anos.** Revista AIDIS, v. 10, p 270, 2017.

Silva, G. N. D., Alves, L. D., Santos, I. E. D., Bila, D. M., Ohnuma Júnior, A. A., & Corrêa, S. M. **Avaliação da deposição atmosférica de metais e dos parâmetros físico-químicos de um sistema de captação de águas pluviais no Rio de Janeiro**

**Brasil, por meio de uma análise estatística multivariada.** Revista Ambiente & Água, Taubaté/SP, v.15 n 4, p. 1-31 jun. 2020.

Sistema de Cadastro Ambiental Rural do Pará. **Cadastro Ambiental Rural.** Disponível em: <http://car.semas.pa.gov.br/#/>. Acesso em 17 dez. 2022.

SILVEIRA, Alexandre et al. **Influência da intensidade de precipitação na geração de escoamento em telhados cerâmicos: experimentos em laboratório sob chuva simulada.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 751-756, jul./ago. 2018.

Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Acervo?nivel=6&unidade=1506559#/S/CD/A/52/T/Q>. Acessado em 03/04/2023.

SHAHID, S. U.; LQBAL, J.; KHAN, S. J. **A comprehensive assessment of spatial interpolation methods for the groundwater quality evaluation of Lahore, Punjab, Pakistan.** NUST Journal of Engineering Sciences, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2017.

SILVA, Arthur Amorim Barroso. **Aproveitamento de águas pluviais: revisão sistemática.** [s. l.], 2023.

**SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).** Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: Out 2023.

SNIR, Ofer; FRIEDLER, Eran. **Dual benefit of rainwater harvesting—high temporal-resolution stochastic modelling.** Water, [s. l.], v. 13, n. 17, p. 2415, 2021.

SOUSA, Rafaela; SARDINHA, Vanessa; **Água.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/agua-.htm#:~:text=Rússia%2CChina%2CBrasil%2CCanadá%2CEstados Unidos%2CÍndia%2CColômbia,de 60%25 da água doce disponível no mundo>. Acesso em: 4 ago 2023.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja et al. **Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmecânica na região metropolitana de Curitiba PR.** Gestão & Produção, [s. l.], v. 23, p. 638–648, 2016.

TESTON, Andréa et al. **Comprehensive environmental assessment of rainwater harvesting systems: a literature review.** Water, [s. l.], v. 14, n. 17, p. 2716, 2022.

**THOMAS, T. H; MARTINSON, D.B. Roofwater Harvesting:**

**THOMAZ, P. Aproveitamento de Água Pluvial.** São Paulo: Navegar, 2003.

Trata Brasil: **Perdas de água 2020 (SNIS 2018): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/perdas-de-agua-2020-ano-base-2018-desafios-a-disponibilidade-hidrica-e-necessidade-de-avanco-na-eficiencia-do-saneamento>. Acesso em 17 jan 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** 4º Edição. São Paulo - Departamento de

Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 9 p.

TUNDISI, José Galizia. Governança da água. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2013.

United States for Geological Survey (USGS). Disponível em:  
<https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 13 jan 2022.

VELASCO-MUÑOZ, Juan F et al. **Rainwater harvesting for agricultural irrigation: An analysis of global research**. Water, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 1320, 2019.

VELOSO, Nircele da Silva Leal; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Aproveitamento da água da chuva na Amazônia: experiências nas ilhas de Belém/PA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 229–242, 2014.

VIZELI, Beatriz Sinara Fernandes; BERTON, Bruna de Aquino; LIMA, Gabriel Rodrigues. **A sustentabilidade eliminando desperdícios: captação de água pluvial**. [s. l.], 2020.

WHO/UNICEF JMP. **Billions of people will lack access to safe water, sanitation and hygiene in 2030 unless progress quadruples**. Disponível em:  
<https://www.unicef.org/press-releases/billions-people-will-lack-access-safe-water-sanitation-and-hygiene-2030-unless>. Acesso jul 2022.

YANNOPOULOS, Stavros; GIANNOPOLOU, Ioanna; KAIAFA-SAROPOULOU, Mina. **Investigation of the current situation and prospects for the development of rainwater harvesting as a tool to confront water scarcity worldwide**. Water, v. 11, n. 10, p. 2168, 2019.

## ANEXOS

### Quadro do custo de materiais para plantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva

Nº		Quant.	Unidade	SINAPI		COMÉRCIO LOCAL	
				Valor Unitário	Valor total	Valor Unitário	Valor total
1	Cabeceira direita ou esquerda, PVC, para calha pluvial, diâmetro entre *119 e 170*	4	UN	18,01	72,04	21,18	84,72
2	Bocal PVC, para calha pluvial, diâmetro entre *75 e 120* mm, para drenagem pluvial predial	2	UN	59,37	118,74	42,1	84,2
3	Calha / perfil pluvial de PVC, diâmetro entre *119 e 170* mm, comprimento de 3 m	7	UN	183,74	1286,18	135	945
4	Suporte para calha de 150 mm em aço galvanizado	16	UN	9,06	144,96	20,1	321,6
5	Joelho PVC, soldável, pb, 45 graus, dn 75 mm, para esgoto predial	2	UN	8,72	17,44	16,5	33
6	Joelho PVC, soldável com rosca, 90 graus, 25 mm x 1/2", cor marrom, para água fria predial	1	UN	4,1	4,1	13,12	13,12
7	Joelho PVC, soldável, 90 graus, 25 mm, cor marrom, para água fria predial	3	UN	0,79	2,37	1,3	3,9
8	Tubo PVC série normal, DN 100 mm, para esgoto predial (NBR 5688)	6	m	16,4	98,4	25	150
9	Tubo PVC série normal, DN 75 mm, para esgoto predial (NBR 5688)	8	m	15,53	124,24	23	184
10	Tubo PVC, soldável, de 25 mm, água fria (NBR-5648)	6	C	4,52	27,12	7,8	46,8
11	Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 25 mm x 3/4", para caixa d'agua	1	UN	13,41	13,41	22,02	22,02
12	Adaptador PVC soldável curto com bolsa e rosca, 50 mm x 1 1/4", para água fria	1	UN	9,16	9,16	39,37	39,37
13	Registro de esfera, PVC, com volante, vs, soldável, DN 40 mm, com corpo dividido	1	UN	41,12	41,12	52,07	52,07
14	Registro de esfera, PVC, com volante, vs, soldável, DN 25 mm, com corpo dividido	1	UN	19,37	19,37	35,2	35,2
15	Curva pvc longa 90 graus, DN 100 mm, para esgoto predial	2	UN	64,14	128,28	78,6	157,2
16	Caixa d'agua / reservatório em polietileno, 1000 litros, com tampa	1	UN	498,1	498,1	512,38	512,38
17	Torneira plástica para tanque 1/2 " ou 3/4 " com bico para mangueira	1	UN	19,03	19,03	24,1	24,1
18	Fita veda rosca em rolos de 18 mm X 10 m (L X C)	1	UN	3,2	3,2	6	6
19	Adesivo plástico para PVC, frasco com 175 g	1	UN	21,34	21,34	29,3	29,3
20	Viga não aparelhada *6 x 12* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	9	m	25,38	228,42	49	441
21	Viga não aparelhada *6 x 16* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta	10	m	31,7	317	55	550
VALOR FINAL				PLANILHA SINAPI	R\$ 3.194,02		
				COMÉRCIO LOCAL	R\$ 3.734,98		

**Custo total (mão de obra e materiais - comércio local)**

<b>PLANILHA SINAPI</b>	
<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
Estrutura de apoio do reservatório e material hidrossanitário com um ponto de distribuição através de uma torneira	R\$ 3.194,02
Mão de obra do carpinteiro (R\$ 16,41 a hora trabalhada; 8h/dia, 4 dias)	R\$ 525,12
Encanador ou bombeiro hidráulico (horista); (R\$ 18,78 a hora trabalhada; 8h/dia, 2 dias)	R\$ 300,48
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$ 4.019,62</b>

**Custo total (mão de obra e materiais) - Planilha SINAPI**

<b>COMÉRCIO LOCAL</b>	
<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
Estrutura de apoio do reservatório e material hidrossanitário com um ponto de distribuição através de uma torneira	R\$ 3.734,98
Mão de obra do carpinteiro para construir a estrutura do reservatório (R\$ 100,00 a diária; 8h/dia, 4 dias)	R\$ 400,00
Encanador (diarista); (R\$ 100 a diária; 8h/dia, 2 dias)	R\$ 200,00
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>R\$ 4.334,98</b>

<b>Coordenadas geográficas das residências comunidade do Broca</b>					
Nº	Latitude	Longitude	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	1°36'20.16"S	46°58'36.14"O	5	5	25,00
2	1°36'18.68"S	46°58'35.90"O	5,01	5,02	25,15
3	1°36'58.63"S	46°58'0.20"O	6,04	5,02	30,32
4	1°36'14.02"S	46°58'40.22"O	5,53	5,52	30,53
5	1°36'18.72"S	46°58'26.98"O	6,1	5,2	31,72
6	1°36'18.16"S	46°58'28.69"O	5,16	6,3	32,51
7	1°35'46.77"S	46°57'25.86"O	6,16	5,53	34,06
8	1°36'17.46"S	46°58'40.79"O	6,92	5,02	34,74
9	1°36'20.53"S	46°58'36.69"O	6,13	5,75	35,25
10	1°36'15.81"S	46°58'44.93"O	5,08	7,01	35,61
11	1°36'26.68"S	46°58'23.01"O	7,97	5,05	40,25
12	1°36'28.21"S	46°57'36.04"O	6,87	6,12	42,04
13	1°36'21.38"S	46°58'37.76"O	7,15	5,91	42,26
14	1°36'13.22"S	46°58'40.67"O	5,34	8,12	43,36
15	1°36'20.54"S	46°58'26.77"O	7,12	6,12	43,57
16	1°36'18.82"S	46°58'32.69"O	7,17	6,1	43,74
17	1°36'19.48"S	46°58'34.36"O	8,98	5,02	45,08
18	1°36'14.02"S	46°58'40.22"O	5,17	8,72	45,08
19	1°36'17.04"S	46°58'34.71"O	7,14	6,44	45,98
20	1°36'19.33"S	46°05'36.08"O	6,2	7,45	46,19
21	1°36'20.33"S	46°58'39.36"O	7,41	6,34	46,98
22	1°36'17.45"S	46°58'36.58"O	7,58	6,22	47,15
23	1°36'18.67"S	46°58'42.69"O	6,75	6,99	47,18
24	1°36'21.14"S	46°58'37.41"O	7,15	6,63	47,40
25	1°36'19.45"S	46°58'42.20"O	6,24	7,66	47,80
26	1°36'19.60"S	46°58'36.80"O	8	6,09	48,72
27	1°36'18.94"S	46°58'33.36"O	6,92	7,14	49,41
28	1°36'20.42"S	46°58'25.86"O	7,42	6,73	49,94
29	1°36'19.09"S	46°58'28.50"O	8	6,28	50,24
30	1°36'17.08"S	46°58'41.68"O	7,03	7,16	50,33
31	1°36'21.60"S	46°58'38.04"O	6,38	7,99	50,98
32	1°36'18.71"S	46°58'43.81"O	8,06	6,33	51,02
33	1°36'17.85"S	46°58'33.18"O	8,31	6,15	51,11
34	1°36'18.91"S	46°58'35.09"O	8,32	6,17	51,33
35	1°36'18.49"S	46°58'41.23"O	6,65	7,75	51,54
36	1°36'18.61"S	46°58'38.64"O	5,77	8,98	51,81
37	1°36'17.57"S	46°58'39.71"O	8,84	5,9	52,16
38	1°36'20.1"S	46°58'37.76"O	9,41	5,74	54,01
39	1°36'21.34"S	46°58'35.39"O	6,77	8	54,16
40	1°36'22.40"S	46°58'38.95"O	7,99	7,08	56,57
41	1°36'19.87"S	46°58'37.47"O	8,08	7,01	56,64
42	1°36'17.58"S	46°58'43.36"O	8,25	6,88	56,76
43	1°36'19.91"S	46°58'43.14"O	8,03	7,09	56,93
44	1°36'20.58"S	46°58'42.42"O	8,2	6,95	56,99
45	1°36'19.64"S	46°58'34.91"O	7,95	7,19	57,16
46	1°36'20.82"S	46°58'37.03"O	7,38	7,75	57,20
47	1°36'20.91"S	46°58'40.28"O	7,73	7,47	57,74
48	1°36'21.60"S	46°58'38.04"O	8,87	6,55	58,10
49	1°36'20.49"S	46°58'26.77"O	7,5	8,15	61,13
50	1°36'20.48"S	46°58'26.39"O	7,5	8,15	61,13
51	1°36'20.44"S	46°58'25.87"O	7,5	8,15	61,13
52	1°36'20.27"S	46°58'25.39"O	7,5	8,15	61,13
53	1°36'20.13"S	46°58'24.87"O	7,5	8,15	61,13
54	1°36'20.11"S	46°58'24.35"O	7,5	8,15	61,13
55	1°36'21.27"S	46°58'25.65"O	7,5	8,15	61,13
56	1°36'21.18"S	46°58'25.16"O	7,5	8,15	61,13
57	1°36'18.34"S	46°58'24.54"O	7,5	8,15	61,13

58	1°36'18.07"S	46°58'25.13"O	7,5	8,15	61,13
59	1°36'19.03"S	46°58'28.74"O	7,5	8,15	61,13
60	1°36'19.38"S	46°58'34.18"O	7,5	8,15	61,13
61	1°36'19.55"S	46°58'34.59"O	7,5	8,15	61,13
62	1°36'20.53"S	46°58'34.74"O	7,5	8,15	61,13
63	1°36'20.45"S	46°58'36.48"O	7,5	8,15	61,13
64	1°36'20.73"S	46°58'42.26"O	7,5	8,15	61,13
65	1°36'20.28"S	46°58'41.62"O	7,5	8,15	61,13
66	1°36'19.72"S	46°58'37.09"O	7,5	8,15	61,13
67	1°36'21.08"S	46°58'35.41"O	7,5	8,15	61,13
68	1°36'22.04"S	46°58'35.25"O	7,5	8,15	61,13
69	1°36'22.33"S	46°58'35.26"O	7,5	8,15	61,13
70	1°36'22.70"S	46°58'35.30"O	7,5	8,15	61,13
71	1°36'23.04"S	46°58'35.31"O	7,5	8,15	61,13
72	1°36'23.37"S	46°58'33.80"O	7,5	8,15	61,13
73	1°36'23.93"S	46°58'33.95"O	7,5	8,15	61,13
74	1°36'22.27"S	46°58'38.69"O	7,9	7,5	59,25
75	1°36'17.35"S	46°58'44.63"O	9,95	6,05	60,20
76	1°36'18.79"S	46°58'34.84"O	8,09	7,47	60,43
77	1°36'16.21"S	46°58'44.84"O	7,07	8,55	60,45
78	1°36'14.85"S	46°58'44.55"O	8,06	7,52	60,61
79	1°36'17.60"S	46°58'39.47"O	8,09	7,56	61,16
80	1°36'17.06"S	46°58'35.49"O	8,09	7,6	61,48
81	1°36'19.10"S	46°58'43.45"O	8,9	6,92	61,59
82	1°36'18.05"S	46°58'34.28"O	8,3	7,55	62,67
83	1°36'22.09"S	46°58'38.50"O	8,92	7,04	62,80
84	1°36'26.73"S	46°57'35.41"O	11,32	5,61	63,51
85	1°36'21.56"S	46°58'41.69"O	9,57	6,72	64,31
86	1°36'20.58"S	46°58'42.07"O	9,16	7,09	64,94
87	1°36'17.37"S	46°58'41.96"O	5,66	11,64	65,88
88	1°36'17.53"S	46°58'37.87"O	7,09	10,04	71,18
89	1°36'20.08"S	46°58'35.92"O	10,56	6,85	72,34
90	1°36'19.76"S	46°58'41.79"O	6,7	10,85	72,70
91	1°36'18.50"S	46°58'43.97"O	9,61	7,94	76,30
92	1°36'18.16"S	46°58'32.05"O	13,02	6,34	82,55
93	1°36'21.17"S	46°58'40.92"O	12,79	6,75	86,33
94	1°36'18.20"S	46°58'40.90"O	10,81	8,13	87,89
95	1°36'16.02"S	46°58'44.11"O	11,83	7,56	89,43
96	1°36'19.42"S	46°58'36.48"O	12,11	8,07	97,73
97	1°36'20.51"S	46°58'41.38"O	10,93	9,19	100,45
98	1°36'19.62"S	46°58'43.22"O	11,94	8,47	101,13
99	1°36'20.17"S	46°58'42.81"O	15,32	6,79	104,02
100	1°36'24.00"S	46°58'35.50"O	14,39	8,13	116,99
101	1°36'8.15"S	46°58'48.55"O	8,8	14,34	126,19
102	1°36'20.02"S	46°58'38.32"O	15,94	8,22	131,03
103	1°36'18.16"S	46°58'42.81"O	15,79	9,82	155,06
104	1°36'15.20"S	46°58'36.56"O	13,3	11,72	155,88

<b>Coordenadas geográficas das residências comunidade do Jacarequara</b>					
N°	Latitude	Longitude	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	1°42'32.97"S	46°48'25.39"O	5,51	5,71	31,46
2	1°42'27.96"S	46°48'27.37"O	6,15	5,15	31,67
3	1°42'36.57"S	46°48'25.35"O	5,07	6,5	32,95
4	1°42'28.25"S	46°48'27.34"O	5,74	5,85	33,58
5	1°42'34.80"S	46°48'32.69"O	6,23	5,68	35,38
6	1°42'33.93"S	46°48'25.23"O	6,08	5,97	36,29
7	1°42'34.04"S	46°48'28.60"O	5,4	6,83	36,88
8	1°42'32.54"S	46°48'26.59"O	5,36	6,91	37,04
9	1°42'32.71"S	46°48'33.25"O	5,02	7,48	37,55
10	1°42'33.40"S	46°48'29.36"O	5,5	6,9	37,95
11	1°42'34.43"S	46°48'25.71"O	6,45	5,94	38,31
12	1°42'37.77"S	46°48'27.47"O	6,75	5,73	38,67
13	1°42'27.94"S	46°48'31.72"O	7,4	5,3	39,22
14	1°42'34.74"S	46°48'25.06"O	6,49	6,13	39,78
15	1°42'33.87"S	46°48'32.91"O	7,64	5,27	40,26
16	1°42'31.70"S	46°48'29.87"O	6,7	6,06	40,60
17	1°42'30.05"S	46°48'31.25"O	7	6	42
18	1°42'27.28"S	46°48'27.57"O	7,08	5,98	42,33
19	1°42'37.38"S	46°48'24.40"O	7,85	5,4	42,39
20	1°42'29.99"S	46°48'34.00"O	6	7,37	44,22
21	1°42'32.41"S	46°48'19.89"O	7,09	6,24	44,24
22	1°42'26.44"S	46°48'23.90"O	7,57	5,92	44,81
23	1°42'32.41"S	46°48'26.29"O	7,34	6,23	45,72
24	1°42'27.76"S	46°48'30.88"O	6,47	7,14	46,19
25	1°42'30.13"S	46°48'31.65"O	8,52	5,43	46,26
26	1°42'34.96"S	46°48'30.48"O	7,42	6,33	46,96
27	1°42'46.63"S	46°48'13.24"O	7,86	6,02	47,31
28	1°42'28.09"S	46°48'30.80"O	7,93	6,04	47,89
29	1°42'22.32"S	46°48'26.02"O	7,08	6,78	48,00
30	1°42'40.86"S	46°48'24.79"O	7	7	49
31	1°43'14.28"S	46°49'17.65"O	5,33	9,53	50,79
32	1°42'32.38"S	46°48'29.66"O	7,2	7,1	51,12
33	1°42'38.95"S	46°48'26.87"O	7,53	6,8	51,20
34	1°41'28.92"S	46°48'40.75"O	6,66	7,76	51,68
35	1°42'38.96"S	46°48'26.85"O	7,5	7	52,5
36	1°42'28.55"S	46°48'30.04"O	7,05	7,48	52,73
37	1°42'34.02"S	46°48'25.82"O	9,61	5,6	53,81
38	1°42'28.82"S	46°48'27.14"O	12,12	4,45	53,93
39	1°42'37.68"S	46°48'29.18"O	9	6	54
40	1°42'32.26"S	46°48'25.08"O	7,47	7,24	54,08
41	1°42'30.44"S	46°48'30.18"O	10,18	5,33	54,25
42	1°42'31.60"S	46°48'29.18"O	10,39	5,23	54,33
43	1°42'35.42"S	46°48'25.60"O	10,61	5,21	55,27
44	1°42'39.29"S	46°48'26.83"O	6,98	7,92	55,28
45	1°42'36.50"S	46°48'31.11"O	8	7	56
46	1°42'31.45"S	46°48'29.93"O	7,5	7,5	56,25
47	1°42'30.75"S	46°48'30.11"O	7,5	7,51	56,32
48	1°42'34.02"S	46°48'29.78"O	7,64	7,38	56,38
49	1°42'27.25"S	46°48'28.79"O	9,55	5,91	56,44
50	1°42'26.29"S	46°48'27.87"O	10,31	5,56	57,32
51	1°42'26.24"S	46°48'30.75"O	10,42	5,55	57,8
52	1°42'32.43"S	46°48'25.64"O	10,17	5,69	57,86
53	1°42'29.64"S	46°48'29.79"O	8	7,27	58,16
54	1°42'33.69"S	46°48'26.00"O	9,17	6,35	58,22
55	1°42'30.31"S	46°48'21.06"O	8,43	7,04	59,34
56	1°42'40.83"S	46°48'24.78"O	8,09	7,38	59,70
57	1°42'27.56"S	46°48'21.62"O	7,47	8,23	61,47

58	1°42'37.67"S	46°48'29.20"O	9	6,92	62,28
59	1°42'34.38"S	46°48'30.04"O	9,07	6,87	62,31
60	1°42'32.96"S	46°48'28.19"O	9,66	6,51	62,88
61	1°42'36.54"S	46°48'31.12"O	7,59	8,4	63,75
62	1°42'36.95"S	46°48'27.70"O	8	8	64
63	1°42'31.35"S	46°48'24.90"O	10,69	6,08	64,99
64	1°42'30.53"S	46°48'26.84"O	9,21	7,06	65,022
65	1°42'32.92"S	46°48'33.22"O	5	13,09	65,45
66	1°42'36.16"S	46°48'24.77"O	10,41	6,3	65,58
67	1°42'37.90"S	46°48'28.98"O	10,36	6,46	66,92
68	1°42'26.81"S	46°48'25.01"O	9,76	6,86	66,95
69	1°42'28.47"S	46°48'22.27"O	8,71	7,72	67,2412
70	1°42'27.98"S	46°48'26.75"O	7,2	9,4	67,68
71	1°42'26.88"S	46°48'27.64"O	10,51	6,45	67,78
72	1°42'33.70"S	46°48'23.08"O	11,28	6,07	68,46
73	1°42'24.89"S	46°48'33.95"O	5,52	12,42	68,55
74	1°42'34.03"S	46°48'22.79"O	9,3	7,38	68,6
75	1°42'31.07"S	46°48'32.49"O	8,64	7,95	68,688
76	1°42'29.34"S	46°48'26.36"O	10,07	6,91	69,58
77	1°42'33.10"S	46°48'31.16"O	10,57	6,61	69,86
78	1°42'26.59"S	46°48'35.00"O	10	7	70
79	1°42'34.55"S	46°48'32.77"O	14	5	70
80	1°42'27.01"S	46°48'30.53"O	10	7	70
81	1°42'28.00"S	46°48'30.16"O	10	7	70
82	1°42'35.92"S	46°48'27.98"O	10	7	70
83	1°42'30.53"S	46°48'30.75"O	8,93	7,84	70,01
84	1°42'39.0"S	46°48'27.03"O	6,6	10,7	70,62
85	1°42'35.71"S	46°48'31.87"O	12	6	72
86	1°42'24.85"S	46°48'33.70"O	12	6	72
87	1°42'30.22"S	46°48'32.02"O	9	8	72
88	1°42'29.57"S	46°48'26.97"O	12,25	5,94	72,76
89	1°42'9.75"S	46°48'38.97"O	7,54	9,67	72,91
90	1°42'32.27"S	46°48'32.05"O	8,51	8,66	73,69
91	1°42'34.53"S	46°48'32.78"O	11,82	6,32	74,70
92	1°42'28.83"S	46°48'34.33"O	9,29	8,12	75,43
93	1°42'32.84"S	46°48'27.52"O	10,3	7,37	75,91
94	1°42'32.68"S	46°48'29.70"O	9,5	8	76
95	1°42'27.50"S	46°48'23.48"O	12,58	6,12	76,98
96	1°42'30.65"S	46°48'29.46"O	11	7	77
97	1°42'31.96"S	46°48'24.29"O	10,9	7,12	77,60
98	1°42'25.98"S	46°48'24.99"O	10,89	7,14	77,7546
99	1°42'28.61"S	46°48'33.08"O	11,52	6,77	77,99
100	1°42'31.80"S	46°48'32.19"O	12	6,5	78
101	1°42'28.82"S	46°48'33.05"O	12,53	6,36	79,69
102	1°42'22.59"S	46°48'26.36"O	9,12	8,74	79,70
103	1°42'32.61"S	46°48'33.30"O	10	8	80
104	1°42'34.28"S	46°48'28.52"O	10	8	80
105	1°42'27.74"S	46°48'34.75"O	14,74	5,47	80,62
106	1°42'25.94"S	46°48'35.05"O	12,46	6,59	82,11
107	1°42'28.13"S	46°48'34.67"O	12,98	6,34	82,29
108	1°42'31.81"S	46°48'29.04"O	11	7,5	82,5
109	1°42'30.26"S	46°48'32.34"O	13,9	5,94	82,56
110	1°42'35.68"S	46°48'31.91"O	12,21	7	85,47
111	1°42'28.75"S	46°48'26.54"O	6,98	12,38	86,41
112	1°42'36.32"S	46°48'17.28"O	11,56	7,5	86,7
113	1°42'30.25"S	46°48'29.64"O	7,71	11,26	86,81
114	1°42'26.86"S	46°48'34.98"O	14,87	5,85	86,98
115	1°42'31.84"S	46°48'29.11"O	11	8	88
116	1°41'16.29"S	46°48'26.71"O	12,87	6,87	88,41

117	1°42'26.22"S	46°48'27.53"O	10,97	8,09	88,74
118	1°42'36.73"S	46°48'43.97"O	11,83	7,53	89,07
119	1°42'32.09"S	46°48'29.89"O	12	7,5	90
120	1°42'32.19"S	46°48'25.20"O	11,54	7,81	90,12
121	1°42'32.90"S	46°48'30.69"O	9,34	9,68	90,41
122	1°42'25.85"S	46°48'30.79"O	11,71	7,8	91,33
123	1°42'30.76"S	46°48'31.60"O	11,07	8,3	91,881
124	1°42'28.26"S	46°48'26.57"O	12,67	7,33	92,87
125	1°42'36.24"S	46°48'31.44"O	11,64	8	93,12
126	1°42'31.77"S	46°48'32.13"O	13,03	7,19	93,68
127	1°42'24.54"S	46°48'32.62"O	14,62	6,43	94,00
128	1°42'27.60"S	46°48'30.24"O	9,92	9,5	94,24
129	1°42'26.25"S	46°48'35.05"O	11,53	8,24	95,00
130	1°42'24.85"S	46°48'31.01"O	13,91	6,86	95,42
131	1°42'19.91"S	46°48'20.89"O	13,04	7,45	97,14
132	1°42'27.10"S	46°48'34.92"O	15,3	6,44	98,53
133	1°42'24.61"S	46°48'33.09"O	16,53	6,11	100,99
134	1°42'29.79"S	46°48'30.46"O	12,21	8,3	101,34
135	1°42'30.26"S	46°48'34.06"O	14,41	7,05	101,59
136	1°42'24.77"S	46°48'33.42"O	16,84	6,14	103,39
137	1°42'29.62"S	46°48'34.14"O	9,26	11,17	103,43
138	1°42'32.49"S	46°48'28.82"O	13	8	104
139	1°42'24.92"S	46°48'34.15"O	15	7	105
140	1°42'24.66"S	46°48'33.07"O	15	7	105
141	1°42'24.85"S	46°48'30.96"O	15	7	105
142	1°42'35.46"S	46°48'32.33"O	16,93	6,32	106,99
143	1°42'31.13"S	46°48'30.16"O	14,35	7,53	108,05
144	1°42'31.83"S	46°48'26.45"O	12,82	8,47	108,58
145	1°42'24.90"S	46°48'34.20"O	16,3	6,74	109,86
146	1°42'34.76"S	46°48'28.32"O	10,81	10,21	110,37
147	1°42'29.08"S	46°48'29.76"O	14	8	112
148	1°42'28.35"S	46°48'33.14"O	15	7,5	112,5
149	1°41'16.32"S	46°48'28.63"O	16,12	7,07	113,96
150	1°42'21.26"S	46°48'23.56"O	13,67	8,43	115,23
151	1°40'36.47"S	46°49'19.90"O	16,01	7,22	115,59
152	1°42'44.06"S	46°48'25.94"O	11,48	10,45	119,96
153	1°42'29.43"S	46°48'32.89"O	11,5	10,5	120,75
154	1°42'37.63"S	46°48'47.02"O	11,09	10,95	121,43
155	1°42'35.30"S	46°48'24.73"O	14,79	8,22	121,57
156	1°42'29.08"S	46°48'32.98"O	16,56	7,42	122,87
157	1°43'08.61"S	46°49'26.04"O	13,15	9,36	123,08
158	1°42'29.45"S	46°48'32.93"O	12,42	10,46	129,91
159	1°42'23.36"S	46°48'34.61"O	13,79	9,75	134,45
160	1°42'28.42"S	46°48'34.57"O	15	9	135
161	1°42'30.57"S	46°48'33.93"O	17	8	136
162	1°42'32.18"S	46°48'33.42"O	13,65	10,06	137,31
163	1°42'25.75"S	46°48'26.07"O	11,67	12,26	143,07
164	1°42'25.47"S	46°48'35.30"O	14	11	154
165	1°42'30.30"S	46°48'32.67"O	13	12	156
166	1°42'27.42"S	46°48'34.85"O	20	8	160
167	1°40'52.46"S	46°49'04.07"O	15,13	11,05	167,18
168	1°42'25.50"S	46°48'35.32"O	11,67	14,7	171,54
169	1°42'29.62"S	46°48'34.14"O	20	9	180
170	1°41'09.50"S	46°48'21.04"O	20,68	12,8	264,70

<b>Coordenadas geográficas das residências da comunidade do Cantã</b>					
Nº	Latitude	Longitude	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	1°39'25.76"S	46°49'54.76"O	5,19	4,37	22,68
2	1°39'26.13"S	46°49'54.45"O	5,92	5,39	31,91
3	1°39'30.34"S	46°49'50.76"O	9,41	5,96	56,08
4	1°39'31.56"S	46°49'58.06"O	8,24	6,87	56,61
5	1°39'31.63"S	46°49'50.39"O	8,97	6,40	57,41
6	1°39'30.83"S	46°49'54.71"O	8,1	7,18	58,16
7	1°39'26.16"S	46°49'53.15"O	9,28	6,83	63,38
8	1°39'27.60"S	46°49'53.77"O	8,39	7,68	64,44
9	1°39'26.60"S	46°49'53.01"O	8,44	7,73	65,24
10	1°39'29.82"S	46°49'52.44"O	10,02	6,56	65,73
11	1°39'32.83"S	46°49'50.07"O	9,61	6,96	66,89
12	1°39'28.45"S	46°49'49.18"O	9,36	7,3	68,33
13	1°39'26.40"S	46°49'59.24"O	10,07	7,43	74,82
14	1°39'25.85"S	46°49'56.62"O	9,38	8,28	77,67
15	1°39'29.79"S	46°49'55.67"O	10,6	7,47	79,18
16	1°39'30.79"S	46°49'50.04"O	14,7	6,37	93,64
17	1°39'28.31"S	46°49'52.01"O	13,11	7,41	97,15
18	1°39'28.56"S	46°49'53.31"O	11,76	9,07	106,66
19	1°39'29.83"S	46°49'51.76"O	16,34	10,09	164,87
20	1°39'31.45"S	46°49'55.72"O	18,62	11,26	209,66
21	1°40'06.23"S	46°49'31.15"O	14,1	9,37	132,11
22	1°40'11.24"S	46°49'28.97"O	8,2	9,10	74,62
23	1°39'48.90"S	46°49'46.50"O	11,2	5,21	58,35
24	1°39'47.06"S	46°49'46.70"O	12,01	6,01	72,18
25	1°39'31.30"S	46°49'50.23"O	13,52	6,55	88,55
26	1°39'28.30"S	46°49'48.90"O	7,32	8,03	58,77
27	1°39'28.49"S	46°49'49.92"O	12,42	7,16	88,92
28	1°39'27.61"S	46°49'48.10"O	9,61	7,47	71,78
29	1°39'30.86"S	46°49'56.80"O	10,42	8,01	83,46
30	1°39'36.18"S	46°50'07.37"O	13,9	8,83	122,73
31	1°39'36.44"S	46°50'07.68"O	9,91	6,90	68,38
32	1°39'26.65"S	46°49'59.72"O	8,37	6,92	57,92
33	1°39'25.64"S	46°49'53.44"O	7,46	9,23	68,85
34	1°39'28.27"S	46°49'53.41"O	7,63	10,28	78,43
35	1°39'24.02"S	46°49'54.07"O	7,98	7,34	58,57
36	1°39'23.77"S	46°49'54.20"O	7,64	12,84	98,10
37	1°38'56.39"S	46°49'16.73"O	13,40	20,05	268,67
38	1°38'50.40"S	46°49'15.51"O	12,74	11,21	142,82