

# GABRIELA TORRES GONÇALVES MONTEIRO

INDICADORES DE SAÚDE PÚBLICA E DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS DO SISAR MOXOTÓ EM PERNAMBUCO



### GABRIELA TORRES GONÇALVES MONTEIRO

# INDICADORES DE SAÚDE PÚBLICA E DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS DO SISAR MOXOTÓ EM PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa Dra. Simone Rosa da Silva

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Universidade de Pernambuco

Monteiro, Gabriela Torres Gonçalves

M775i

Indicadores de saúde pública e de saneamento básico nos municípios do Sisar Moxotó em Pernambuco. / Gabriela Torres Gonçalves Monteiro. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2024.

129 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Rosa da Silva

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2024.

1. Saneamento Básico. 2. Saneamento Rural. 3. Saúde Pública. 4. Abastecimento de Água. I. Construção Civil -Dissertação. II. Silva, Simone Rosa (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

> CDD: 690.028 - 23. ed. Eliane Leitão - CRB4/827

# GABRIELA TORRES GONÇALVES MONTEIRO

# INDICADORES DE SAÚDE PÚBLICA E DE SANEAMENTO BÁSICO NOS MUNICÍPIOS DO SISAR MOXOTÓ EM PERNAMBUCO

### BANCA EXAMINADORA:

Orientadora

Profa. Dra. Simone Rosa da Silva Universidade de Pernambuco

**Examinadores** 

Profa Dra. Kalinny Patrícia Vaz Lafayette Universidade de Pernambuco

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva Universidade Federal de Pernambuco

Recife-PE 2024

Dedico este trabalho aos meus pais, Herminia e Valdery, cujo amor, dedicação e apoio incansável foram fundamentais para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por Sua presença constante em minha vida, por abençoar todos os meus dias e iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Herminia e Valdery, meus exemplos e fonte de inspiração diária, pela vida, amor incondicional, cuidado e por sempre investirem nos meus estudos. À minha irmã Maria Eduarda, presença constante em minha vida, pela parceria, apoio e incentivo desde a infância. Ao meu sobrinho e afilhado Pedro que enche minha vida de alegria.

Ao meu esposo Gustavo, pelo companheirismo, amor e compreensão ao longo dessa jornada. Às minhas amadas avós, Herminia e Analtides, pelo afeto e contribuição imensa na minha educação. A toda minha família, tios, primos e amigos por compartilharem comigo tantos momentos importantes da minha vida.

À orientadora deste trabalho, Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone Rosa da Silva, por compartilhar seu conhecimento, pela disponibilidade, por toda a orientação, paciência e confiança depositada em mim. Meu respeito e gratidão.

Aos professores Dra. Kalinny Patrícia Vaz Lafayette e Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva, pelas importantes contribuições e sugestões relativas ao trabalho. A esta Universidade, pelo ensino público de qualidade que me permitiu tantas oportunidades e conquistas.

Ao SISAR Moxotó e à Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de Pernambuco pelas informações fornecidas e colaboração para a pesquisa.

Partilho essa conquista e agradeço a todos que confiaram em mim e contribuíram de alguma forma nesta caminhada que é o mestrado.

### **RESUMO**

O saneamento básico abrange um conjunto de medidas e ações que visam garantir o acesso da população a serviços essenciais, têm impacto direto na qualidade de vida das pessoas, na promoção da saúde pública, na preservação do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável das comunidades. Nesse contexto, a universalização do saneamento básico nas áreas rurais contribui não só para a melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem nessas regiões, mas também para o desenvolvimento sustentável do país como um todo. Além disso, ao reduzir a incidência de doenças transmitidas pela água, a ampliação do acesso ao saneamento tem um impacto direto na saúde pública, resultando em uma população mais saudável. Esta pesquisa teve por objetivo geral analisar a relação entre os indicadores de saúde pública e de saneamento básico no âmbito do SISAR Moxotó em Pernambuco. Para alcançar o referido objetivo, foram adotados os seguintes métodos: i) revisão da literatura e análise documental; ii) seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico; iii) caracterização e diagnóstico da área de estudo; iv) visita em campo; e v) análise estatística da relação dos indicadores. Na etapa 1, para auxiliar no desenvolvimento da RSL (Revisão Sistemática da Literatura), foi usada a ferramenta StArt. Na etapa posterior foram selecionados 11 (onze) indicadores, sendo 4 (quatro) de abastecimento de água, 4 (quatro) de esgotamento sanitário, e 3 (três) de saúde pública. Na etapa 3, elaborou-se um diagnóstico da área de estudo, compreendendo os 17 municípios pertencentes ao SISAR Moxotó, em termos ambientais, socioeconômicos, de saneamento básico e de saúde pública. Na fase seguinte, foi realizada uma visita a comunidades atendidas pelo SISAR Moxotó no município de Arcoverde: Complexo Caraíbas e Riacho do Meio. Por fim, na última etapa foi realizada uma análise estatística por meio da regressão linear múltipla, indicando uma forte correlação entre a variável "internações por diarreia pelo SUS" e os indicadores de saneamento básico "índice de atendimento total de esgoto" e "índice de atendimento total de água", reforçando a relação diretamente proporcional entre o saneamento inadequado e o aumento de casos de doenças de transmissão feco-oral, como a diarreia.

Palavras-chave: saneamento básico; saneamento rural; saúde pública; abastecimento de água.

### **ABSTRACT**

Basic sanitation includes a set of measures and actions aimed at guaranteeing the population's access to essential services, which have a direct impact on people's quality of life, on promoting public health, on preserving the environment and on the sustainable development of communities. In this context, the universalization of basic sanitation in rural areas contributes not only to improving the quality of life of people living in these regions, but also to the sustainable development of the country as a whole. Furthermore, by reducing the incidence of water-borne diseases, expanding access to sanitation has a direct impact on public health, resulting in a healthier population. The general objective of the research was to analyze the relationship between public health indicators and basic sanitation within the scope of SISAR Moxotó in Pernambuco. To achieve this objective, the following methods were adopted: i) literature review and document analysis; ii) selection of public health and basic sanitation indicators; iii) characterization and diagnosis of the study area; iv) field visit; and v) statistical analysis of the relationship of indicators. In stage 1, the StArt tool was used to assist in the development of the RSL (Systematic Literature Review). In the subsequent stage, 11 (eleven) indicators were selected, 4 (four) for water supply, 4 (four) for sanitation, and 3 (three) for public health. In stage 3, a diagnosis of the study area was prepared, comprising the 17 municipalities belonging to SISAR Moxotó, in environmental, socioeconomic, basic sanitation and public health terms. In the next phase, a visit was made to communities served by SISAR Moxotó in Arcoverde: Complexo Caraíbas and Riacho do Meio. Finally, in the last stage, multiple linear regression indicated a strong correlation between the variable "hospitalizations for diarrhea by the SUS" and the basic sanitation indicators "total sewage service index" and "total water service index", reinforcing the directly proportional relationship between inadequate sanitation and the increase in cases of feco-oral transmitted diseases, such as diarrhea.

**Keywords**: basic sanitation; rural sanitation; public health; water supply.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução dos serviços de água e esgoto no país (em %)	25
Figura 2 - População por tipo de atendimento dos serviços de saneamento (%)	26
Figura 3 - População atendida por água e esgoto em Pernambuco de 2010 a 2022	28
Figura 4 - Porcentagem do tipo de abastecimento de água por localidade (país, região	e
estado) e área (rural ou urbana) segundo o Censo Demográfico 2010	28
Figura 5 - Proposta inicial dos setores do SISAR Pernambuco	35
Figura 6 - Setores prioritários do SISAR em Pernambuco	36
Figura 7 - Municípios do SISAR Moxotó	38
Figura 8 - Etapas da metodologia adotada	41
Figura 9 - Representação de um boxplot	49
Figura 10 - Fluxograma PRISMA	52
Figura 11 - Distribuição das publicações por bases de dados	53
Figura 12 - Distribuição das publicações selecionadas sobre saneamento rural por ano	de
publicação	54
Figura 13 - Distribuição das publicações selecionadas sobre saneamento rural por loca	ıl de
estudo	54
Figura 14 - Precipitação mensal média (1991 a 2020) em alguns postos de Pernambuc	o (mm)
	72
Figura 15 - Mapa da precipitação anual acumulada de Pernambuco	
Figura 16 - Municípios do SISAR Moxotó e unidades de planejamento do PERH PE 2	2022.77
Figura 17 - Rios principais e cursos d'água do SISAR Moxotó	78
Figura 18 - Distribuição dos aquíferos por domínio hidrogeológico e por unidade de	
planejamento (UP), no Estado de Pernambuco	80
Figura 19 - Leitura do IFDM	82
Figura 20 - Faixas do IVS	84
Figura 21 - Índice de vulnerabilidade social (2010) nos municípios do SISAR Moxotó	84
Figura 22 - Índice de segurança hídrica urbano – Atlas Águas 2021	86
Figura 23 - Situação do abastecimento de água nos municípios do SISAR Moxotó	89
Figura 24 - Indicadores de esgotamento sanitário nos municípios do SISAR Moxotó	91
Figura 25 - Indicadores de destinação dos resíduos sólidos nos municípios do SISAR	Moxotó
	93

igura 26 - Escritório do SISAR Moxotó, presente na gerência da COMPESA em Arcoverd		
	96	
Figura 27 - Placa de inauguração do SISAR Moxotó, no escritório em Arcoverde	96	
Figura 28 - Estação de tratamento de água (ETA) do sistema Caraíbas	97	
Figura 29 - Filtros do sistema Caraíbas	98	
Figura 30 - Bombas do sistema Caraíbas	98	
Figura 31 - Reservatórios do sistema Caraíbas	99	
Figura 32 - Posto de saúde da comunidade Complexo Caraíbas	99	
Figura 33 - ETA e reservatórios do sistema Riacho do Meio	101	
Figura 34 - ETA sistema Riacho do Meio	101	
Figura 35 - Exemplo de medidor instalado nas casas	102	
Figura 36 - Posto de saúde da comunidade Riacho do Meio	102	
Figura 37 - Mapa com imagens da sede do SISAR Moxotó e das comunidades benefic	ciadas	
de Arcoverde	106	
Figura 38 - Boxplots das variáveis de saneamento básico: A - Índice de atendimento t	otal de	
água (%) e B - Índice de atendimento total de esgoto (%)	111	
Figura 39 - Boxplots das variáveis de saúde pública: C - Taxa de mortalidade infantil	, D –	
Internações por diarreia pelo SUS, e E – Casos prováveis de dengue	111	
Figura 40 - Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis	: A –	
IAE x IAA, B – TMI x IAA, e C - TMI x IAE	113	
Figura 41 - Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis	: D –	
IDS x IAA, e E – IDS x IAE	114	
Figura 42 - Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis	: F –	
CPD x IAA, e G – CPD x IAE	115	

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de resultados de saneamento identificados na RSL e sua frequência de
observações55
Tabela 2 - Municípios pertencentes ao SISAR Moxotó
Tabela 3 - Dados socioeconômicos dos municípios do SISAR Moxotó
Tabela 4 - Dados do IFDM nos municípios do SISAR Moxotó
Tabela 5 - Sistemas de abastecimento de água dos municípios do SISAR Moxotó87
Tabela 6 - Principais estabelecimentos de saúde por tipo por município do SISAR Moxotó.95
Tabela 7 - Dados atualizados do SISAR Moxotó (abril/2024)
Tabela 8 - Indicadores de saneamento básico e saúde pública de Arcoverde
Tabela 9 - Resumo do resultado da covariância e R² da regressão linear simples entre as
variáveis estudadas
Tabela 10 - Resultados das regressões múltiplas    116

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI)	45
<b>Quadro 2</b> – Principais dados e indicadores utilizados na elaboração da caracterização e	
diagnóstico da área de estudo	47
Quadro 3 - Características das publicações selecionadas na RSL	56
Quadro 4 - Indicadores de saúde pública e de saneamento básico selecionados para o estu	ıdo
	68
Quadro 5 - Unidades de planejamento utilizadas na atualização do PERH PE 2022	76
Quadro 6 - Observações da série histórica dos dados de saneamento nos municípios do	
SISAR Moxotó	.108

### LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ASA - Articulação Semiárido Brasileiro

CAGECE - Companhia de Água e Esgotos do Ceará

**COMPESA** - Companhia Pernambucana de Saneamento

**CLTS** - Community-Led Total Sanitation

DRSAI - Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**ENAP** - Escola Nacional de Administração Pública

FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GESAR - Gerência de Saneamento Rural

IAS - Instituto Água e Saneamento

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INSA - Instituto Nacional do Semiárido

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ITB - Instituto Trata Brasil

**KfW** - KREDITANSTALT fur WIEDERAUFBAU

LAPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software

ONU - Organizações das Nações Unidas

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PNSB - Plano Nacional de Saneamento Básico

PNSR - Programa Nacional de Saneamento Rural

RLS - Revisão Sistemática da Literatura

SDA - Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado de Pernambuco

**SEINFRA** - Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

SISAR - Sistema Integrado de Saneamento Rural

SNIS - Sistema de Informações Sobre Saneamento

**SRHS** - Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de Pernambuco

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

WHO - World Health Organization

**WWAP -** World Water Assessment Programme

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivos	19
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos	19
1.3	Estrutura do trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Saneamento rural no mundo	21
2.2	Saneamento rural no Brasil	23
2.3	Aspectos legais do saneamento rural no Brasil	29
2.4	Modelos de gestão de saneamento rural	32
2.5	SISAR em Pernambuco	34
2.6	Relação entre saneamento básico e saúde pública	38
3	METODOLOGIA	40
3.1	ETAPA 1: Revisão da literatura e análise documental	41
3.2	ETAPA 2: Seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico	44
3.3	ETAPA 3: Caracterização e diagnóstico da área de estudo	46
3.4	ETAPA 4: Visita em campo	48
3.5	ETAPA 5: Análise estatística da relação dos indicadores	49
4	RESULTADOS	52
4.1	Revisão sistemática da literatura - RSL	52
4.2	Seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico	68
4.3	Diagnóstico da área de estudo	70
4.3.1	Características ambientais	71
4.3.1.1	Climatologia	71
4.3.1.2	Hidrografia	76
4.3.2	Características socioeconômicas	81
4.3.3	Situação da prestação dos serviços de saneamento	85
4.3.3.1	Abastecimento de água	85
4.3.3.2		
	Esgotamento Sanitário	90
	Esgotamento Sanitário	

4.4	Visita em campo	96
4.5	Análise estatística da relação dos indicadores	106
4.5.1	Análise dos dados	110
4.5.2	Verificação da relação entre os indicadores de saúde pública (variável depo	endente) e
os ind	licadores de saneamento (variáveis independentes)	112
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	118
REFE	ERÊNCIAS	122

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a universalização do saneamento brasileiro tem sido discutida com frequência, principalmente após a divulgação do novo marco legal do saneamento que determina que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão garantir o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033 (Brasil, 2020). No entanto, pouco se trata da população rural, e não são consideradas as populações rurais difusas nesta legislação.

A universalização do saneamento é um grande desafio em todas as regiões, especialmente em áreas de população difusa e regiões semiáridas. A região semiárida brasileira é composta por 1.262 municípios, divididos nos nove estados da região Nordeste e no norte de Minas Gerais, ocupando em sua totalidade 12% do território nacional (1,03 milhão de km²). O semiárido brasileiro abriga aproximadamente 28 milhões de habitantes divididos entre zonas urbanas (62%) e rurais (38%), sendo considerado um dos semiáridos mais povoados do mundo (INSA, 2022).

De acordo com a ASA (2019), no meio rural da região semiárida, há mais de 9,6 milhões de pessoas, que significa 36,88% da população de todo o Semiárido. São agricultores e agricultoras familiares, quilombolas, povos indígenas, comunidades tradicionais, e diversas outras identidades e formas de organização que tornam o Semiárido o território mais habitado no meio rural brasileiro.

Para delimitação do Semiárido são utilizados alguns critérios como: a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50, e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (ASA, 2019).

O avanço em saneamento tem impactos significativos na saúde da população. Através do acesso aos serviços de saneamento básico, como abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, por exemplo, é possível minimizar as internações por doenças de veiculação hídrica e proporcionar um ambiente mais saudável para os cidadãos.

Embora o saneamento básico compreenda quatro tipos de serviços (abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo de águas pluviais), no saneamento rural geralmente o foco está no abastecimento de água e no esgotamento sanitário. Por isso, no decorrer desta pesquisa, essas duas serão as principais áreas do saneamento abordadas.

O meio rural é caracterizado por populações com menor acesso às medidas de saneamento, com 25% de sua população vivendo em extrema pobreza (Resende; Ferreira; Fernandes, 2018). Apesar da necessidade da população rural ter acesso ao saneamento adequado, as companhias de abastecimento de água e coleta de esgoto, responsáveis pelo serviço nas grandes cidades, não são capazes de fornecer estes serviços ao meio rural, devido a diversas razões, como: inviabilidade econômica, alto investimento e baixo índice de retorno financeiro. Dessa forma, investimentos em políticas públicas de saneamento que aplicam modelos de autogestão ganham destaque no Nordeste brasileiro (Rodrigues, 2022).

Como alternativa para o saneamento rural, tem-se implantado no Nordeste um modelo de gestão compartilhada cuja concepção aconteceu no Estado do Ceará: o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR). Além do Ceará, o SISAR já foi implementado em outros Estados como Bahia e mais recentemente em Pernambuco. O objetivo do sistema é ampliar de forma eficiente o acesso ao saneamento rural (abastecimento de água e esgotamento sanitário) a um custo baixo para seus beneficiários, garantindo sustentabilidade aos sistemas.

Diante do exposto, a presente pesquisa visa analisar a relação entre os indicadores de saúde pública e de saneamento básico nos municípios do SISAR Moxotó, que corresponde à primeira unidade do SISAR no Estado de Pernambuco.

#### 1.1 Justificativa

O saneamento divide o campo de atuação entre as áreas urbanas e rurais, sendo que cada um deles possui especificidades que exigem ações diferentes. O saneamento urbano envolve ações mais coletivas, uma vez que as aglomerações urbanas ou periurbanas apresentam alto índice demográfico e proximidade entre as residências. Já a realidade do saneamento rural compreende uma população difusa, pequenas comunidades e, geralmente, grandes distâncias entre as unidades residenciais e dificuldade de acesso, exigindo estratégias e ações mais individuais de

saneamento (Da Cruz *et al.*, 2020). Sendo assim, o saneamento rural apresenta inúmeros desafios que precisam ser vencidos para se chegar à universalização do serviço, principalmente para as comunidades rurais difusas.

Paralelamente, existe uma relação muito forte do saneamento com a saúde ambiental. O saneamento desempenha um importante papel na prevenção de doenças e promoção da saúde da população, já que compromete o ciclo vital de agentes causadores de doenças e capacita a comunidade para atuar na melhoria da qualidade de vida e saúde (Kolling Neto *et al.*, 2017).

Na história do saneamento no Brasil, as demandas de áreas mais urbanizadas e economicamente viáveis sempre receberam uma atenção maior do poder público. De acordo com o Programa Nacional de Saneamento Rural, as demandas de saneamento dos domicílios rurais do País passaram a ganhar mais visibilidade e revelaram diversas situações de precariedade ou ausência de atendimento, além de seus impactos negativos sobre a saúde da população (Brasil, 2019a).

Dessa forma, nas comunidades rurais, a promoção das condições de vida dos indivíduos encontra-se intrinsecamente relacionada com a qualidade do saneamento ambiental e dos recursos disponíveis em seu ambiente. A deficiência no saneamento básico, que se evidencia pela ausência de coleta e tratamento de resíduos sólidos e líquidos, e oferta de água tratada, além do combate ineficiente aos vetores de doenças, é um dos grandes contribuintes para a ocorrência de doenças infecciosas e deterioração ambiental (Kolling Neto *et al.*, 2017).

O saneamento básico está intimamente ligado à saúde pública. Desde a formulação da "Política de Saúde integral", o saneamento ambiental foi incluído como determinante da condição de saúde, um dos elementos mais estratégicos de todos (Brasil, 2019a). A Organização Mundial da Saúde (OMS) indica que para cada R\$1,00 investido em saneamento há uma economia de R\$4,00 em saúde pública (Prolagos, 2021).

Este estudo se justifica pela contribuição empírica à academia sobre possíveis evidências relativas ao impacto da implantação do SISAR na qualidade de vida e saúde pública da população, através da análise da relação entre saúde e saneamento, dando continuidade à literatura sobre os efeitos da adoção de políticas públicas no setor de saneamento brasileiro.

No contexto do Estado de Pernambuco, a área de estudo escolhida para esta pesquisa são os municípios do primeiro Sistema Integrado de Saneamento Rural implantado e com obras concluídas no Estado, ou seja, o SISAR Moxotó.

Em Pernambuco, o SISAR foi implantado apenas no ano de 2021. Como o tema é novo no Estado, ainda há poucas pesquisas sobre o SISAR em Pernambuco. Com o intuito de compreender o impacto desse sistema na saúde da população atendida, foi definido como objeto deste trabalho a análise da relação entre os indicadores de saúde pública e de saneamento básico no âmbito do SISAR Moxotó em Pernambuco.

### 1.2 Objetivos

Nesta seção são apresentados os objetivos geral e específicos que norteiam e direcionam o presente trabalho.

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar a relação entre os indicadores de saúde pública e de saneamento básico no âmbito do SISAR Moxotó em Pernambuco.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar soluções viáveis para o saneamento rural no mundo e no Brasil presentes na literatura, principalmente nas regiões rurais e semiáridas;
- Elaborar um diagnóstico da área de estudo, em termos ambientais, socioeconômicos, de saneamento básico e de saúde pública;
- Avaliar a situação do SISAR Moxotó in loco, através de visita às comunidades atendidas.

### 1.3 Estrutura do trabalho

Os elementos textuais desse trabalho foram organizados em cinco capítulos, sumariamente descritos a seguir.

No presente capítulo (Capítulo 1) são apresentados a introdução, a contextualização e justificativa do tema escolhido, o objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa, e a estrutura do trabalho.

No capítulo seguinte (Capítulo 2) é exposto todo o referencial teórico da pesquisa, este capítulo é subdividido em várias seções contendo assuntos relevantes acerca do tema estudado. Inicialmente, é apresentado um panorama do saneamento rural no mundo, seguido do mesmo panorama para o Brasil, Nordeste e Pernambuco. Na seção 2.3, trata-se dos aspectos legais do saneamento rural no Brasil e em seguida são descritos os modelos de gestão de saneamento rural e a criação do SISAR em Pernambuco. O capítulo termina com a apresentação da relação entre saneamento básico e saúde pública.

O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada para desenvolvimento da pesquisa, dividida em etapas que contemplam a revisão da literatura e análise documental, a seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico, a caracterização e diagnóstico da área de estudo, a visita em campo, e a análise estatística da relação dos indicadores.

No Capítulo 4 são explicitados os resultados do presente estudo, de forma a atender todos os objetivos. Por fim, no último capítulo (Capítulo 5), são apresentadas as considerações finais, incluindo as conclusões que se obteve da dissertação.

### 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta os conceitos relevantes encontrados na literatura que servem como base teórica para o trabalho, abordando os seguintes temas: panorama do saneamento rural no mundo e no Brasil; aspectos legais do saneamento rural; modelos de gestão de saneamento rural; SISAR em Pernambuco; e relação entre saneamento básico e saúde pública.

### 2.1 Saneamento rural no mundo

No Dia Mundial da Água em 2023, a UNESCO lançou o novo relatório na abertura da Conferência da ONU sobre Água, apontando que mais de um quarto das pessoas em todo o mundo (46% da população) sofrem com a falta de água potável. Em um planeta com oito bilhões de habitantes, cerca de 26% da população global não tem acesso à água potável, ou seja, dois bilhões de pessoas, e 46% dos habitantes não possuem serviços de saneamento seguros, o equivalente a 3,6 bilhões de pessoas (WWAP, 2023).

Marks *et al.* (2018) apontam que as áreas rurais são as mais atingidas nesta questão, especialmente aquelas localizadas em países menos desenvolvidos. Os assentamentos rurais geralmente estão localizados em áreas remotas, tornando a expansão dos serviços de água existentes ou a criação de serviços de águas locais uma operação inviável, se as melhores práticas não forem executadas.

Segundo Zuin *et al.* (2019), no mundo, 892 milhões de pessoas praticam a defecação a céu aberto e a maioria delas vive em áreas rurais do Sul da Ásia e da África Subsaariana. Nos últimos vinte anos, o progresso econômico, juntamente com os esforços de organizações de desenvolvimento e governos, reduziu consideravelmente a defecação a céu aberto em muitas regiões no planeta. Entre 2000 e 2015, a defecação a céu aberto diminuiu de 42% para 32% na África Subsaariana rural, de 68% para 43% na Ásia Central e Meridional e de 29% para 11% na América Latina.

Na China, de acordo com Hu *et al.* (2016), existem cerca de 700 milhões de residentes rurais, dos quais 90% não têm sistemas de esgotos que cumpram as exigências ambientais, e cerca de um quarto nem sequer possui banheiros de acordo com os padrões modernos. A rápida

urbanização nas áreas rurais da China vem obrigando o Governo a tomar algumas medidas para proporcionar um serviço mais moderno de saneamento para a população rural.

Coffey, Spears e Vyas (2017) apontam que 60% da defecação a céu aberto no mundo ocorre na Índia. Embora a prática da defecação a céu aberto esteja diminuindo constantemente em muitos outros países do mundo, esta prática é persistente na Índia. O declínio da taxa de defecação a céu aberto na Índia é tão lento que, todos os anos, aumenta a fração da defecação a céu aberto do mundo que pertence a Índia. De acordo com o Censo de 2011 do referido país, 90% da defecação a céu aberto na Índia ocorre em áreas rurais.

Um estudo do banco mundial de 2013 apresenta que, na Indonésia, das quatro causas mais importantes de mortalidade de crianças menores de cinco anos, duas (diarreia e febre tifóide) são doenças de transmissão fecal diretamente ligadas ao abastecimento inadequado de água, saneamento e problemas de higiene. Neste país, cerca de 11% das crianças têm diarreia em qualquer período de duas semanas e estima-se que mais de 33.000 crianças morrem anualmente de diarreia e 11.000 de febre tifóide. Estima-se que 110 milhões de pessoas na Indonésia não tenham acesso ao saneamento adequado. Destes, 63 milhões praticam defecação a céu aberto (Cameron; Shah; Olivia, 2013).

Em janeiro de 2007, o Programa de Água e Saneamento (WSP) lançou o programa *Scaling Up Rural Sanitation* para abordar as precárias condições de saneamento de grandes populações rurais no mundo em desenvolvimento. Com o apoio técnico do WSP, os governos locais e nacionais estão implementando o programa em três países: Indonésia, Índia e Tanzânia (Cameron; Shah; Olivia, 2013).

Ainda segundo os mesmos autores, o programa *Scaling Up Rural Sanitation* concentra-se em aprender como combinar as abordagens de *Community-Led Total Sanitation* (CLTS), comunicações de mudança de comportamento e marketing social de saneamento para gerar demanda de saneamento e fortalecer a oferta de produtos e serviços de saneamento em escala, levando a uma melhoria na saúde das pessoas nas áreas rurais. O projeto também busca apoiar os esforços do Governo para desenvolver ambientes propícios para reformar políticas e instituições setoriais com o objetivo de criar programas sustentáveis de larga escala.

O Community-Led Total Sanitation (CLTS), traduzido como Saneamento Total Liderado pela Comunidade, é uma das intervenções comportamentais mais amplamente implantadas, representando uma mudança de paradigma na redução das pessoas que praticam defecação a céu aberto. O CLTS baseia-se na mudança comportamental e na autoaplicação da comunidade para acabar com a defecação a céu aberto e promover a construção de latrinas, muitas vezes com materiais e *know-how* disponíveis localmente (Zuin *et al.*, 2019).

Desde a sua origem em Bangladesh, em 1999, o CLTS espalhou-se por todo o mundo e está implementado em pelo menos 59 países da Ásia, África e América Latina. Entre estes, 31 países adotaram o CLTS como parte da sua estratégia ou política nacional oficial para o saneamento rural. O *Community-Led Total Sanitation* alavanca motivadores emocionais como repulsa, medo, vergonha, orgulho e dignidade para mobilizar as comunidades a acabar com a defecação a céu aberto e construir suas próprias instalações sanitárias (Zuin *et al.*, 2019).

Nas áreas rurais da Indonésia, o CLTS aumentou modestamente a taxa de construção de banheiros e reduziu a tolerância da comunidade à defecação a céu aberto. Além disso, houve uma diminuição associada nas infestações por lombrigas. Embora a taxa de construção de banheiros tenha aumentado cerca de quatro pontos percentuais entre as famílias menos pobres, as mais pobres não construíram banheiros, destacando a importância de fornecer financiamento ou subsídios às famílias pobres no intuito de reduzir a defecação a céu aberto (Cameron; Olivia; Shah, 2019).

#### 2.2 Saneamento rural no Brasil

O saneamento básico, definido pela Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais em quatro áreas: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais (Brasil, 2007). Sendo assim, o saneamento contribui para o bemestar da população, visto que o serviço é capaz de prevenir e reduzir diversos tipos de problemas de saúde.

Por este motivo, é extremamente importante o acesso universalizado ao saneamento básico. No entanto, o Brasil ainda tem um longo caminho pela frente para atingir essa meta. De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2022, 62,5% da população brasileira residia em lares

com acesso à rede de esgoto (IBGE, 2022). Esse número representa um aumento significativo em comparação aos 44,4% registrados em 2000 e aos 52,8% em 2010.

De acordo com o SNIS (2021), 55,8% dos brasileiros têm acesso a coleta de esgoto e 84,2% têm acesso a água tratada, sendo que a maior parte deste atendimento está concentrado nas áreas urbanas (93,5% da população urbana têm acesso a água e 64,1% têm acesso a coleta de esgoto). Se a questão do saneamento já é precária nas grandes cidades, na zona rural o problema é mais complexo ainda. Os dados apresentados são de 2021, pois os dados atualizados do SNIS de 2022 (Figura 1) apresentam apenas os indicadores de saneamento relacionados à população total, não há separação entre população urbana e rural.

Segundo a EMBRAPA (2022), o Brasil possui cerca de 31 milhões de habitantes morando na área rural e comunidades isoladas. Desta população, apenas 22% têm acesso a serviços adequados de saneamento básico. Por consequência, aproximadamente 24 milhões de brasileiros ainda sofrem com o grave problema da falta de saneamento básico. Em relação ao abastecimento de água, 65% das residências rurais captam a água em poços e nascentes inúmeras vezes contaminados (SENAR, 2019).

O abastecimento de água em áreas rurais é precário em todo país, principalmente na região semiárida. Os longos períodos de secas com baixos índices pluviométricos e alta taxa de evapotranspiração, resultam no déficit hídrico da região, tornando indispensável a atuação de políticas públicas que forneça à população rural soluções eficientes de fornecimento de água potável de forma a garantir a sobrevivência e o sustento do homem no campo (Rodrigues, 2022).

Nesse contexto, para Rodrigues *et al.* (2022), o atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, especialmente os relacionados com água potável e saneamento, como o ODS 6, dependem fortemente de ações amplas e políticas públicas que abordem conjuntamente os outros ODS, tais como a implementação de inovação e tecnologia para infraestruturas de abastecimento de água, tratamento de água e efluentes (ODS 9), bem como a implementação de ações para cidades mais sustentáveis nas condições desafiadoras de um clima semiárido (ODS 11).

Visando garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para toda a população até 2030, o Objetivo Nº 06 está intimamente ligado ao desenvolvimento e promoção do saneamento rural, objeto deste estudo (ONU, 2018).

Apesar das coberturas de água e esgoto ter melhorado no Brasil nos últimos anos, conforme apresentado na Figura 1, esses índices ainda indicam que milhões de brasileiros seguem sem acesso aos serviços básicos de saneamento (ITB, 2022).

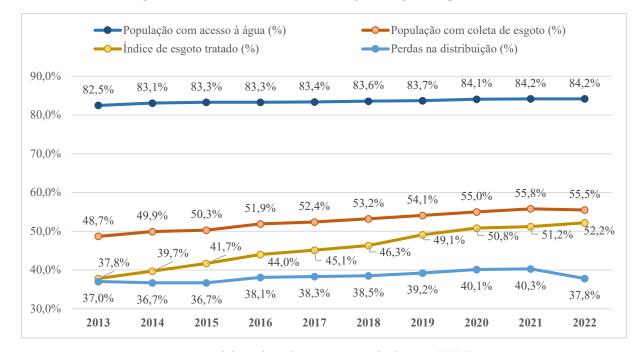


Figura 1 - Evolução dos serviços de água e esgoto no país (em %)

Fonte: Elaborado pela autora a partir de ITB (2022).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (Brasil, 2019b) apresenta uma caracterização do déficit em saneamento básico no Brasil que vai além da abrangência da infraestrutura de serviços implantada, considerando a qualidade das soluções empregadas e os aspectos socioeconômicos e culturais. A Figura 2 ilustra a porcentagem da população por tipo de atendimento dos serviços de saneamento.

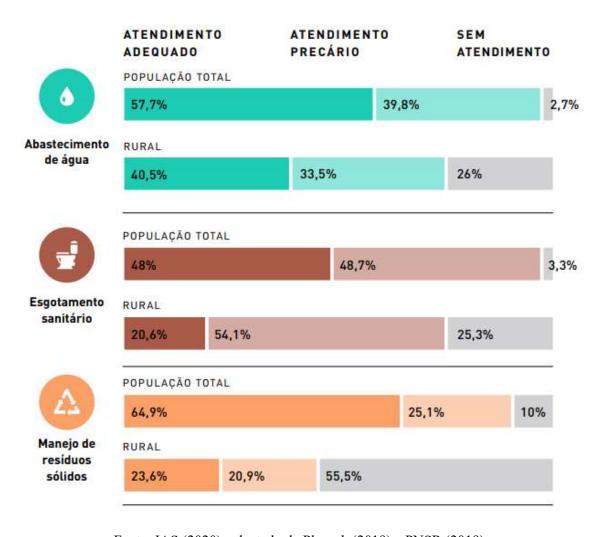


Figura 2 - População por tipo de atendimento dos serviços de saneamento (%)

Fonte: IAS (2020), adaptado de Plansab (2019) e PNSR (2019).

Passados três anos da aprovação do Novo Marco Legal do Saneamento Básico, em 15 de julho de 2020, o nível de investimento brasileiro na área ainda está muito abaixo do necessário para cumprir as metas de universalização estabelecidas pela legislação (Velasco, 2023). O estudo do Instituto Trata Brasil com a GO Associados, publicado em 12 de julho de 2023, aponta que o valor investido por ano em obras, serviços, investimentos e expansão dos serviços de água e de esgoto precisaria mais do que dobrar até 2033 para conseguir universalizar os serviços (Oliveira et al., 2023).

O estudo aponta que nos últimos cinco anos, a média anual de investimento no setor de saneamento básico foi de R\$ 20 bilhões. Assim, para conseguir universalizar água e esgoto para todos os brasileiros, esse valor precisaria ser de R\$44,8 bilhões por ano (Velasco, 2023).

O setor de saneamento no Brasil é marcado por fortes desigualdades regionais e déficits, especialmente quando se comparam as macrorregiões Norte e Nordeste com as demais regiões.

A região Nordeste do Brasil é formada por nove estados que ocupam cerca de 1.600.000 km², correspondente a 18% do território nacional. Sua população é de aproximadamente 55 milhões de habitantes. O clima prevalecente é o semiárido, caracterizando a região com menor índice de chuva do país e temperaturas elevadas e secas prolongadas no ano. O abastecimento de água acontece para 75,6% da população no Nordeste, enquanto o fornecimento de rede de esgoto para 30,9% (16,9 milhões) da população (ITB, 2022).

Segundo Lafayette (2021), a história das buscas da convivência com a seca do Nordeste está associada aos efeitos que esta provoca em diversas situações, como: perda das safras, instabilidade social notória do desemprego rural, quantidade e qualidade de água aquém do necessário para o abastecimento humano, migrações para ambientes urbanos, dentre outros. A Seca do Nordeste é característica de uma região conhecida como o "Polígono das Secas". Tornou-se assim reconhecida através da Lei 175/36 pelo fato de haver crises recorrentes de seca que resultam em calamidades nesta região (Brasil, 1936).

De acordo com Santos *et al.* (2022), a região Nordeste, em 2018, possuía 602 milhões de domicílios sem acesso a serviços de abastecimento de água, na área urbana. Na área rural, somente 56,6% dos domicílios eram abastecidos com água, por rede de distribuição, por poço ou nascente.

O Estado de Pernambuco conta com uma área territorial de 98.067,877 km² e população de 9.058.931 habitantes espalhados em 185 municípios (IBGE, 2022). Os índices de saneamento em algumas cidades de Pernambuco estão entre os piores do Brasil, conforme aponta o Ranking do Saneamento 2024, lançado pelo Instituto Trata Brasil com foco nos 100 maiores municípios do país. Entre as 20 piores cidades do país em saneamento, duas são pernambucanas (Oliveira; Scazufca; Sayon, 2024).

Em Pernambuco, 85,7% da população é atendida com abastecimento de água, enquanto somente 33,8% possuem coleta de esgoto em suas residências (ITB, 2022). Entre 2010 e 2022, é possível observar que o Estado avança lentamente no sentido da universalização do saneamento, conforme apresentado na Figura 3.

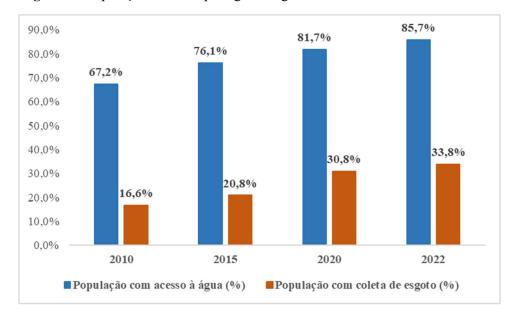
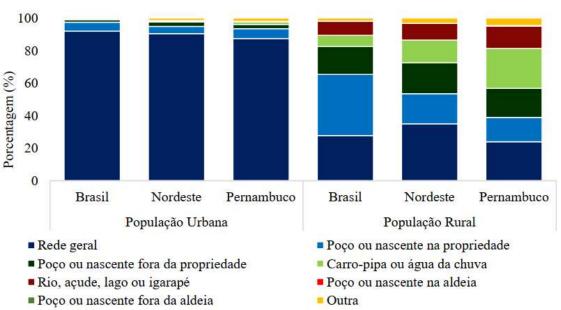


Figura 3 - População atendida por água e esgoto em Pernambuco de 2010 a 2022

Fonte: Elaborado pela autora a partir de ITB (2022).

Em resumo, na Figura 4, é possível observar a distribuição dos tipos de abastecimento de água segundo áreas urbanas e rurais no contexto nacional, regional e do Estado de Pernambuco. Os dados apresentados são do Censo Demográfico de 2010, pois apesar do Censo de 2022 ter sido divulgado, ainda não foram publicadas as informações relativas à população urbana e rural, apenas à população total.



**Figura 4 -** Porcentagem do tipo de abastecimento de água por localidade (país, região e estado) e área (rural ou urbana) segundo o Censo Demográfico 2010

Fonte: Rodrigues (2022).

Segundo os dados atualizados do Censo Demográfico 2022, em todo o Estado de Pernambuco, mais de 3,1 milhões de pessoas vivem sem saneamento básico, o que equivale a cerca de um terço da população. Em 65 cidades do Estado, mais da metade da população vive sem descarte adequado de esgoto. Em Pernambuco, o quadro mais preocupante se concentra em Manari, situado no Sertão e parte do SISAR Moxotó. Nesse município, 97% da população não têm acesso ao sistema de esgoto. A maior parte da população se vê obrigada a recorrer a fossas rudimentares ou até mesmo a utilizar buracos como alternativa (IBGE, 2022).

### 2.3 Aspectos legais do saneamento rural no Brasil

Quando se trata de saneamento básico no meio rural, é fundamental conhecer as leis, diretrizes e regras que tratam do tema. Nesse sentido, o Brasil conta com uma Política Nacional de Saneamento Básico específica para o meio rural, sintetizada no Plano Nacional de Saneamento Rural, que estabelece as condições adequadas para o abastecimento de água para o consumo, tratamento de efluentes e reuso de água para a produção, manejo e destinação de resíduos sólidos (lixo), além de regras para a implantação de sistemas de esgotamento sanitário nas áreas rurais, com o propósito de proteção da saúde pública e do meio ambiente (Brasil, 2019b).

A Lei nº 11.445, de 2007, estabelece as diretrizes nacionais e a política federal para o saneamento básico. Ainda, determina seus princípios fundamentais, entre os quais (Brasil, 2007):

- universalização do acesso ao saneamento básico;
- saneamento básico entendido como: "abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente; {...}"
- "utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários {...}", ou seja, considerando a limitação de recursos da população rural.

Além de trazer definições importantes, conforme apresentado, esta lei também estabelece diretrizes nacionais e princípios fundamentais para a universalização do acesso ao saneamento, proposta esta que passa, necessariamente, pelo equacionamento da situação das comunidades isoladas (Tonetti *et al.*, 2018).

A regulamentação da lei do saneamento básico foi realizada através do Decreto nº 7.217, de 2010, que estabelece, em seu Artigo 24, que o processo de planejamento do saneamento básico envolve, entre outros, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), elaborado pela União (Brasil, 2010).

O Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, aprovado em 2013, incorpora uma abordagem de planejamento completamente focada em uma visão estratégica de futuro. Com base no panorama do saneamento no país, o PLANSAB determina que a sua operacionalização ocorra a partir da formulação de três programas (Brasil, 2019b):

- Saneamento Básico Integrado: que corresponde aos investimentos em áreas urbanas dos quatro eixos do saneamento básico e deve ser coordenado pelo Ministério das Cidades;
- Saneamento Rural: que contempla todas as intervenções em áreas rurais e deve ser coordenado pelo Ministério da Saúde e pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA);
- Saneamento Estruturante: que visa a dar suporte técnico à gestão e também deve ser coordenado pelo Ministério das Cidades.

No ano de 2014, a FUNASA, como representante do Ministério da Saúde, iniciou o processo de planejamento da formulação do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) e delineamento de uma primeira estrutura documental, tomando como referência as diretrizes do PLANSAB para o saneamento rural. Em 2015, foi firmada uma parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para o desenvolvimento de estudos relativos ao panorama do saneamento rural no Brasil e detalhamento do PNSR, incluindo as bases para sua gestão, no nível federal de Governo (Brasil, 2019a).

Os objetivos do PNSR, publicado em 2019, são voltados para a promoção e o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais, com vistas à universalização do acesso, baseada em princípios de equidade, integralidade, intersetorialidade, sustentabilidade e participação social. Com base na premissa "o saneamento não deve ter fronteiras, mas horizontes", o programa busca definir diretrizes e estratégias para ações em áreas rurais, que garantam a universalização do saneamento em um horizonte de 20 anos.

O novo marco legal do saneamento sancionado pela Lei nº 14.026/20 (Brasil, 2020), no entanto, não aborda qualquer incentivo à implantação de modelo de gestão em áreas rurais, mas

estabelece que a universalização do saneamento ocorra até o ano de 2033. Apesar disso, a Lei indica que a elaboração ou atualização dos planos regionais de saneamento básico devem levar em consideração os ambientes urbano e rural (Art. 13, Inciso III).

Dentre as mudanças trazidas pela Lei 14.026 de 15 julho de 2020, o marco legal vai extinguir contratos antigos sem licitação, regulando os novos contratos e obrigando as licitações. Além disso, a Lei inclui como princípio fundamental da prestação do serviço público de saneamento básico, a prestação regionalizada dos serviços, conforme citado no Artigo 3, visando a geração de ganhos de escala e a garantia de universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços. Essa regionalização pode, em suma, ser estruturada da seguinte forma: região metropolitana, aglomeração urbana ou microrregião; unidade regional de saneamento básico; e bloco de referência (Brasil, 2020).

Em abril de 2023 foram publicados pelo Governo Federal dois decretos: 11.466 (Brasil, 2023a) e 11.467 (Brasil, 2023b), que editam o marco legal do saneamento, permitindo às companhias públicas estaduais de saneamento atender municípios de regiões metropolitanas ou microrregiões sem a necessidade de licitação. Segundo Rittner (2023), esses decretos sofreram grandes críticas de investidores privados e reação dos oposicionistas, que aprovaram rapidamente um projeto de decreto legislativo (PDL) na Câmara dos Deputados para sustar os efeitos das novas regulamentações. O PDL chegou a ser pautado para votação no plenário do Senado, mas acabou saindo das discussões.

Em julho de 2023, houve a publicação de novos decretos regulamentadores do novo marco legal do saneamento básico que substituem os decretos anteriormente criticados. Por um lado, os novos decretos confirmam o recuo do Planalto em alguns pontos importantes, como a possibilidade de prestação direta (sem licitação) dos serviços de saneamento em regiões metropolitanas ou microrregiões. No entanto, em outro ponto polêmico o Governo não cedeu, foi mantido, para 31 de dezembro de 2023, o novo prazo para que as empresas de saneamento apresentassem comprovação de capacidade econômico-financeira para realizar investimentos bilionários no setor (Rittner, 2023).

### 2.4 Modelos de gestão de saneamento rural

O saneamento rural é essencial para a qualidade de vida no campo, para a saúde dos trabalhadores e a preservação do meio ambiente. Sob a ótica do desenvolvimento econômico, também é muito importante para o desenvolvimento sustentável do agronegócio. Levar saneamento para mais áreas rurais é um dos principais desafios do setor e encontrar modelos de gestão eficientes é uma das tarefas mais difíceis. Nos últimos anos, para ajudar nesses entraves, diversas entidades de diferentes setores (poder público, empresas, organizações não governamentais, entre outras) têm se esforçado para entender melhor essa questão e buscar soluções.

No Estado do Ceará foi necessário o desenvolvimento de um modelo de gestão específico para gerenciar pequenos sistemas na zona rural, por causa da necessidade de atendimento da população que ainda não possuía acesso à água tratada no Estado e também pelo número de ligações implantadas na zona rural. Devido a esta necessidade, surgiu, em 1996, o modelo comunitário federativo que, no Estado da Bahia, teve o nome de Central, e no Ceará o nome de Sistema Integrado de Saneamento Rural - SISAR, ambos com o mesmo formato institucional embora com nomes diferentes (ENAP, 2018).

O SISAR é um programa desenvolvido a partir de parceria inicial do Estado do Ceará, por meio da Companhia de Água e Esgoto Estado do Ceará (CAGECE), com o Banco alemão KREDITANSTALT fur WIEDERAUFBAU (KfW). Estabelecido oficialmente em 26/01/1996, ele visava inicialmente atender as comunidades rurais da bacia dos rios Acaraú e Coreaú (De Castro, 2015).

O modelo de gestão SISAR surgiu da necessidade de se conseguir que os sistemas implantados no Programa de Saneamento Básico Rural do Estado do Ceará pela CAGECE, chegassem pelo menos a sua vida útil projetada de 20 anos. Nesse contexto, em 1996 foi fundado o primeiro SISAR no Município de Sobral, contemplando a fundação de oito associações comunitárias: Missi, Camilos, Sapó, Aranaú, Preá, Furnalhão, Serrota e Panacuí. Dos 45 Sistemas de Abastecimento de Água e/ou Sistemas de Esgotamento Sanitário construídos pelo KfW, um total de 32 optou pelo modelo de gestão do SISAR (ENAP, 2018).

A Gerência de Saneamento Rural, denominada GESAR, foi criada em 1999 pela CAGECE com a responsabilidade de supervisionar e implementar políticas de saneamento rural autossustentáveis através do SISAR. A GESAR também colabora com concessões municipais, ampliando o atendimento, e implanta sistemas de abastecimento de água tratada em áreas rurais. Além disso, busca parcerias para análises de água a preços acessíveis, capacitação, manutenção de equipamentos e monitoramento do desempenho dos sistemas (Freitas *et al.*, 2015).

O grande diferencial do SISAR encontra-se diretamente ligado à criação da GESAR, pois esta gerência dispõe de suporte técnico, social e administrativo para os oito SISAR's. Em 2001 houve a replicação do modelo em todo Ceará, expandindo para oito bacias hidrográficas do Estado (ENAP, 2018).

O modelo de gestão SISAR tem como objetivo geral a gestão compartilhada com as associações comunitárias locais, visando garantir a operação e a manutenção de sistemas de abastecimento de água. Dentre os objetivos específicos, é possível citar:

- Garantia da operação dos sistemas de tratamento de água, através da manutenção, tratamento, pequenas ampliações, autogestão e auto sustentabilidade;
- Melhoria, de forma contínua, da qualificação dos técnicos envolvidos na gestão dos sistemas para garantir a correta operação e manutenção;
- Realização de ampliações e melhorias nos sistemas existentes, mediante parcerias; e
- Reabilitação de sistemas existentes para serem filiados ao SISAR, mediante parcerias.

Neste contexto, a população participa ativamente da gestão do modelo, através de decisões referentes à filiação, escolha do operador, taxa de operação e tarifa, por meio da Assembleia Geral e dos conselhos de Administração e Fiscal (ENAP, 2018). Um dos aspectos mais relevantes do Programa SISAR em comparação com outros programas de saneamento é o foco no empoderamento das comunidades. As iniciativas de empoderamento ligadas ao SISAR capacitaram os indivíduos a praticarem a gestão compartilhada, um requisito fundamental para a sustentabilidade dos sistemas e para diminuir a vulnerabilidade das populações envolvidas (Camargo, 2022).

Em todo país, a gestão de pequenos sistemas na zona rural é um desafio para as companhias de saneamento, sendo assim a experiência positiva do SISAR, através da CAGECE, tornou-se

referência para outros estados. Segundo ENAP (2018), esse resultado positivo do SISAR refletiu também na redução do Êxodo Rural, uma vez que o sistema fornece água de qualidade, serviços de saneamento básico, educação ambiental e sanitária e qualidade de vida, fazendo com que o morador da região rural retorne a sua origem.

#### 2.5 SISAR em Pernambuco

Em 23 de abril de 2021, o Governo de Pernambuco publicou a Instrução Normativa nº 001 que regulamenta, no âmbito da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (SEINFRA), o cadastro de vilas, distritos e comunidades rurais para fins de planejamento de ações de saneamento rural no Estado. Assim, o Governo do Estado terá os dados para traçar metas e objetivos na universalização do saneamento básico e será capaz de realizar estudos de modelos de gestão de sistemas rurais de abastecimento de água e esgotamento sanitário segundo as necessidades locais (Rodrigues, 2022).

Neste contexto e tendo como base o SISAR do Estado do Ceará, o Governo pernambucano, juntamente com a COMPESA que é responsável pelo apoio técnico, iniciou no Estado a implementação do modelo de autogestão de abastecimento de água em seu território. O SISAR Pernambuco tem o objetivo de continuar o desenvolvimento e universalização do saneamento rural no Estado. Uma das propostas iniciais de divisão do SISAR PE em setores está evidenciada na Figura 5, onde pode-se dividir o SISAR em onze setores: o SISAR São Francisco, SISAR Sertão Central e Araripe, SISAR Pajeú, SISAR Alto Pajeú, SISAR Moxotó, SISAR Agreste Meridional, SISAR Agreste Setentrional, SISAR Agreste Central, SISAR Russas, SISAR Mata Norte e SISAR Mata Sul (Rodrigues, 2022).

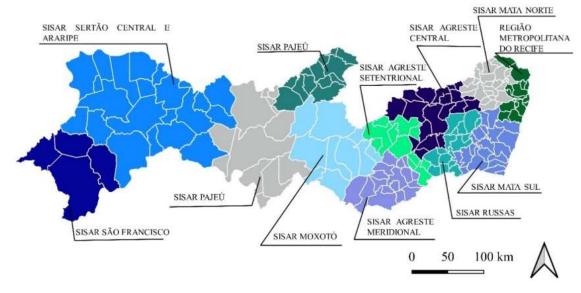


Figura 5 - Proposta inicial dos setores do SISAR Pernambuco

Fonte: Rodrigues (2022).

Em abril de 2021, o Estado instituiu o SISAR Moxotó. Na época, a implantação de novos sistemas simplificados de abastecimento contaria com investimentos de aproximadamente R\$ 40 milhões, o qual contemplaria, ao todo, dez municípios: Arcoverde, Custódia, Ibimirim, Manari, Sertânia, Buíque, Itaíba, Pedra, Tupanatinga e Venturosa. De forma gradual, a intenção era beneficiar cerca de 30 mil pessoas de mais de 600 localidades. O SISAR Moxotó funciona como uma startup incubada na Gerência Regional da COMPESA de Arcoverde, possuindo estatuto social e CNPJ, e também conta com protocolo de intenção para cooperação técnica assinado pela SEINFRA, SDA e a COMPESA (SEINFRA, 2021).

Ao longo de 2021, foram instituídos pelo Governo de Pernambuco dois Sistemas Integrados de Saneamento Rural: o SISAR Moxotó, beneficiando cidades do Sertão e Agreste Meridional; e o SISAR Alto Pajeú que contempla 13 municípios. A partir de 2023, já foram constituídos formalmente o SISAR do Sertão do São Francisco e o SISAR Sertão Central e Araripe, porém ainda não iniciaram operação. Atualmente, o SISAR Mata Sul e o Agreste Central estão em fase de mobilização para iniciar o processo de organização. Inicialmente, o Estado vai priorizar 6 SISARs: Moxotó, Alto Pajeú, Sertão Central e Araripe, Sertão do São Francisco, Mata Sul e Agreste Central, representados na Figura 6 (Pernambuco, 2023).

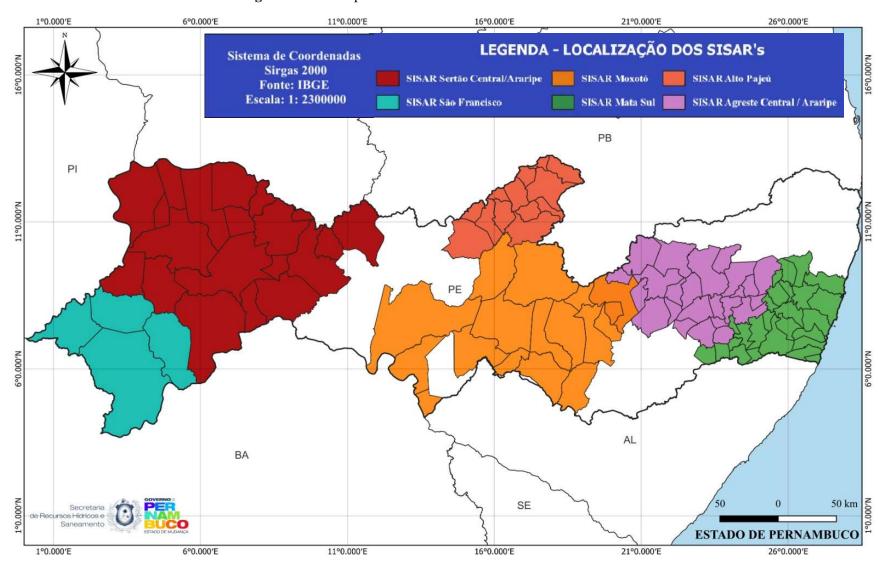


Figura 6 - Setores prioritários do SISAR em Pernambuco

Fonte: Pernambuco (2023).

O Governo do Estado de Pernambuco, através da Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento (SRHS), COMPESA e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA) trabalha para ampliar gradualmente o acesso aos serviços de água e esgotamento sanitário para as famílias residentes em pelo menos 7.200 comunidades rurais e uma população de cerca de 2,3 milhões de pernambucanos que residem na zona rural e lá desejam permanecer (Pernambuco, 2023).

Para mapear os novos sistemas a serem implantados no SISAR, foi realizado junto aos municípios um cadastramento e o mapeamento das áreas rurais em plataforma online exclusiva para a ação. Na região correspondente ao SISAR Moxotó há 1020 comunidades localizadas na zona rural, das quais 912 já estão cadastradas pelo Governo do Estado (Pernambuco, 2023).

O SISAR Moxotó, Sistema Integrado de Saneamento Rural da Região do Moxotó, instituído no primeiro semestre de 2021, inicialmente contemplava as áreas rurais de 10 municípios do Estado de Pernambuco, nomeadamente: Arcoverde, Buíque, Custódia, Ibimirim, Itaíba, Manari, Pedra, Sertânia, Tupanatinga e Venturosa. Após sucessivas assembleias, o número de municípios contemplados aumentou para 17, onde foram adicionados Águas Belas, Alagoinha, Floresta, Inajá, Jatobá, Petrolândia e Pesqueira, conforme é apresentado na Figura 7 (SISAR Moxotó, 2023).

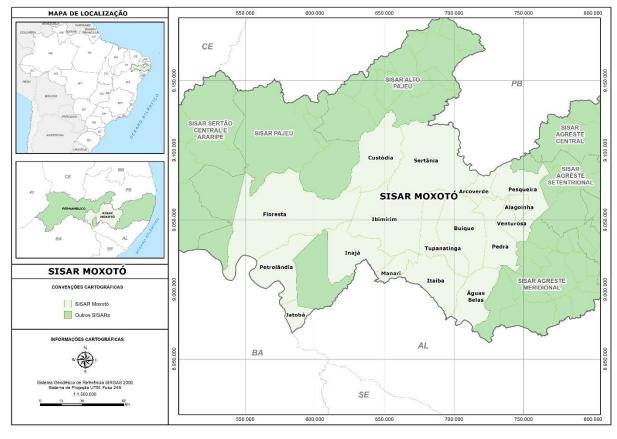


Figura 7 - Municípios do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de SISAR Moxotó (2023).

## 2.6 Relação entre saneamento básico e saúde pública

Em 2015, 2,3 bilhões de pessoas no mundo não tinham acesso aos serviços de saneamento básico, com 860 milhões utilizando instalações não adequadas e outros 890 milhões a praticarem defecação a céu aberto (WHO; UNICEF, 2019). Em 2012, o impacto direto para saúde global resultante desses serviços inadequados foi estimado em mais de 840 mil mortes anuais por doenças diarreicas (Prüss-Ustün *et al.*, 2014).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que anualmente 15 mil pessoas morram e 350 mil sejam internadas no Brasil devido a doenças ligadas à precariedade do saneamento básico. Diversas doenças são agravadas devido ao contato com ambientes insalubres. A diarreia é a segunda maior causa de mortes em crianças abaixo de 5 anos de idade, segundo a Unicef – Fundo das Nações Unidas para a Infância. Dados da OMS revelam que 88% das mortes pela doença no mundo são causadas pelo saneamento inadequado, sendo as crianças as mais afetadas com 84% (Lemos, 2020).

Segundo indicadores do "Atlas de Saneamento" (IBGE, 2021), entre as mortes ocorridas apenas por doenças infecciosas e parasitárias no Brasil, as doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) representam 21,7% dos óbitos no período de 2008 a 2019. As regiões Centro-Oeste (42,9%) e Nordeste (27,1%) são as que registraram os percentuais mais elevados. Neste período, foram notificados no Brasil 11.881.430 casos de DRSAI, com 4.877.618 internações no Sistema Único de Saúde (SUS). As principais causas de morte foram Doença de Chagas, diarreia e disenteria, que corresponderam a quase 81,5% dos óbitos.

Mwendera (2006) realizou uma avaliação da cobertura do abastecimento de água e saneamento rural no país africano Eswatini, antiga Suazilândia, em 2004/2005, e notou que um dos impactos da melhoria do abastecimento de água e da cobertura de esgoto nas zonas rurais foi a redução da incidência de doenças relacionadas com a água. Embora os dados disponíveis na pesquisa não forneçam evidências conclusivas, há algumas indicações de uma tendência decrescente na proporção de doenças, como a diarreia, no país estudado. De acordo com o Ministério da Saúde e Bem-Estar Social, houve uma diminuição geral de cerca de 17% em todos os tipos de diarreia para todas as idades de 2001 a 2002 no Eswatini.

A garantia de acesso à água tratada e práticas de higiene são fundamentais para prevenir e combater doenças decorrentes da falta de saneamento adequado. Essas enfermidades incluem diarreias, doenças dermatológicas, leishmanioses, malária, doença de Chagas, esquistossomose, lepra, febre tifoide, febre paratifoide, cólera, hepatite A, amebíase, giardíase, leptospirose, ancilostomíase (amarelão), ascaridíase (lombriga), teníase, cisticercose, filariose (elefantíase), dengue e mais recentemente zika e Chikungunya (Resende; Ferreira; Fernandes, 2018).

No que concerne à saúde pública, vale ressaltar a importância do ODS 3, definido pela ONU na Agenda 2030, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Dentre as metas ligadas a este Objetivo, pode-se destacar a 3.3 que propõe combater a hepatite, doenças transmitidas pela água, e outras doenças transmissíveis até 2030.

De acordo com Souza (2007), além de objetivar a redução de morbidades por diarreia e da contaminação de recursos hídricos, o saneamento contribui para que ocorram mudanças na situação de vida dos cidadãos e de seu ambiente.

#### 3 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório. Segundo Andrade (2010), a pesquisa bibliográfica tanto pode ser um trabalho independente como constituir-se no passo inicial de outra pesquisa. Esta compreende oito fases distintas: escolha do tema, elaboração do plano de trabalho, identificação, localização, compilação, fichamento, análise, e interpretação e redação das informações e ideias mais importantes de um texto (Marconi; Lakatos, 2017).

Conforme Trivinos (1987), a pesquisa exploratória busca aprofundar os estudos a respeito de um tema, a partir da elaboração de uma hipótese com o intuito de aumentar a experiência do investigador e proporcionar uma maior proximidade com o assunto abordado. Os estudos exploratórios possibilitam um aumento do conhecimento ao pesquisador acerca do assunto escolhido e com isso auxilia na criação de novas hipóteses e na formulação mais precisa de problemas.

A pesquisa bibliográfica realizada teve o intuito de identificar a situação atual do saneamento rural no mundo, no Brasil, no Nordeste e em Pernambuco. Além disso, foram pesquisados os aspectos legais do saneamento rural e levantados pontos acerca do modelo de gestão SISAR, principalmente no contexto pernambucano.

De forma a atender aos objetivos do estudo, foram analisadas as alternativas existentes de implantação do saneamento rural e seus impactos na saúde pública, com maior ênfase no estudo de caso dos municípios do SISAR Moxotó, onde foi realizada uma visita em campo para maior assertividade na verificação a ser realizada.

A análise da relação entre os indicadores de saúde pública e saneamento básico nos municípios do SISAR Moxotó foi realizada através de parâmetros e indicadores previamente escolhidos. Após a coleta e análise dos dados secundários, foram utilizados métodos estatísticos, de modo a subsidiar a conclusão da pesquisa.

A abordagem metodológica adotada é qualitativa e quantitativa, ou seja, permite tanto analisar e interpretar questões mais complexas, se concentrando em dados não numéricos, como também

é possível utilizar-se de amostras amplas e informações numéricas. Na Figura 8 são apresentadas as etapas para o desenvolvimento da pesquisa.

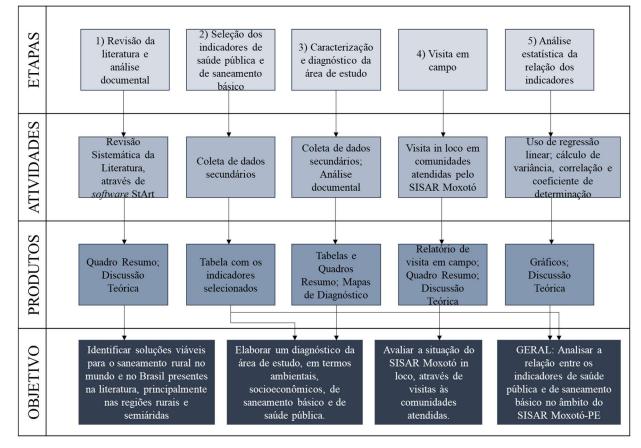


Figura 8 - Etapas da metodologia adotada

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

#### 3.1 ETAPA 1: Revisão da literatura e análise documental

A revisão da literatura consiste em um processo minucioso de busca, seleção, análise e síntese de trabalhos acadêmicos, artigos científicos, livros e outras fontes relevantes que abordem o tema de interesse da pesquisa. Ela desempenha um papel muito importante nas etapas do desenvolvimento de um estudo, trazendo inúmeros benefícios para o pesquisador e para a qualidade do trabalho.

Nesta pesquisa, além da revisão da literatura ter permitido o entendimento de como a área de saneamento rural evoluiu ao longo do tempo e quais foram os principais avanços teóricos e práticos, ela contribuiu para evitar a redundância e para identificar lacunas ou temas pouco

explorados, como é o caso do SISAR em Pernambuco, possibilitando, assim, que a presente pesquisa contribua com algo novo e relevante.

A análise documental foi usada como fonte de informação atualizada, confiável e relevante. Como o SISAR Pernambuco é bastante recente, há poucas informações publicadas disponíveis para população ou veiculadas nos meios de comunicação. Dessa forma, foi indispensável a complementação da revisão da literatura através da pesquisa de documentos disponibilizados pelas secretarias e órgãos do Estado responsáveis pela implantação do SISAR em Pernambuco.

Esta etapa foi fundamental para o atendimento de um dos objetivos específicos da pesquisa que consiste em identificar soluções viáveis para o saneamento rural no mundo e no Brasil, principalmente nas regiões rurais e semiáridas.

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) consiste em um procedimento de investigação científica que classifica, examina e elucida a totalidade dos estudos relevantes, disponíveis e relacionados com a questão da pesquisa. A RSL é reconhecida por ser metódica, transparente e replicável (Siddaway; Wood; Hedges, 2019).

Esta RSL teve como objetivo analisar e sintetizar a literatura existente sobre Saneamento Rural – Abastecimento de água para população rural difusa no semiárido, visando obter informações relevantes de diversos autores em diferentes partes do mundo sobre o tema. Foi observada a necessidade de ser realizada uma Revisão Sistemática devido à existência de lacunas de estudos sobre esse assunto e para dar fundamento teórico ao presente trabalho.

Para auxiliar no desenvolvimento da RSL, foi usada a ferramenta StArt (LAPES, 2022), que é um software gratuito desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UfScar, com foco específico em dar suporte à RSL.

A ferramenta abrange três etapas essenciais da RSL (planejamento, execução e publicação dos resultados). O usuário da ferramenta define o protocolo da RSL, informando dentre outros parâmetros: palavras-chave, formato dos dados a serem coletados e os critérios para seleção dos trabalhos acadêmicos e fontes de pesquisa. Em seguida, o usuário informa os termos para que seja realizada a busca nas bases de dados, e anexa os arquivos resultantes da exportação dos resultados.

Após, é possível executar as tarefas de seleção dos artigos e de extração dos dados relevantes. Finalmente, é possível registrar, na própria ferramenta, um resumo da RSL em formato de texto livre. O software disponibiliza recursos de visualização de dados da revisão em forma de gráficos e arranjos visuais dos artigos conforme critérios de classificação informados pelo usuário.

Na etapa de planejamento (protocolo), foram preenchidos alguns itens como objetivo, pergunta principal, palavras-chave, idiomas dos estudos, fontes de pesquisa, critérios para inclusão ou exclusão de estudos, dentre outros.

- Objetivo: Sumarizar a literatura sobre saneamento rural, visando obter informações relevantes de diversos autores em diferentes partes do mundo sobre o tema, principalmente sobre abastecimento de água em regiões semiáridas.
- Pergunta principal: Como é feito o abastecimento de água para população rural difusa em outras regiões semiáridas do mundo?
- Paravras-chave: "Rural Sanitation", "Rural Water Supply Services", "Water Supply" e "rural population".
- Idiomas: inglês, português e francês.
- Fontes de pesquisa (base de dados): Scopus, Science Direct, Engineering Village e Web of Science.

Como critérios de inclusão, foram inseridos artigos que trazem exemplos de casos práticos de sucesso de saneamento rural em qualquer parte do mundo, artigos que tratam sobre abastecimento de água rural, e artigos com textos completos. Como critérios de exclusão, temse artigos que não estejam relacionados à área de Engenharia Civil, especificamente saneamento; e artigos sem metodologia bem detalhada.

Na etapa de execução, foi escolhida a *string* de busca utilizada para a pesquisa nos quatro bancos de dados: "Rural Sanitation" AND "Water Supply", e inseridos os arquivos resultantes da exportação dos resultados das bases de dados na ferramenta StArt. Ainda na execução, foram selecionados e extraídos os estudos pertinentes.

Os dados incluídos na revisão sistemática foram extraídos independentemente e, em seguida, comparados e discutidos. O procedimento adotado neste estudo foi baseado nas diretrizes do

modelo PRISMA, *Preferred Reporting of Sysrematic Reviews and Meta-Analyses* (Page *et al.*, 2021), que foi utilizado para sintetizar o resultado desta RSL. Informações sobre autoria, ano de publicação do documento, local de estudo, resumo das informações apresentadas foram analisados. Os resultados são apresentados na seção 4.1.

## 3.2 ETAPA 2: Seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico

Em saúde pública, há uma hierarquia de conceitos: o dado é a unidade primária que, ao ser trabalhada, produz um indicador; este, ao ser analisado, gera informação que, ao ser interpretada, gera conhecimento. O conhecimento precisa ser disseminado por processos de comunicação adequados e eficientes para influenciar a tomada de decisão em saúde e produzir uma ação. Este ciclo de produção de evidências que termina na ação adotada em saúde pública é a base do que se denomina "saúde pública baseada em evidências" (OPAS, 2018).

Através dos indicadores, pode-se descrever e monitorar a situação de uma população no que tange a saúde pública e o saneamento básico. Nesta etapa, foram selecionados indicadores tanto para compor o diagnóstico da área de estudo quanto para realizar a análise estatística da relação entre eles. Para a primeira atividade, é importante buscar-se dados mais atualizados possíveis, enquanto para o desenvolvimento da segunda atividade, é interessante dispor de uma série de dados de mais de 15 anos.

Nesse contexto, foi realizada uma pré-seleção dos dados de saúde pública no âmbito das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), apresentadas no Quadro 1. Por meio de pesquisa na plataforma do DATASUS, foi possível extrair dados de internações por diversas doenças no âmbito dos municípios, como: diarreia, hepatite A, etc (Brasil, 2024). Entretanto, como geralmente em saúde pública é comum subnotificação, nem todas as doenças listadas no Quadro 1 foram encontradas nos municípios do SISAR Moxotó. Assim, foram selecionados os indicadores com disponibilidade dos dados na área em estudo.

Além disso, foram consultados os indicadores voltados à saúde pública na plataforma do IBGE: Cidades e Estados (IBGE, 2024). Já os indicadores de saneamento selecionados, principalmente relacionados ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, podem ser encontrados em plataformas do IBGE (2022) e SNIS (2022). Para selecionar os indicadores, foi preciso checar a disponibilidade dos dados nos municípios em estudo, pertencentes ao SISAR Moxotó.

Em suma, nesta etapa foram selecionados, com apoio da pesquisa na literatura, indicadores de saúde pública, com base nas doenças relacionadas ao saneamento inadequado, e indicadores de saneamento básico, principalmente aqueles relacionados à água e ao esgoto. Posteriormente, após seleção dos indicadores para o estudo, foi realizada a coleta de dados secundários.

Quadro 1 - Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI).

Categoria	Grupos de doenças					
_	1. Diarreias					
	1.1 Cólera					
	1.2 Salmonelose					
	1.3 Shigelose					
	1.4 Outras infecções intestinais bacterianas (Escherichia coli,					
	Campilobacter ssp., Yersinia enterocolitica, Clostridium difficile,					
	outras e as não especificadas - NE)					
	1.5 Amebíase					
Doenças de	1.6 Outras doenças intestinais por protozoários (Balantidíase,					
transmissão feco-oral	Giardíase, Criptosporidíase					
	1.7 Isosporíase, outras e as NE					
	1.8 Doenças intestinais por vírus (enterite por rotavírus,					
	gastroenteropatia aguda p/agente de Norwalk, enterite por adenovirus, outras enterites virais e as NE)					
	2. Febres entéricas					
	2.1 Febre tifóide					
	2.2 Febre paratifóide					
	3. Hepatite A					
	4. Dengue 5. Febre Amarela					
7	6. Leishmanioses					
Doenças transmitidas	6.1 Leishmaniose tegumentar					
por inseto vetor	6.2 Leishmaniose visceral					
	7. Filariose linfática					
	8. Malária					
	9. Doença de Chagas					
Doenças transmitidas	10. Esquistossomose					
através do contato com a água	11. Leptospirose					
	12. Doenças dos olhos					
	12.1 Tracoma					
	12.2 Conjuntivites					
	13. Doenças da pele					
Doenças relacionadas com a higiene	13.1 Dermatofitoses (Tinha da barba e do couro cabeludo, Tinha das unhas, Tinha da mão, Tinha dos pés, Tinha do corpo, Tinha imbricada, Tinea cruris, outras dermatofitoses e as NE)					
	13.2 Outras micoses superficiais (Pitiriase versicolor, Tinha negra, Piedra branca, Piedra negra, outras e as NE)					

Categoria	Grupos de doenças				
	14. Helmintíases				
	14.1 Equinococose				
	14.2 Ancilostomíase				
	14.3 Ascaridíase				
Geohelmintos e	14.4 Estrongiloidíase				
teníases	14.5 Tricuríase				
	14.6 Enterobíase				
	15. Teníases				
	15.1 Teníase				
	15.2 Cisticercose				

Fonte: Moura; Landau e Ferreira (2016).

## 3.3 ETAPA 3: Caracterização e diagnóstico da área de estudo

A partir da seleção dos indicadores de saneamento na etapa anterior, e através da busca e investigação de outros dados e características gerais dos municípios do SISAR Moxotó, elaborou-se um diagnóstico da área de estudo, em termos ambientais, socioeconômicos, de saneamento básico e de saúde pública. A caracterização da área de estudo compôs os 17 municípios pertencentes ao SISAR Moxotó e as mesorregiões em que eles estão inseridos no contexto pernambucano.

Em relação às características ambientais, foi desenvolvido um diagnóstico sobre a climatologia e hidrografia da região, através da coleta de dados secundários e elaboração de gráficos, tabelas e mapas. Na caracterização socioeconômica da área de estudo, foram utilizados dados secundários do IBGE (2022), da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2018) e indicador desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Brasil, 2015). Para ilustrar estes dados no diagnóstico socioeconômico, foram utilizados tabelas e mapa.

Para realização do diagnóstico de saneamento e saúde pública, foi analisada a situação da prestação de cada um desses serviços em cada município do SISAR Moxotó. Através de mapas de diagnóstico e tabelas resumo, foi possível visualizar um panorama geral relacionado aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e saúde pública.

O Quadro 2 apresenta os principais dados e indicadores coletados por categoria para a elaboração da caracterização e diagnóstico da área de estudo.

**Quadro 2** – Principais dados e indicadores utilizados na elaboração da caracterização e diagnóstico da área de estudo

Categoria	Dado/Indicador	Unidade	Fonte
	Precipitação acumulada mensal e anual	mm	INMET (2024)
Características Ambientais - Climatologia	Temperaturas mínimas e máximas	°C	INMET (2024)
Cimiatologia	Isoietas anuais médias	mm	Pernambuco (2022)
Características	Principais rios e cursos d'água do SISAR Moxotó	-	Pernambuco (2022)
Ambientais - Hidrografia	Distribuição dos aquíferos por domínio hidrogeológico e por unidade de planejamento (UP), no Estado de Pernambuco	-	Pernambuco (2022)
	Taxa de crescimento geométrico	%	IBGE (2022)
Características	PIB per capita	R\$	IBGE (2022)
Socioeconômicas	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM)	-	FIRJAN (2018)
	Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)	-	Brasil (2015)
	Abastecimento de água pela rede geral	%	IBGE (2022)
Saneamento básico -	Consumo médio <i>per capita</i> de água (l/hab./dia)	l/hab./dia	SNIS (2022)
Abastecimento de água	Índice de perdas na distribuição	%	SNIS (2022)
	Tipo de Sistema, Sistema, Tipo de Manancial, Manancial de Abastecimento e Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano	-	Brasil (2021)
Saneamento	Conexão a rede de esgoto	%	IBGE (2022)
básico - Esgotamento	Fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede	%	IBGE (2022)
sanitário	Fossa rudimentar ou buraco	%	IBGE (2022)
Saneamento	Lixo coletado	%	IBGE (2022)
básico - Resíduos Sólidos	Destinações inadequadas	%	IBGE (2022)
Saúde pública	Quantidade de estabelecimentos de saúde por tipo e por município	und.	Brasil (2024)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os gráficos e tabelas, produtos da caracterização e diagnóstico da área de estudo, foram produzidos através do *software* Excel, e os mapas gerados por meio do ArcMap, a partir de dados coletados e *shapefiles* disponíveis ao público.

# 3.4 ETAPA 4: Visita em campo

O planejamento inicial da visita em campo incluía conhecer os sistemas de saneamento geridos pelo SISAR Moxotó em algumas comunidades atendidas, conversar com os possíveis operadores, realizar os registros fotográficos, e coletar dados em campo. Os dados a serem coletados seriam tanto sobre os sistemas de abastecimento de água que atendiam as comunidades do SISAR Moxotó quanto dados de saúde pública, de forma a identificar a incidência de doenças vinculadas ao saneamento inadequado em cada comunidade ao longo dos anos.

Nesta fase, foi realizada uma visita a algumas comunidades atendidas pelo SISAR Moxotó no município de Arcoverde: Complexo Caraíbas e Riacho do Meio. A escolha das comunidades se justifica pelo fato de ambas estarem localizadas no município onde está a sede e escritório do SISAR Moxotó, facilitando o contato com os responsáveis por esse SISAR, o primeiro implantado em Pernambuco. Durante o período da visita, foi possível verificar como os dois sistemas funcionam, e registrar algumas fotos. Além disso, foi realizada uma visita à sede e escritório do SISAR Moxotó.

Em relação à coleta de dados planejada, foi possível obter algumas informações dos sistemas geridos pelo SISAR Moxotó em cada localidade, como: população beneficiada, quantidade de imóveis cadastrados e ligações ativas. No entanto, no que diz respeito aos dados de saúde pública, não foram obtidas informações específicas sobre doenças relacionadas ao saneamento inadequado em cada comunidade.

Essa abordagem *in loco* permite o entendimento das realidades vivenciadas pelos indivíduos ou comunidades estudadas, enriquecendo os resultados e possibilitando conclusões mais sólidas. A visita em campo também foi primordial para entender os efeitos da implantação do modelo de gestão SISAR no meio rural do Estado de Pernambuco e para conseguir compreender se ainda há alguma oportunidade de melhoria no SISAR, com base nas soluções encontradas através da revisão sistemática de literatura realizada neste trabalho.

## 3.5 ETAPA 5: Análise estatística da relação dos indicadores

A partir dos indicadores de saneamento básico e saúde pública selecionados na Etapa 2, planejou-se avaliar a correlação entre cada um deles, dessa forma foram verificadas as relações entre eles através da regressão linear. Primeiramente, com o auxílio de gráficos do Excel, foi realizada uma análise dos dados coletados através de *boxplot* e cálculo da dispersão entre os quartos (f<sub>s</sub>), de forma a verificar a presença de possíveis *outliers* que poderiam comprometer o resultado da amostra estudada.

O *boxplot*, conforme Figura 9, é uma representação esquemática amplamente utilizada para sumarizar as principais características de conjuntos de dados. Essas características abrangem: (1) a medida central, (2) a dispersão, (3) a extensão e a natureza de qualquer desvio em relação à simetria e (4) a identificação de *outliers*, observações que geralmente estão distantes da maior parte dos dados (Devore, 2006).

● → Outlier

Maior valor

Quarto superior

Mediana

Quarto inferior

Menor valor

● → Outlier

Figura 9 - Representação de um boxplot

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Ainda segundo Devore (2006), uma observação é considerada um *outlier* se estiver distante mais do que  $1.5*f_s$  do quarto mais próximo. Se essa distância for superior a  $3*f_s$ , o *outlier* é classificado como extremo; caso contrário, é considerado moderado. Para calcular a dispersão entre os quartos  $(f_s)$ , deve-se ordenar as n observações da menor para a maior e separar a metade

menor da maior. Então o quarto inferior será a mediana da metade menor e o quarto superior será a mediana da metade maior.

$$fs = quarto superior - quarto inferior$$
 (1)

Em seguida, verificou-se a covariância da amostra em estudo, através da fórmula =COVARIAÇÃO.S no Excel. Na sequência, por meio da elaboração de gráficos de dispersão, com o auxílio do software citado, gerou-se a equação de regressão linear simples e o R-quadrado, e assim foi possível visualizar possíveis relações entre as variáveis.

Como o resultado da regressão linear não foi satisfatório na maioria dos casos analisados, pois muitas vezes uma única variável preditora não é capaz de explicar tudo a respeito da variável resposta, foi utilizada a regressão linear múltipla. Através da ferramenta de "Análise de Dados – Regressão" do Excel, foi possível verificar a relação de cada indicador de saúde pública (variável dependente) com os indicadores de saneamento básico (variáveis independentes).

O objetivo da regressão linear múltipla é elaborar um modelo probabilístico que determine uma variável dependente (y) por meio de mais de uma variável independente ou de previsão (x). A equação que representa a regressão linear múltipla é:

$$Y = \beta 0 + \beta 1X1 + \beta 2X2 + ... + \beta kXk$$
 (2)

Os \( \beta is representam os coeficientes de regress\( \text{ao} \) reais (ou populacionais). O coeficiente de regress\( \text{ao} \) \( \beta 1 \) é interpretado como a mudança esperada em Y relacionada a um aumento de uma unidade em x1, enquanto x2, ..., xk s\( \text{ao} \) mantidos fixos (Devore, 2006).

Muitos problemas práticos envolvem mais de uma variável para fins de previsão. Por exemplo, caso alguém desejasse prever uma variável (y) por meio de outras variáveis (x1 e x2), o desafio seria descobrir o plano que melhor se ajustasse, na questão dos mínimos quadrados, a um diagrama de dispersão de pontos em três dimensões (Oliveira Filho, 2002).

Na regressão linear, para quantificar a força da relação entre as variáveis, analisa-se:

 a covariância: mede o grau de interdependência entre duas variáveis (variáveis independentes possuem covariância zero), através da seguinte fórmula, considerando X e Y variáveis discretas:

$$Cov(X,Y) = \sum_{x} \sum_{y} (x - \mu x)(y - \mu y)p(x,y)$$
(3)

• o coeficiente de correlação: identifica a direção e a intensidade da relação linear entre duas variáveis quantitativas, através da fórmula:

$$\rho_{x,y} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_{x}.\sigma_{y}} \tag{4}$$

• o diagrama de dispersão: representa graficamente a associação entre pares de dados.

Para analisar a "força" do modelo estimado através da regressão linear, faz-se uso do chamado "R-quadrado", isto é, do coeficiente de determinação da regressão (r²). O R-quadrado permite notar se o relacionamento entre as variáveis é forte ou fraco, ele fornece uma medida da proporção da variação total que é explicada pelo modelo de regressão, e pode variar entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, significa que grande parte das variações de Y é explicada linearmente pelas variáveis independentes; ou seja, o modelo linear é bastante adequado. Especificamente na regressão linear múltipla, a medida utilizada é o R-quadrado ajustado.

$$R^{2}ajustado = \frac{(n-1)R^{2}-k}{n-(k+1)}$$
 (5)

A metodologia descrita, utilizada para analisar se há relação entre os indicadores de saúde pública e saneamento básico, foi embasada no artigo publicado por Gonçalves *et al.* (2023), onde foi desenvolvida uma função através de regressão linear múltipla para estimativa da precipitação média anual na Região Metropolitana do Recife. Um dos resultados desse artigo é a verificação da correlação entre as variáveis estudadas.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este item destina-se a apresentar os resultados da pesquisa, bem como uma breve discussão no âmbito do saneamento e da sua relação com a saúde pública.

## 4.1 Revisão sistemática da literatura - RSL

Um fluxograma PRISMA (Page *et al.*, 2021), apresentado na Figura 10, foi elaborado para resumir o processo de busca e seleção dos estudos através da Revisão Sistemática de Literatura.

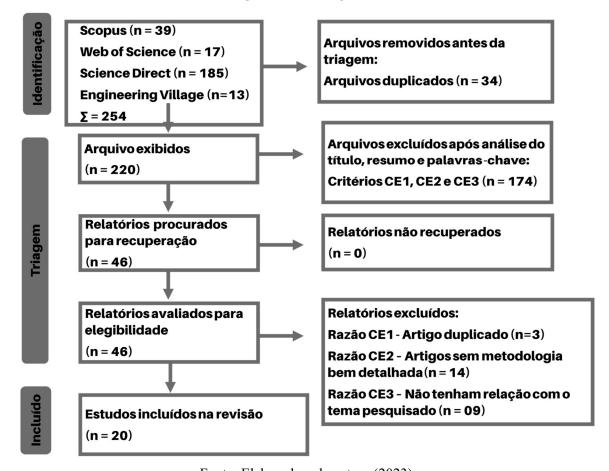


Figura 10 - Fluxograma PRISMA

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Dos 254 estudos selecionados em quatro bases, passaram para fase de extração cerca de 18% que foram aceitos. Na fase de extração de dados, dos 46 artigos, 20 foram aceitos para posterior sumarização. A RSL permitiu o desenvolvimento do Referencial Teórico do projeto, uma vez que selecionou os principais estudos e artigos relacionados ao tema proposto.

Conforme apresentado na Figura 11, foi realizada uma análise da distribuição das publicações nas bases de dados. A *string* de busca utilizada nesta pesquisa foi a mesma para todas as bases de dados analisadas, no entanto a base *ScienceDirect* apresentou o maior número de artigos na pesquisa inicial, cerca 185 publicações, equivalente a mais de 70% das publicações identificadas em todas as bases.

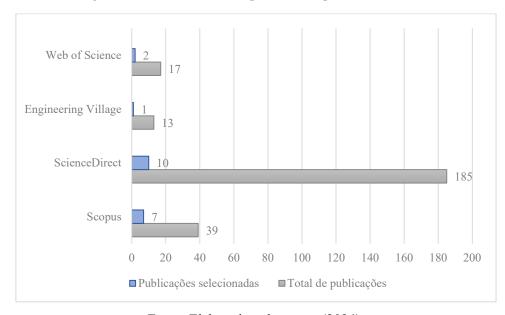


Figura 11 - Distribuição das publicações por bases de dados

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Diante do exposto, é possível verificar que somente 5,4% das publicações encontradas no *ScienceDirect* mostrou-se aderente ao tema em estudo, ou seja, conteúdos que trazem exemplos de casos práticos de sucesso de saneamento rural em qualquer parte do mundo ou sobre abastecimento de água rural. A maior parte dos artigos obtidos por meio da *string* de busca faziam referência a estudos voltados para tipologias diferentes das pré-definidas no protocolo da RSL, justificando a não aderência.

Através da verificação da distribuição das publicações selecionadas por ano de publicação, nota-se que os artigos e documentos relacionados a saneamento rural no mundo, incluindo o tema de abastecimento de água em regiões semiáridas, ainda são escassos. O gráfico apresentado na Figura 12 demonstra o quanto este tema é recente, possuindo poucas publicações anteriores a 2018.

Figura 12 - Distribuição das publicações selecionadas sobre saneamento rural por ano de publicação

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Da mesma forma, avaliou-se a distribuição das publicações selecionadas por local de estudo (países ou continentes). De acordo com a Figura 13, o Brasil é o local de estudo que mais possui artigos analisados. Acredita-se que ao longo das últimas décadas, desde a implementação do SISAR no Estado do Ceará, tem-se observado uma atenção maior ao tema de saneamento rural no país, o que justifica a predominância das publicações encontradas na RSL.

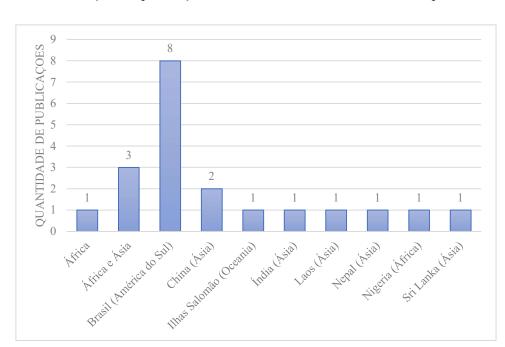


Figura 13 - Distribuição das publicações selecionadas sobre saneamento rural por local de estudo

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A extração de dados dos 20 estudos selecionados rendeu 52 observações de preferências ou condições de saneamento rural (resultados de saneamento rural). Através de uma classificação simples, obteve-se 10 tipos diferentes de resultados de saneamento que são apresentados na Tabela 1 juntamente com a frequência de cada tipo de observação.

Tabela 1 - Tipos de resultados de saneamento identificados na RSL e sua frequência de observações

Tipos de resultados de saneamento identificados	Frequência de observações contendo um resultado (de 52)	% das observações
Abordagens comunitárias de saneamento	14	26,9%
Uso de latrinas	11	21,2%
Defecação a céu aberto	10	19,2%
Fossa séptica tradicional	6	11,5%
Incentivos financeiros	4	7,7%
Soluções baseadas na natureza/ Sistemas ecológicos	2	3,8%
Fossa verde / Fossa séptica biodigestor	2	3,8%
Desuso de latrina	1	1,9%
Construção de cisternas	1	1,9%
Dessalinização	1	1,9%

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Os três resultados de saneamento: abordagens comunitárias de saneamento, uso de latrinas e defecação a céu aberto juntos correspondem a cerca de 67% de todas as observações encontradas nos 20 estudos analisados. Poucos estudos estão preocupados com sistemas ecológicos, soluções baseadas na natureza e fossa verde, embora seja uma parte fundamental para garantir a redução dos impactos no meio ambiente.

O Quadro 3 sintetiza os resultados encontrados pelos autores dos respectivos artigos consultados no âmbito desta Revisão Sistemática da Literatura. Este quadro descreve as principais características dos estudos selecionados: título, autor, ano de publicação, local do estudo, fonte da publicação, tipos de resultados de saneamento identificados e classificação da pesquisa. Os critérios para classificação dos tipos de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado. No quadro citado, as pesquisas são classificadas segundo seu objetivo e dados.

Quadro 3 - Características das publicações selecionadas na RSL

ID	Título do Artigo	Nome do autor	Local da pesquisa	Fonte da publicação	Tipos de resultados de saneamento identificados	Classificação da Pesquisa
1	Community managed, self financed rural sanitation program of Sri-Lanka	De Silva (2004)	Sri Lanka (Ásia)	Engineering Village	Uso de latrinas; Incentivos financeiros; Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso
2	Rural water supply and sanitation (RWSS) coverage in Swaziland: Toward achieving millennium development goals	Mwendera (2006)	África	Science Direct	Uso de latrinas; Abordagens comunitárias de saneamento; Fossa séptica tradicional	Objetivo: Exploratória Dados: Documental/ Levantamento de campo
3	SISAR: An innovative sustainable management model for small decentralized water and wastewater systems in developing countries	Meleg (2012)	Brasil (América do Sul)	Scopus	Abordagens comunitárias de saneamento (SISAR)	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica
4	An overview of management issues in developing a sustainable water supply, sanitation and hygiene (WASH) service delivery in Nigeria	Oloke e Olugboye (2014)	Nigeria (África)	Scopus	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento; Fossa Séptica tradicional	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica

ID	Título do Artigo	Nome do autor	Local da pesquisa	Fonte da publicação	Tipos de resultados de saneamento identificados	Classificação da Pesquisa
5	Water meters and monthly bills meet rural brazilian communities: sociological perspectives on technical objects for water management	Brown e Pena (2016)	Brasil (América do Sul)	Science Direct	Abordagens comunitárias de saneamento (SISAR)	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento de campo
6	Get in sanitation 2.0 by opportunity of rural China: Scheme, simulating application and life cycle assessment	Fan <i>et al.</i> (2017)	China (Ásia)	Science Direct	Soluções baseadas na natureza/ Sistemas ecológicos	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso
7	Switching to sanitation: Understanding latrine adoption in a representative panel of rural Indian households	Coffey, Spears e Vyas (2017)	Índia (Ásia)	Science Direct	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto; Fossa séptica tradicional	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Bibliográfica
8	Green pit technology as a rural sanitation component for the semiarid region of Brazil	Coelho, Reinhardt e Araújo (2018)	Brasil (América do Sul)	Web of Science	Fossa verde	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento de campo

ID	Título do Artigo	Nome do autor	Local da pesquisa	Fonte da publicação	Tipos de resultados de saneamento identificados	Classificação da Pesquisa
9	Contextual factors and motivations affecting rural community sanitation in lowand middle-income countries: A systematic review	Novotný, Hasman e Lepič (2018)	África e Ásia	Science Direct	Uso de latrinas; Incentivos financeiros; Desuso de latrina; Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica
10	O saneamento rural no contexto brasileiro	Resende, Ferreira e Fernandes (2018)	Brasil (América do Sul)	Web of Science	Abordagens comunitárias de saneamento; Fossa Séptica tradicional	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica
11	Critical Factors for the Success of Rural Water Supply Services in Brazil	Machado <i>et al.</i> (2019)	Brasil (América do Sul)	Scopus	Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica/ Levantamento tipo survey
12	Urban and rural sanitation in the Solomon Islands: How resilient are these to extreme weather events?	Fleming <i>et al.</i> (2019)	Ilhas Salomão (Oceania)	Scopus	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento de campo

ID	Título do Artigo	Nome do autor	Local da pesquisa	Fonte da publicação	Tipos de resultados de saneamento identificados	Classificação da Pesquisa
13	Policy diffusion in the rural sanitation sector: lessons from community-led total sanitation (CLTS)	Zuin et al. (2019)	África e Ásia	Science Direct	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica/ Levantamento
14	Infrastructure is a necessary but insufficient condition to eliminate inequalities in access to water: Research of a rural community intervention in Northeast Brazil	Aleixo <i>et al.</i> (2019)	Brasil (América do Sul)	Science Direct	Abordagens comunitárias de saneamento (SISAR)	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento
15	Assessing the impact and equity of an integrated rural sanitation approach: A longitudinal evaluation in 11 sub-saharan Africa and Asian countries	Apanga <i>et al.</i> (2020)	África e Ásia	Scopus	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento de campo
16	Human development index in municipalities with the integrated rural sanitation system: A comparative analysis	Castro, Taleires e Silveira (2021)	Brasil (América do Sul)	Scopus	Abordagens comunitárias de saneamento (SISAR)	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Documental

ID	Título do Artigo	Nome do autor	Local da pesquisa	Fonte da publicação	Tipos de resultados de saneamento identificados	Classificação da Pesquisa
17	Sanitation, financial incentives and health spillovers: A cluster randomised trial	Cameron <i>et al.</i> (2021)	Laos (Ásia)	Science Direct	Uso de latrinas; Incentivos financeiros; Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento de campo
18	Poor awareness and attitudes to sanitation servicing can impede China's rural toilet revolution: Evidence from Western China	Guo <i>et al</i> . (2021)	China (Ásia)	Science Direct	Uso de latrinas; Defecação a céu aberto; Fossa séptica tradicional	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento
19	Rural Sanitation: Scenarios and public policies for the Brazilian semi-arid region	Rodrigues et al. (2022)	Brasil (América do Sul)	Scopus	Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento; Construção de cisternas; Soluções baseadas na natureza/ Sistemas ecológicos; Fossa verde / Fossa séptica biodigestor; Fossa séptica tradicional; Dessalinização	Objetivo: Exploratória Dados: Bibliográfica/ Revisão da literatura
20	Adaptation in rural water, sanitation, and hygiene programs: A 2 qualitative study in Nepal	Anderson et al. (2022)	Nepal (Ásia)	Science Direct	Uso de latrinas; Incentivos financeiros; Defecação a céu aberto; Abordagens comunitárias de saneamento	Objetivo: Exploratória Dados: Estudo de caso/ Levantamento

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

De Silva (2004) estudou sobre o segundo projeto comunitário de abastecimento de água e saneamento, apoiado pelo Banco Mundial e iniciado em junho de 2003, que forneceu instalações de abastecimento de água e saneamento às comunidades selecionadas em 02 províncias do Sri Lanka. Desviando-se do programa convencional de saneamento baseado em subsídios, o projeto (CWSSP) deu uma nova direção para estabelecer um programa de saneamento sustentável autofinanciado e gerido pela comunidade numa base piloto. Esta abordagem inovadora foi posta em funcionamento em 18 aldeias da província Central e em 12 aldeias na província Noroeste. As Comunidades e Organizações Comunitárias de Base (CBOs) são o núcleo deste processo de implementação e a aplicação do sistema foi assegurada através da criação do Fundo Rotativo de Saneamento (SRF).

Mwendera (2006) realizou uma avaliação da cobertura do abastecimento de água e saneamento rural (RWSS) na Suazilândia em 2004/2005 como parte da Iniciativa de Abastecimento de Água e Saneamento Rural (RWSSI). Foram realizadas entrevistas com vários atores envolvidos, como: funcionários do Governo, organizações não-governamentais (ONG), agências de apoio e indivíduos e empresas do setor privado com alguma ligação ao programa. A avaliação envolveu também visitas de campo, a fim de obter informações sobre as diversas tecnologias e estruturas institucionais utilizadas nos serviços de abastecimento de água e saneamento nas zonas rurais do país. Os resultados mostraram que o setor de RWSS fez progressos significativos no cumprimento das metas nacionais e que há algum declínio na incidência de doenças relacionadas com a água, tais como doenças diarreicas, provavelmente devido à melhoria do abastecimento de água e da cobertura de saneamento.

Meleg (2012) apresentou o modelo SISAR no Ceará, que é baseado na ideia de criar uma confederação de pequenos sistemas de abastecimento de água em que, através de um esquema de subsídios cruzados, as receitas dos sistemas maiores contribuam para cobrir os custos operacionais e de manutenção dos sistemas menores. Com uma equipe técnica, administrativa e social bem treinada, o SISAR garante que os grupos de usuários locais em cada comunidade - onde existe um sistema de abastecimento de água - são capazes de gerir os sistemas diariamente. Através da inclusão social e da definição clara das responsabilidades de cada associação, consegue-se a sustentabilidade na prestação de serviços. Outras partes interessadas importantes no modelo incluem órgãos governamentais locais e estaduais e instituições financeiras internacionais que fornecem recursos financeiros para investimentos de capital.

Oloke e Olugboye (2014) apresentaram uma visão geral das questões de gestão no desenvolvimento de setores de abastecimento de água, saneamento e higiene (WASH) sustentáveis, analisando a prestação desses serviços na África e Nigéria. Ao longo das últimas três décadas, foram feitos enormes investimentos na disponibilização de infraestruturas de WASH em muitos países em desenvolvimento em toda a África. Contudo, na África Subsaariana, apenas cerca de 40% dessas intervenções mostram um elemento de sustentabilidade. Foi demonstrado que as principais questões de gestão nos setores WASH rurais, de pequenas cidades nos países em desenvolvimento, centram-se em questões políticas fundamentais e na orientação adequada sobre a prestação de serviços de abastecimento de água e saneamento.

Brown e Pena (2016) analisaram um estudo de caso de duas comunidades rurais no Nordeste do Brasil que recentemente começaram a receber serviços de abastecimento de água através do SISAR, uma organização estatal apoiada por uma gestão compartilhada com atores locais. Utilizando quadros sociológicos baseados conceitualmente na Teoria Ator-Rede, os principais objetivos do estudo visaram caracterizar que mudanças a aplicação do modelo SISAR produziria nas dinâmicas locais, sejam elas em larga escala ou intrafamiliares. A pesquisa de campo foi realizada durante três meses em 2014, durante a qual o pesquisador entrevistou alguns profissionais e dezenas de moradores locais durante uma extensa fase de pesquisa *in situ*. O estudo concluiu que dois fatores técnicos (o hidrômetro e a conta mensal) estavam no centro das principais tensões e incertezas para os usuários no novo modelo de gestão da água.

Fan et al. (2017) estudaram um esquema de sistema de saneamento 2 (S2S) baseado na separação de fontes a vácuo para gerenciar os resíduos rurais e as águas residuais de Changshu, China. Uma simulação de aplicação de S2S em uma área municipal de Changshu foi estudada e avaliada usando o método de avaliação do ciclo de vida dentro da estrutura e premissas propostas. O objetivo era encontrar um sistema de saneamento mais sustentável e ecologicamente correto. Os resultados mostraram que o S2S tem vantagens significativas na saúde humana, na qualidade dos ecossistemas, nas alterações climáticas e nos recursos, em comparação com o sistema de saneamento convencional (CSS).

Coffey, Spears e Vyas (2017) analisaram as rondas de 2005 e 2012 do Inquérito de Desenvolvimento Humano da Índia (IHDS), um painel representativo a nível nacional de agregados familiares na Índia, o país que abriga 60% das pessoas em todo o mundo que defecam

ao ar livre. Entre os agregados familiares rurais que defecavam ao ar livre em 2005, investigouse quais as propriedades de referência e que mudanças ao longo do tempo estão associadas à alteração para o uso de latrinas entre 2005 e 2012. Descobriu-se que os agregados familiares mais ricos ou com melhor nível de escolaridade eram mais propensos a passar a utilizar uma latrina ou banheiro. No entanto, esse efeito é pequeno; em geral, a mudança para o uso de latrinas após a defecação a céu aberto é baixa; e não existem mecanismos disponíveis a nível familiar para que os programas de saneamento influenciem amplamente estes fatores. A pesquisa contribui para um consenso crescente na literatura de que o contexto social não deve ser negligenciado quando se tenta compreender e provocar mudanças no comportamento em matéria de saneamento.

Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) avaliaram 70 unidades de módulo de fossa verde (MFV) instalados no semiárido brasileiro, como alternativa de tratamento de efluente domiciliar que considera o reuso da água em quintais produtivos. O estudo incluiu teste de qualidade sanitária dos vegetais cultivados, proposta de dimensionamento, taxa de acumulação do lodo produzido e avaliação do tempo de manutenção do MFV. As amostras analisadas de tomate (Solanum esculentum), pimenta (Capsicum chinense), banana (Musa sp.) e da folha de malvarisco (Plectranthus amboinicus L.) apresentaram valores de coliformes termotolerantes inferiores a 10 UFC.g-1 e ausência de Salmonella sp., indicando que os produtos atendem aos padrões sanitários. O sistema apresentou coeficientes de retorno equivalentes a 3 e 26% (para residência sem e com água canalizada, respectivamente) e baixa demanda de manutenção: remoção do lodo da câmara de digestão a cada cinco anos e três meses, em média.

Novotný, Hasman e Lepič (2018) desenvolveram uma revisão sistemática para analisar e sintetizar as evidências de como os fatores contextuais e as motivações afetam os diferentes resultados do saneamento, com um enfoque específico nas abordagens comunitárias ao saneamento rural. O resultado da revisão sistemática da literatura resultou em apenas 40 estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade elencados. Destes 40 estudos de 16 países, 26 analisaram intervenções específicas e 14 não intervencionistas. Desenvolveu-se uma síntese gráfica de evidências na forma de um modelo de rede denominado nexo de saneamento. O nexo de saneamento descreveu como diferentes grupos de determinantes interligam diferentes resultados de saneamento. Esta revisão sistemática contribuiu para uma compreensão mais profunda de determinantes do saneamento em países de baixa e média renda, com foco nas abordagens comunitárias de saneamento rural.

Resende, Ferreira e Fernandes (2018) verificaram a situação acerca do saneamento básico no Brasil, com ênfase no saneamento rural, através de uma pesquisa de revisão bibliográfica. Neste contexto, foram utilizados como fontes de informações relevantes os principais órgãos públicos e privados, além de documentos do meio acadêmico. Os autores concluíram que a tendencia é que o saneamento rural seja construído de forma mais lenta do que nas áreas urbanas por causa da baixa concentração de habitantes em uma mesma área. Dessa forma, eles destacaram a importância da difusão do conhecimento sobre saneamento como direito constitucional para que se torne uma construção participativa na qual a população seja atuante nas demandas, promovendo melhorias na qualidade de vida.

Machado *et al.* (2019) realizaram uma revisão minuciosa de publicações relevantes na área de estudo do saneamento rural utilizando a metodologia PRISMA, o que possibilitou a criação de uma lista de fatores essenciais capazes de garantir a sustentabilidade dos Serviços de Abastecimento de Água Rural (SAAR). Utilizando a Técnica de Grupo Nominal com uma seleção de participantes de uma conferência nacional realizada no Brasil em 2015, especialistas hierarquizaram os fatores, demonstrando sua percepção sobre os aspectos mais importantes necessários nos SAAR em todo o Brasil. Consequentemente, os autores notaram a necessidade de um ambiente forte e propício, que reconheça as pequenas comunidades e os seus serviços locais. O controle da qualidade da água, o apoio pós-construção e a existência de um esquema financeiro também foram apontados como aspectos importantes para garantir a sustentabilidade dos SAAR.

Fleming et al. (2019) estudaram o saneamento nas Ilhas Salomão, que tal como outros pequenos Estados insulares em desenvolvimento no Pacífico, enfrentam desafios significativos de mudanças climáticas e do aumento de eventos climáticos extremos, ao mesmo tempo que fica atrás do resto do mundo em termos de serviços de água potável, saneamento e higiene (WaSH). A fim de apoiar o planejamento para a implementação de estratégias e políticas nacionais de WaSH, este estudo contextualizou representações urbanas e rurais, linhas de base para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6. Os autores destacaram ameaças específicas aos atuais serviços de saneamento sob eventos climáticos extremos, como inundações e secas, ambos comumente observados no país, e forneceram sugestões para melhorias estruturais nas instalações de saneamento para aumentar a resiliência.

Zuin et al. (2019) utilizaram uma abordagem qualitativa para analisar as razões e processos que impulsionaram a ampla difusão do CLTS. O CLTS (Saneamento Total Liderado pela Comunidade) foi adotado porque foi percebido como uma solução rápida e eficaz para o problema da defecação a céu aberto, uma solução que estava em conformidade com os paradigmas de descentralização e participação comunitária, numa altura em que os doadores e os governos procuravam estratégias para atender o Objetivo de Desenvolvimento do Milênio para o saneamento. O CLTS espalhou-se sob a liderança de doadores influentes, ONG e profissionais persuasivos.

Aleixo et al. (2019) avaliaram as condições de acesso à água e as desigualdades relacionadas antes e depois da construção de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) em uma comunidade rural do semiárido brasileiro. Foi realizado um estudo quase-experimental para avaliar as condições de acesso à água para os grupos de estudo e controle (totalizando 380 domicílios). A metodologia englobou duas fases, uma anterior e outra posterior à construção de um SAA na comunidade de estudo (e após gerido pelo SISAR/CE). A construção de um novo SAA na comunidade estudada foi uma melhoria, pois forneceu água de boa qualidade às famílias beneficiárias, o que acarretou na diminuição ou até mesmo na inexistência da necessidade de captação de água para crianças e adolescentes. No entanto, persistiram alguns problemas, como a prática continuada de recolha de água e a utilização, por algumas famílias, de água que estava contaminada por fezes. Numa perspectiva diferente, o SAA permitiu aumentar o volume per capita de água consumido pelas famílias e reduzir as desigualdades associadas a este aspecto.

Apanga et al. (2020) avaliaram o impacto de um programa com abordagem integrada de saneamento rural, chamado Sustainable Sanitation and Hygiene for All (SSH4A). A abordagem SSH4A foi administrada em 11 países, incluindo Butão, Etiópia, Gana, Indonésia, Quénia, Moçambique, Nepal, Sudão do Sul, Tanzânia, Uganda e Zâmbia. Estima-se que 4,8 milhões de pessoas obtiveram acesso ao saneamento básico nestas áreas durante o período do projeto (2014-2018). A maioria dos países também demonstrou um crescimento na escala do saneamento. Ao avaliar a equidade, observou-se que os aumentos na cobertura ao longo do tempo eram geralmente comparáveis entre grupos vulneráveis e grupos não vulneráveis. No entanto, o aumento da cobertura de saneamento foi ligeiramente superior para as famílias com maior riqueza, em comparação com as famílias com menor riqueza. Os resultados deste estudo revelaram um modelo bem-sucedido de prestação de serviços de saneamento rural.

Castro, Taleires e Silveira (2021) investigaram o desenvolvimento humano de oito municípios cearenses rurais que possuem o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) e 170 que não o possuem. Verificou-se que, no geral, a implantação de sistemas de abastecimento de água contribui para o aumento dos níveis de desenvolvimento humano, mas, no que se refere às dimensões mais específicas, essa premissa não foi estatisticamente confirmada.

Cameron *et al.* (2021) realizaram um ensaio em 160 aldeias na República Democrática Popular do Laos para avaliar a eficácia da combinação de incentivos financeiros com o Saneamento Total Liderado pela Comunidade (CLTS). As aldeias foram distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, todos receberam CLTS, mas diferiam no tipo de subsídio oferecido (nenhum, agregado familiar, aldeia ou ambos). Utilizando dados de uma amostra aleatória de agregados familiares com crianças pequenas e dados administrativos das aldeias, mostrou-se que os incentivos familiares aumentaram a utilização do saneamento entre os pobres, enquanto um incentivo da aldeia aumentou a adesão principalmente entre os não pobres.

Guo *et al.* (2021) realizaram entrevistas presenciais com 414 residentes locais de 13 aldeias de três províncias no oeste da China, para analisar a situação atual e as atitudes face a possíveis mudanças na cadeia de serviços de saneamento rural. Descobriu-se que a cadeia de saneamento era predominantemente baseada em latrinas, com 86,2% dos agregados familiares recolhendo os seus excrementos numa fossa simples, 82% esvaziando manualmente as suas fossas e 80,2% reutilizavam os excrementos na agricultura sem pré-tratamento adequado. A regressão logística multivariada indicou que três fatores (nível de escolaridade, número de residentes permanentes no agregado familiar, aceitabilidade social percebida) influenciaram significativamente as atitudes dos entrevistados em relação à reutilização de excrementos, embora apenas a aceitabilidade social percebida tivesse uma elevada força de associação.

No geral, a pesquisa desenvolvida por Guo *et al.* (2021) revelou que as famílias rurais utilizam frequentemente sistemas sanitários de forma inadequada, não cumprem as diretrizes de saneamento especificadas pelo Governo, têm pouca consciência de soluções alternativas e dependem excessivamente do Governo para resolver problemas na cadeia de serviços. Assim, embora novas tecnologias de saneamento devam ser desenvolvidas e implementadas, também são importantes campanhas de informação que incentivem as famílias rurais a gerirem os seus excrementos com segurança.

Rodrigues *et al.* (2022) construíram um arcabouço teórico sobre o contexto do saneamento rural no Brasil, com histórico, fragilidades do setor, impacto da COVID-19 e das novas tecnologias, e políticas públicas centrais no Estado de Pernambuco. Para isto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, em que foram considerados apenas estudos identificados como mais relevantes pelas plataformas Google Scholar, Scopus e MDPI publicados em 2022. Como resultados de saneamento rural, encontraram: Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR), programas visando a dessalinização das águas no semiárido brasileiro, construção de cisternas, fossas verdes e alternativas de tratamento de água e esgoto por meio de Soluções Baseadas na Natureza.

Anderson *et al.* (2022) apresentaram um estudo de caso de 45 adaptações feitas à programação rural de WaSH (abastecimento de água, saneamento e higiene) no Nepal, identificadas através de entrevistas qualitativas com implementadores realizadas de junho a agosto de 2019. As adaptações poderiam ser tanto as intervenções (por exemplo, alterações nas mensagens de promoção da higiene) como as estratégias de implementação (por exemplo, sanções para impor a construção de banheiros, tais como a negação de autorizações de trabalho a agregados familiares sem banheiro). Os implementadores foram geralmente motivados por intensa pressão para cumprir as metas nacionais de proibição da defecação a céu aberto. A maioria das adaptações alcançou os resultados pretendidos. No entanto, as adaptações das sanções tiveram efeitos negativos substanciais e não intencionais.

Os obstáculos para promover o avanço das políticas públicas de saneamento são ainda mais notáveis nas regiões semiáridas. Nessas áreas, a escassez de água representa um desafio ainda maior, especialmente à luz dos diversos cenários previstos de mudanças climáticas. A partir desta revisão sistemática da literatura, foi possível identificar algumas alternativas para o saneamento rural no mundo e no Brasil.

O mapeamento da literatura contribuiu para evidenciar as limitações e os desafios de medidas meramente relacionadas com infraestruturas para melhorar o acesso à água ou para coletar o esgoto. No saneamento rural, a participação ativa do Governo e o estabelecimento de parcerias com as comunidades são elementos fundamentais para o desenvolvimento de estratégias que visam reduzir as vulnerabilidades sociais e promover a melhoria da saúde nas regiões rurais. Conforme apresentado na Tabela 1, o resultado de saneamento mais observado na literatura estudada foram as abordagens comunitárias de saneamento, que engloba sistemas como o

SISAR. No entanto, na história do saneamento rural, há relatos de dificuldades na gestão e implementação de políticas públicas, até mesmo em sistemas comunitários.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de diálogo na implementação de ações de saneamento, especialmente no meio rural, envolvendo o indivíduo, os grupos atendidos e sua cultura territorial. O panorama discutido mostra a importância de uma compreensão global do problema e, ao mesmo tempo, de uma ação local adaptada a cada realidade. Os projetos bemsucedidos de saneamento precisam integrar perspectivas de diversas disciplinas, tais como: econômica, social, saúde e higiene, financeira, institucional e ambiental.

# 4.2 Seleção dos indicadores de saúde pública e de saneamento básico

Nesta etapa, foram selecionados 11 indicadores de saúde pública e de saneamento básico a serem estudados no âmbito dos municípios do SISAR Moxotó.

No Quadro 4, observam-se os indicadores selecionados no âmbito de abastecimento de água, esgotamento sanitário e saúde pública, bem como sua descrição detalhada, unidade, fonte e destinação do seu uso na pesquisa. No total, foram selecionados 11 (onze) indicadores, sendo 4 (quatro) de abastecimento de água, 4 (quatro) de esgotamento sanitário, e 3 (três) de saúde pública.

Quadro 4 - Indicadores de saúde pública e de saneamento básico selecionados para o estudo

Categoria	Indicador	Descrição	Unidade	Fonte	Destinação do uso
	Abastecimento de água pela rede geral	Domicílios particulares permanentes ocupados que possuem ligação à rede geral de distribuição de água e a utiliza como principal forma de abastecimento de água	%	IBGE (2022)	Diagnóstico da área de estudo
Abastecimento	Consumo médio <i>per capita</i> de água (l/hab./dia)	Representa o consumo médio diário de água por habitante em um município.	l/hab./dia	SNIS (2022)	Diagnóstico da área de estudo
de água	Índice de perdas na distribuição	Representa, em termos percentuais, o nível de perdas da água efetivamente consumida em um sistema de abastecimento de água potável	%	SNIS (2022)	Diagnóstico da área de estudo
	Índice de atendimento total de água (IAA)	Representa, em termos percentuais, a população total atendida com abastecimento de água em relação a população	%	SNIS (2022)	Análise estatística da relação dos indicadores

Categoria	Indicador	Descrição	Unidade	Fonte	Destinação do uso
		total residente do município com abastecimento de água.			
	Índice de atendimento total de esgoto (IAE)	Representa, em termos percentuais, a população total atendida com esgotamento sanitário em relação a população total residente do município com abastecimento de água.	%	SNIS (2022)	Análise estatística da relação dos indicadores
Esgotamento sanitário	Conexão a rede de esgoto	Domicílios particulares permanentes ocupados que possuem rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede de esgoto	%	IBGE (2022)	Diagnóstico da área de estudo
	Fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede	Domicílios particulares permanentes ocupados que possuem fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede de esgoto	%	IBGE (2022)	Diagnóstico da área de estudo
	Fossa rudimentar ou buraco	Domicílios particulares permanentes ocupados que possuem fossa rudimentar ou buraco	%	IBGE (2022)	Diagnóstico da área de estudo
	Taxa de mortalidade infantil (TMI)	Número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos, em determinado espaço geográfico, no ano considerado.	und.	IBGE (2024)	Análise estatística da relação dos indicadores
Saúde pública	Internações por diarreia pelo SUS (IDS)	Número de internações por diarreia pelo SUS, em determinado município de notificação, no ano de notificação. Lista Morb CID-10: Diarréia e gastroenterite origem infecc presumível	und.	Brasil (2024)	Análise estatística da relação dos indicadores
	Casos prováveis de dengue (CPD)	Número de casos prováveis de dengue, em determinado município de notificação, no ano de notificação.	und.	Brasil (2024)	Análise estatística da relação dos indicadores

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A escolha dos indicadores de saúde pública visou caracterizar principalmente as doenças relacionadas ao saneamento inadequado. Por causa da disponibilidade dos dados nos municípios do SISAR Moxotó, foram selecionados dois indicadores: internações por diarreia pelo SUS e casos prováveis de dengue, onde foi possível coletar dados de uma série histórica de mais de 15 anos. Além disso, como as crianças são as mais afetadas pelas mortes por diarreia no mundo e estas geralmente são causadas pelo saneamento inadequado, escolheu-se a taxa de mortalidade infantil como o terceiro indicador de saúde.

Em relação aos indicadores de saneamento, foram utilizados os dados recentes do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022) para realização do diagnóstico da área de estudo, e utilizouse os dados do SNIS (2022) para analisar a relação dos indicadores de saúde pública e saneamento, uma vez que estes últimos possuem série de dados de mais de 15 anos, diferentemente dos dados do IBGE que são atualizados apenas a cada Censo.

# 4.3 Diagnóstico da área de estudo

Com uma área total de 98.067,88 km², Pernambuco é um dos 27 estados brasileiros, e está localizado no centro leste da Região Nordeste, tendo sua costa banhada pelo Oceano Atlântico. O Estado faz limite com os Estados da Paraíba, Ceará, Alagoas, Bahia e Piauí. O Estado de Pernambuco conta com 184 municípios, mais o Arquipélago de Fernando de Noronha, a 545 km da costa. Segundo o IBGE (2022), a população de Pernambuco cresceu 3%, alcançando 9.058.155 habitantes no Censo de 2022. A taxa média de crescimento do Estado por ano foi de 0,24% - a mesma da Região Nordeste. A densidade demográfica é de 92,37 hab/km².

No contexto do Estado de Pernambuco, conforme já apresentado, a área de estudo escolhida para esta pesquisa são os municípios do Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) Moxotó.

A área total dos 17 municípios pertencentes ao SISAR Moxotó é de aproximadamente 19.220 km², correspondente a cerca de 19,60% do território pernambucano (IBGE, 2022). A Tabela 2 apresenta a área e localização desses municípios.

Tabela 2 - Municípios pertencentes ao SISAR Moxotó

Municípios	Área da unidade territorial	Mesorregião	Microrregião
Águas Belas	885,988 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema
Alagoinha	inha 214,267 km² Agreste Pernambucano		Vale do Ipojuca
Arcoverde	343,923 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Buíque	1336,544 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema
Custódia	1404,126 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Floresta	3604,948 km²	São Francisco Pernambucano	Itaparica

Municípios	Área da unidade territorial	Mesorregião	Microrregião
Ibimirim	1882,498 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Inajá	1231,362 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Itaíba	1061,694 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema
Jatobá	277,862 km²	São Francisco Pernambucano	Itaparica
Manari	344,685 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Pedra	922,602 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema
Pesqueira	960,042 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipojuca
Petrolândia	1056,589 km²	São Francisco Pernambucano	Itaparica
Sertânia	2421,527 km²	Sertão Pernambucano	Sertão do Moxotó
Tupanatinga	934,801 km²	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema
Venturosa	336,107 km <sup>2</sup>	Agreste Pernambucano	Vale do Ipanema

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2022).

## 4.3.1 Características ambientais

Neste item serão abordados aspectos relacionados às interações entre os elementos climáticos e hidrológicos da área de estudo.

## 4.3.1.1 Climatologia

O Estado de Pernambuco está situado na região Nordeste do Brasil, abrangendo parte do semiárido e integrando o "Polígono das Secas", uma área caracterizada por um balanço hídrico negativo devido a precipitações médias anuais inferiores a 800 mm. As temperaturas médias anuais variam de 23º a 29ºC, com uma evaporação média de 2.000 mm por ano e uma umidade relativa do ar em torno de 50% (Lins; Burgos, 1985).

Os municípios do SISAR Moxotó estão inseridos em três mesorregiões de Pernambuco: Agreste Pernambucano, São Francisco Pernambucano e Sertão Pernambucano. No regime de chuvas no Estado, observa-se no Agreste valores anuais na ordem de 800 mm, e no Sertão médias entre 400 a 600 mm, exceto em regiões com microclimas específicos (Pernambuco, 2022).

A variável climática da precipitação foi analisada para o Estado em termos de valores anuais médios. Os totais anuais apresentados na Figura 14 alcançam uma média anual de 821,80 mm, com o aumento de oeste para leste, na medida em que os postos se aproximam do litoral.

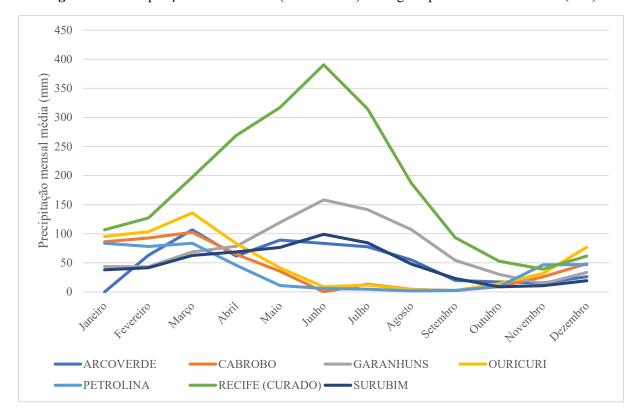


Figura 14 - Precipitação mensal média (1991 a 2020) em alguns postos de Pernambuco (mm)

Fonte: Elaborado pela autora a partir de INMET (2024).

De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia, na região do Agreste Pernambucano, considerando as estações de Garanhuns e Surubim, a precipitação anual média foi de 735,85 mm. Os postos de Arcoverde, Cabrobó, Ouricuri e Petrolina, localizados no Sertão Pernambucano e no São Francisco Pernambucano, apresentaram uma média do total anual de 531,35 mm. No litoral, como é de se esperar, as precipitações atingem a uma média anual maior, igual a 2.155,5 mm, levando em conta a estação do Recife (INMET, 2024). Vale ressaltar que o posto localizado na cidade de Garanhuns (Agreste), devido a estar localizado em regiões de Brejos de Altitude, apresenta microclima diferenciado em seu entorno, com temperaturas mais amenas e, por efeito orográfico, pluviosidade superior às áreas circunvizinhas.

Em relação às temperaturas médias mínimas e máximas, na região do Agreste Pernambucano, considerando a estação de Surubim, a temperatura varia em média de 20,3 a 30°C ao longo do

ano. Os postos de Arcoverde, Cabrobó, Ouricuri e Petrolina, localizados no Sertão Pernambucano e no São Francisco Pernambucano, apresentaram uma temperatura média variando entre 21,2 e 31,7°C (INMET, 2024).

A Figura 15 exibe as isoietas anuais médias para o Estado de Pernambuco, conforme o posicionamento das isolinhas determinadas para precipitações da área de estudo. É perceptível a considerável variabilidade na quantidade de chuvas, com valores oscilando entre 492,7 e 2.050 mm por ano.

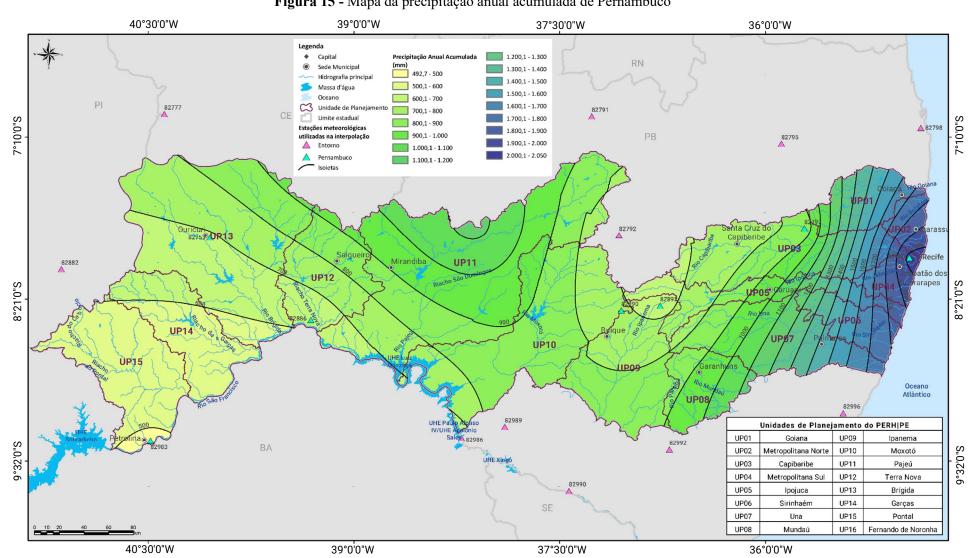


Figura 15 - Mapa da precipitação anual acumulada de Pernambuco

Fonte: Pernambuco (2022).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), em seu o Relatório Síntese sobre Mudança Climática 2023, destaca os prejuízos e danos decorrentes da mudança climática global. O IPCC alerta para o impacto especialmente severo dos desastres naturais relacionados ao clima sobre as populações mais vulneráveis e os ecossistemas mais frágeis, como manguezais, áreas costeiras e semidesérticas (IPCC, 2023).

A temperatura média global já aumentou 1,1 grau Celsius em relação aos níveis pré-industriais, resultado direto de mais de um século de queima de combustíveis fósseis e do uso insustentável de energia e solo. Esse aumento na temperatura está elevando a frequência e a intensidade dos eventos climáticos extremos. O Painel também adverte que o aumento da temperatura média pode agravar a insegurança alimentar e hídrica em todo o mundo (IPCC, 2023).

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações instituiu o Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças do Clima (AdaptaBrasil MCTI, 2024) por meio da Portaria nº 3.896, de 16 de outubro de 2020. Seu propósito é reunir, integrar e difundir informações que permitam avançar na análise dos impactos da mudança climática no território nacional.

Através dessa plataforma, analisou-se o Índice de Risco de Impacto para Seca nas mesorregiões de Pernambuco onde há municípios do SISAR Moxotó. Esse indicador mede o risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, resultante da interação entre os eventos climáticos relacionados à seca, vulnerabilidade e exposição desses sistemas. As mesorregiões Agreste Pernambucano, São Francisco Pernambucano e Sertão Pernambucano apresentam Índice de Risco de Impacto para Seca considerado médio (AdaptaBrasil MCTI, 2024).

A plataforma AdaptaBrasil em parceria com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) apresenta dados que indicam que os riscos apresentados pelas mudanças climáticas no Brasil podem levar à proliferação de vetores, como o mosquito Aedes aegypti e, em consequência, ao agravamento de arboviroses, como dengue, zika e chikungunya. As projeções indicam também expansão da malária, leishmaniose tegumentar americana e leishmaniose visceral.

O risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, considerando o desfecho Malária é considerado alto no São Francisco Pernambucano e médio no Sertão e Agreste. Se considerar o desfecho leishmaniose tegumentar americana, o resultado anterior se repete. Já em relação à leishmaniose visceral, os resultados são bem mais alarmantes, o risco

de impacto das mudanças climáticas é considerado muito alto no Sertão e no São Francisco Pernambucano e alto no Agreste (AdaptaBrasil MCTI, 2024).

A solução proposta pelo IPCC (2023) para a mudança climática global envolve a implementação do "desenvolvimento resiliente ao clima", que combina a adoção de medidas de adaptação às mudanças climáticas com ações para reduzir ou evitar emissões de gases de efeito estufa. Essa abordagem visa proporcionar benefícios econômicos e sociais mais amplos e equitativamente distribuídos.

Entre as soluções recomendadas estão a ampliação do acesso à energia limpa, a promoção da eletrificação com baixas emissões de carbono, a adoção de meios de transporte com emissão reduzida ou nula de carbono e a melhoria da qualidade do ar. Tais medidas não apenas contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, mas também trazem benefícios diretos para a saúde e qualidade de vida das pessoas.

#### 4.3.1.2 Hidrografia

As Unidades de Planejamento (UPs) empregadas na revisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH|PE são compostas pelas 13 principais bacias hidrográficas do Estado, às quais foram adicionados alguns dos Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores (GIs) e Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GLs) propostos no PERH|PE 1998. O Quadro 5 apresenta as 16 UPs utilizadas na atualização do PERH|PE (Pernambuco, 2022).

**Quadro 5** - Unidades de planejamento utilizadas na atualização do PERH|PE 2022

UP	Bacia Hidrográfica Principal	Área (km²)		
UP01	Rio Goiana	2.936,50		
UP02	GL1 – Metropolitana Norte	1.190,89		
UP03	Rio Capibaribe	7.444,00		
UP04	GL2 - Metropolitana Sul	1.264,91		
UP05	Rio Ipojuca	3.587,24		
UP06	Rio Sirinhaém	2.369,28		
UP07	Rio Una	6.344,25		
UP08	Rio Mundaú	3.307,20		
UP09	Rio Ipanema	6.570,50		
UP10	Rio Moxotó	11.364,02		
UP11	Rio Pajeú	18.388,57		
UP12	Rio Terra Nova	5.360,65		

UP	UP Bacia Hidrográfica Principal		
UP13	Rio Brígida	15.020,44	
UP14	Riacho das Garças	5.405,61	
UP15	Riacho do Pontal	7.505,63	
UP16	Fernando de Noronha	19,54	
Á	98.079,23		

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Pernambuco (2022).

Os 17 municípios do SISAR Moxotó estão distribuídos em 4 unidades de planejamento do PERH/PE 2022, conforme é ilustrado na Figura 16. As bacias hidrográficas predominantes no SISAR em estudo são as bacias do Rio Ipanema e do Rio Moxotó, e em menor proporção há municípios do SISAR com área nas bacias do Rio Ipojuca e Rio Pajeú.

UP-01 UP-13 UP-03 UP-11 UP-05 UP=10 UP-06 UP-14 UP-07 UP-09 UP-15 Custódia Arcoverde Pedra Alagoinha Ibimirim Venturosa Floresta Buique Tupanatinga SISAR MOXOTÓ lnajá Manari Itaiba UP - UNIDADES DE PLANEJAMENTO HÍDRICO Águas Belas UP-05 - IPOJUCA UP-09 - IPANEMA Jatobá UP-10 - MOXOTÓ UP-11 - PAJEÚ

Figura 16 - Municípios do SISAR Moxotó e unidades de planejamento do PERH|PE 2022

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Pernambuco (2022).

O município de Arcoverde está localizado dentro das áreas de influência das Bacias Hidrográficas dos rios Ipanema, Moxotó e Ipojuca. Os principais afluentes do rio Ipanema incluem os rios Topera, Cordeiro, Dois Riachos e rio dos Bois, além de uma série de riachos,

tais como o do Mororó, Mulungú, Pinto, Mandacaru, e riacho da Luíza. Os principais afluentes do rio Moxotó são os rios Piutá e Priapé, e os riachos do Saquinho, Lajedo, Custódia, Capiti, Juazeiro, Feliciano, Salgado, Pioré e riacho do Parafuso. Já em relação ao rio Ipojuca, seus principais afluentes são os riachos Liberal, Taquara, do Mel, do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca. Os principais rios que cortam os municípios do SISAR Moxotó são ilustrados na Figura 17.

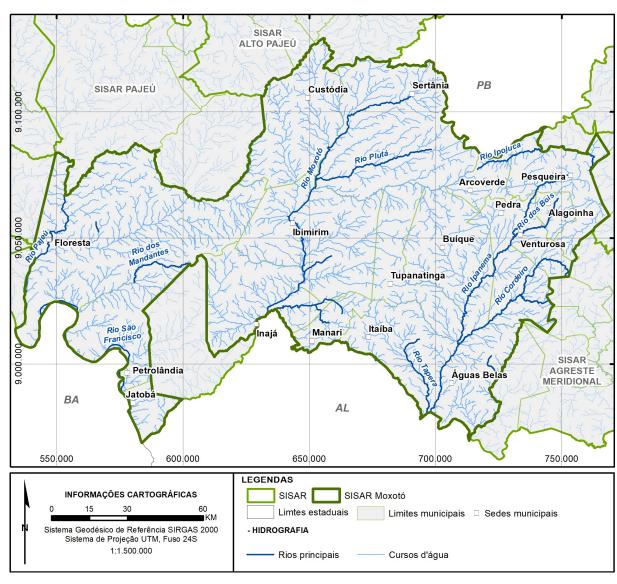


Figura 17 - Rios principais e cursos d'água do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Pernambuco (2022).

No que diz respeito aos recursos hídricos subterrâneos, pode-se afirmar que Pernambuco é um estado com baixo potencial hidrogeológico devido à predominância das rochas cristalinas, que possuem baixa capacidade de armazenamento e de transmissão de água subterrânea.

Juntamente com isso, o clima predominantemente semiárido do Estado, caracterizado por baixos níveis de precipitação e altas taxas de evaporação, resulta na concentração de sais dissolvidos nos aquíferos e influencia a qualidade da água, que, em muitos casos, é considerada salobra (Pernambuco, 2022).

As águas subterrâneas em Pernambuco estão distribuídas em reservatórios fissurais, granulares e cársticos, que abrangem, respectivamente, 83%, 17% e 1% da superfície do Estado (Pernambuco, 2022). Os aquíferos porosos (granulares) são caracterizados pela circulação da água nos espaços entre os grãos constituintes das rochas sedimentares ou sedimentos. Por outro lado, os aquíferos fissurais são definidos pela circulação da água através das fraturas das rochas cristalinas. Já os aquíferos cársticos, conforme classificação apresentada pela CPRM (2014), são compostos por rochas carbonáticas, metamórficas ou sedimentares, nas quais se desenvolvem aberturas ou cavidades devido à dissolução.

A Figura 18 apresenta a distribuição dos aquíferos presentes no Estado de Pernambuco. Toda a área lilás da imagem representa o aquífero fissural, onde há predominância de rochas cristalinas fraturadas.

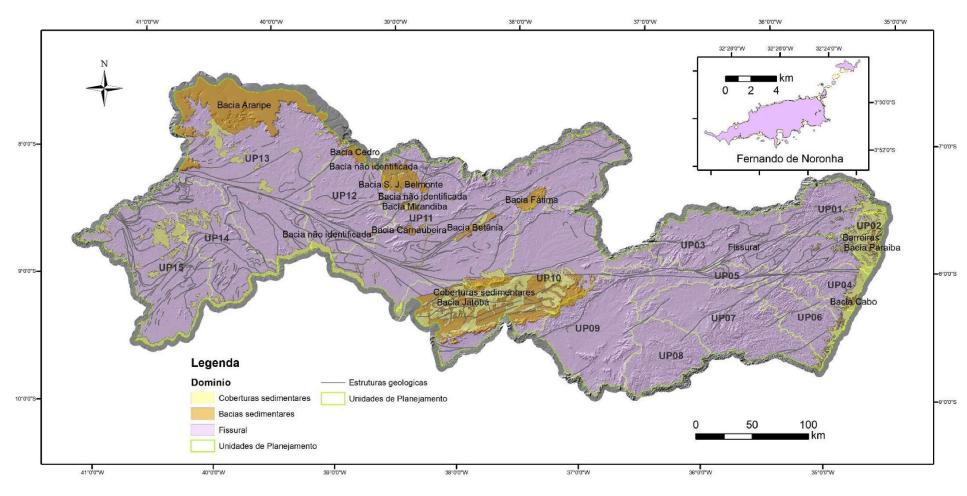


Figura 18 - Distribuição dos aquíferos por domínio hidrogeológico e por unidade de planejamento (UP), no Estado de Pernambuco

Fonte: Pernambuco (2022).

#### 4.3.2 Características socioeconômicas

Nesta seção, serão apresentadas as características socioeconômicas dos municípios pertencentes ao SISAR Moxotó, coletando-se os dados mais recentes disponíveis. Os dados de população, densidade populacional, taxa de crescimento entre os últimos dois censos demográficos 2010 (IBGE, 2010) e 2022 (IBGE, 2022), e PIB per capita relativo ao ano de 2021 (IBGE, 2024) dos municípios do SISAR em estudo são expostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados socioeconômicos dos municípios do SISAR Moxotó

Município	População (hab)	Densidade Populacional (hab/km²)	Taxa de crescimento geométrico (%)	PIB per capita 2021 (R\$)
Águas Belas	41.548	46,89	0,27	9.132,13
Alagoinha	13.542	63,20	-0,01	9.794,90
Arcoverde	77.742	226,04	1,09	16.141,61
Buíque	52.097	38,98	0,00	9.235,21
Custódia	37.699	26,85	0,90	15.780,83
Floresta	30.137	8,36	0,24	13.294,71
Ibimirim	26.593	14,13	0,20	11.158,32
Inajá	25.603	20,79	2,08	8.191,73
Itaíba	32.650	30,75	1,88	10.789,31
Jatobá	14.020	50,46	0,03	10.318,90
Manari	23.763	68,94	2,40	6.293,67
Pedra	22.795	24,71	0,43	13.488,22
Pesqueira	62.722	65,33	0,00	12.776,40
Petrolândia	34.161	32,33	0,42	44.994,80
Sertânia	32.811	13,55	-0,24	10.151,94
Tupanatinga	26.937	28,82	0,82	8.172,21
Venturosa	17.251	51,33	0,41	13.132,41

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2022) e (IBGE, 2024)

Observando a população absoluta, o município mais populoso do SISAR Moxotó é Arcoverde com 77.742 habitantes, e o menos populoso é Alagoinha com 13.542. Já analisando a densidade populacional, tem-se Arcoverde como município mais povoado e Floresta como menos povoado, com 226,04 e 8,36 habitantes/km², respectivamente.

A Tabela 3 também aponta a taxa de crescimento geométrico que demonstra o percentual de crescimento populacional entre dois períodos de tempo. Analisando esse indicador, percebe-se que a maioria dos municípios tiveram crescimento populacional entre os anos dos censos demográficos, com exceção de Sertânia, Alagoinha, Buíque e Pesqueira.

O PIB *per capita* ou PIB por pessoa é o indicador que representa o que cada pessoa do local analisado teria do total de riquezas que são produzidas no país. Quando se compara os municípios do SISAR Moxotó com a capital do Estado, Recife, que possui PIB *per capita* de R\$ 33.094,37, nota-se que apenas 1 município dos 17 tem o PIB *per capita* superior ao da capital, que é Petrolândia com R\$ 44.994,80.

Para o acompanhamento do desenvolvimento socioeconômico brasileiro, pode-se utilizar o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) que acompanha três áreas: 1) Emprego & Renda, 2) Educação e 3) Saúde. O IFDM é similar ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, que foi uma adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH desenvolvido pelas Nações Unidas. A diferença entre eles é que o IDHM e o IDH se baseiam em dados censitários, já o IFDM tem informações disponíveis a cada ano (Pernambuco, 2022).

O IFDM foi concebido e é calculado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) para todos os municípios do Brasil e a última avaliação disponível é de 2016, enquanto o IDHM se refere a 2010 (Pernambuco, 2022). Devido à sua maior atualidade, optouse por sua utilização como métrica do desenvolvimento humano municipal no SISAR Moxotó em Pernambuco. Sua leitura é muito simples: o índice varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento da localidade. A classificação do IFDM acontece em quatro categorias, conforme Figura 19.

Alto desenvolvimento:
resultados superiores a 0,8 ponto.

Desenvolvimento regular:
resultados compreendidos entre
0,6 e 0,8 ponto.

Baixo desenvolvimento:
resultados inferiores a 0,4 ponto.

Figura 19 - Leitura do IFDM

Fonte: FIRJAN (2018).

0,4 e 0,6 ponto.

A Tabela 4 apresenta os dados do IFDM Geral e das três áreas: Emprego e Renda, Educação e Saúde dos municípios do SISAR Moxotó na escala de cores que deve ser realizada a leitura do índice.

Tabela 4 - Dados do IFDM nos municípios do SISAR Moxotó

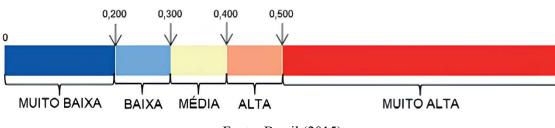
Município	IFDM Geral	IFDM Emprego & Renda	IFDM Educação	IFDM Saúde
Águas Belas	0,55	0,30	0,62	0,74
Alagoinha	0,61	0,42	0,61	0,81
Arcoverde	0,69	0,53	0,75	0,79
Buíque	0,55	0,36	0,62	0,68
Custódia	0,62	0,35	0,74	0,77
Floresta	0,66	0,51	0,73	0,75
Ibimirim	0,52	0,25	0,68	0,63
Inajá	0,51	0,44	0,53	0,55
Itaíba	0,59	0,33	0,62	0,82
Jatobá	0,62	0,39	0,73	0,73
Manari	0,60	0,39	0,59	0,81
Pedra	0,60	0,38	0,67	0,76
Pesqueira	0,62	0,44	0,67	0,76
Petrolândia	0,69	0,50	0,71	0,85
Sertânia	0,53	0,27	0,73	0,59
Tupanatinga	0,59	0,33	0,69	0,75
Venturosa	0,64	0,35	0,72	0,86

Fonte: Elaborado pela autora a partir de FIRJAN (2018).

Através do IFDM Geral, nota-se que os municípios do SISAR Moxotó possuem desenvolvimento moderado ou regular. A média do IFDM Geral do SISAR Moxotó é 0,60, valor inferior ao índice nacional de 0,67. Quando se observa as três áreas do índice, Emprego & Renda expõe-se como a área mais deficitária, com a maior parte dos municípios apresentando desenvolvimento baixo.

Outro indicador analisado no âmbito socioeconômico foi o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o qual possui três dimensões: IVS Infraestrutura Urbana, IVS Capital Humano, e IVS Renda e Trabalho. O IVS é um índice que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município (Figura 20).

Figura 20 - Faixas do IVS



Fonte: Brasil (2015).

Na Figura 21 observa-se a distribuição espacial da vulnerabilidade social nos municípios pertencentes ao SISAR Moxotó. Dos 17 municípios pertencentes ao SISAR, 10 possuem vulnerabilidade social muito alta. Arcoverde é o município com menor IVS (0,355) e Inajá é a cidade com maior IVS (0,656).

SISAR ALTO PAJEÚ Sertânia PB SISAR PAJEÚ Custódia 9.100.000 Pesqueira Alagoinha Pedra **Ibimirim** Venturosa Floresta Buíque Tupanatinga Itaíba Manari Petrolândia SISAR Águas Belas AGRESTE MERIDIONAL BA AL600,000 650,000 700,000 550,000 750,000 LEGENDAS INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS SISAR SISAR Moxotó Limtes estaduais Limites municipais 

Sedes municipais Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 Sistema de Projeção UTM, Fuso 24S - ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL

Figura 21 - Índice de vulnerabilidade social (2010) nos municípios do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Brasil (2015).

BAIXA (0,200 - 0,300)

MÉDIA (0,300 - 0,400)

MUTO BAIXA (0 - 0,200)

1:1.500.000

Por fim, em relação à estrutura produtiva setorial das Unidades de Planejamento (UPs), são destacados aspectos das 4 UPs que fazem parte da área de abrangência do SISAR Moxotó: UP05, 09, 10 e 11. Os setores de Serviços e de Administração Pública preponderam como os principais geradores de renda das UPs. A indústria igualmente tem papel destacado na economia da UP do Rio Ipojuca (UP05). De modo geral, a agropecuária tem peso fraco na geração da renda das UPs, embora seja importante ressaltar que sua participação pode ser ampliada considerando um multiplicador de 4,5 devido às atividades que estimula em outros setores produtivos (Pernambuco, 2022).

# 4.3.3 Situação da prestação dos serviços de saneamento

Nos itens subsequentes, apresenta-se a situação da prestação dos serviços de água, esgoto e resíduos sólidos para os municípios pertencentes ao SISAR Moxotó.

### 4.3.3.1 Abastecimento de água

Na Tabela 5, podem ser observados todos os sistemas integrados e isolados que atendem os municípios pertencentes ao SISAR em estudo. No que diz respeito aos sistemas, foram identificados 4 municípios que são atendidos por sistemas integrados, 8 municípios são atendidos por sistemas integrados e isolados e 5 por sistemas exclusivamente isolados.

Quanto ao tipo de manancial, 3 municípios são atendidos por manancial subterrâneo, 6 por mananciais superficiais e subterrâneos e os demais 8 municípios são atendidos exclusivamente por mananciais superficiais.

O Atlas Águas 2021 (Brasil, 2021), elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), caracteriza a Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano através do índice ISH-U que considera no seu cálculo outros dois subíndices: o diagnóstico da produção (vulnerabilidade do manancial e necessidades do sistema produtor), e o diagnóstico do sistema de distribuição (cobertura do atendimento com sistema de abastecimento de água e desempenho técnico no gerenciamento das perdas).

O resultado da segurança hídrica do abastecimento através do ISH-U para cada município do SISAR Moxotó é apresentado na Tabela 5. Esse índice pode resultar em cinco categorias de segurança hídrica: mínima, baixa, média, alta e máxima, conforme ilustrado na Figura 22.

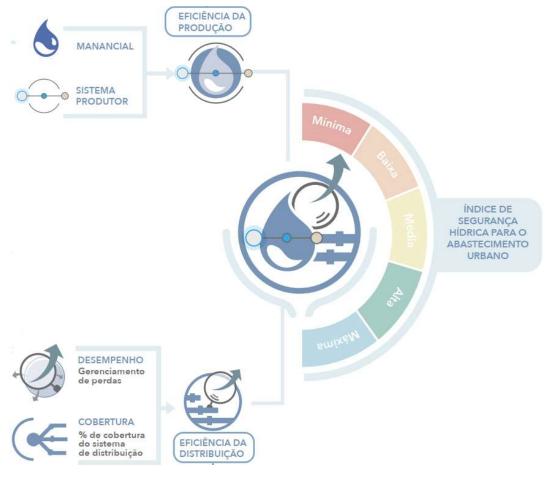


Figura 22 - Índice de segurança hídrica urbano – Atlas Águas 2021

Fonte: Brasil (2021).

Na Figura 23, apresenta-se a situação do abastecimento de água dos municípios pertencentes ao SISAR Moxotó. Arcoverde e Petrolândia são as cidades com maior cobertura de abastecimento de água pela rede geral, cerca de 85,70% e 85,19%, respectivamente (IBGE, 2022).

Quando se compara a Pernambuco (com 71,30% dos domicílios que possuem ligação à rede geral e a utiliza como forma principal), 13 dos 17 municípios do SISAR Moxotó possuem cobertura inferior ao atendimento do Estado. As três cidades com índices mais preocupantes são Águas Belas, Buíque e Manari, com abastecimento de água pela rede geral de menos de 40% dos seus domicílios (IBGE, 2022).

Tabela 5 - Sistemas de abastecimento de água dos municípios do SISAR Moxotó

Município	Operador oficial	Tipo de sistema	Sistema	Tipo de manancial	Manancial de abastecimento	Segurança hídrica do abastecimento urbano
Águas Belas	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Isolado Águas Belas	Superficial	Barragem Comunati / Barragem Lamarão / Reservatório Ipojuca	Alta
Alagoinha	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado	Adutora do Agreste / Integrado Ipaneminha	Superficial	Barragem Ipaneminha / Reservatório Ipojuca	Média
Arcoverde	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Integrado Jatobá / Isolado Arcoverde	Superficial / Subterrânea	Açude Riacho do Pau / Barragem Moxotó / Reservatório Ipojuca / Subterrâneo	Alta
Buíque	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Isolado Buique	Superficial / Subterrânea	Barragem Mulungu / Reservatório Ipojuca / Subterrâneo	Alta
Custódia	Companhia Pernambucana de Saneamento	Isolado	Custódia 1 / Custódia 2	Superficial / Subterrânea	Barragem Marrecas / Barragem Moxotó / Subterrâneo	Alta
Floresta	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Floresta / Integrado Pajeú	Superficial	Barragem Itaparica / Lago de Itaparica	Alta
Ibimirim	Companhia Pernambucana de Saneamento	Isolado	Ibimirim	Subterrânea	Subterrâneo	Média
Inajá	Prefeitura Municipal de Inajá	Isolado	Inajá - SD / Inajá - Sem Tratamento	Subterrânea	Subterrâneo	Média
Itaíba	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado	Adutora do Agreste / Tupanatinga/Itaíba	Superficial / Subterrânea	Reservatório Ipojuca / Subterrâneo	Alta
Jatobá	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado	Jatobá/Tacaratu	Superficial	Rio São Francisco	Média
Manari	Companhia Pernambucana de Saneamento	Isolado	Manari	Subterrânea	Subterrâneo	Média

Município	Operador oficial	Tipo de sistema	Sistema	Tipo de Manancial de abastecimento		Segurança hídrica do abastecimento urbano
Pedra	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Isolado Pedra	Superficial	Açude Mororó / Reservatório Ipojuca	Alta
Pesqueira	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Integrado Ipaneminha / Pesqueira	Superficial	Barragem Afetos / Barragem Ipaneminha / Barragem Pão de Açúcar / Barragem Pedra d'Água / Barragem Santana / Reservatório Ipojuca	Média
Petrolândia	Companhia Pernambucana de Saneamento	Isolado	Petrolândia	Superficial	Rio São Francisco	Alta
Sertânia	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Integrado Jatobá / Sertânia - Açudes	Superficial / Subterrânea	Açude Barra / Subterrâneo	Média
Tupanatinga	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado	Adutora do Agreste / Tupanatinga/Itaíba	Superficial / Subterrânea	Reservatório Ipojuca / Subterrâneo	Máxima
Venturosa	Companhia Pernambucana de Saneamento	Integrado / Isolado	Adutora do Agreste / Isolado Venturosa	Superficial	Barragem Ingazeira / Reservatório Ipojuca	Alta

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Brasil (2021).

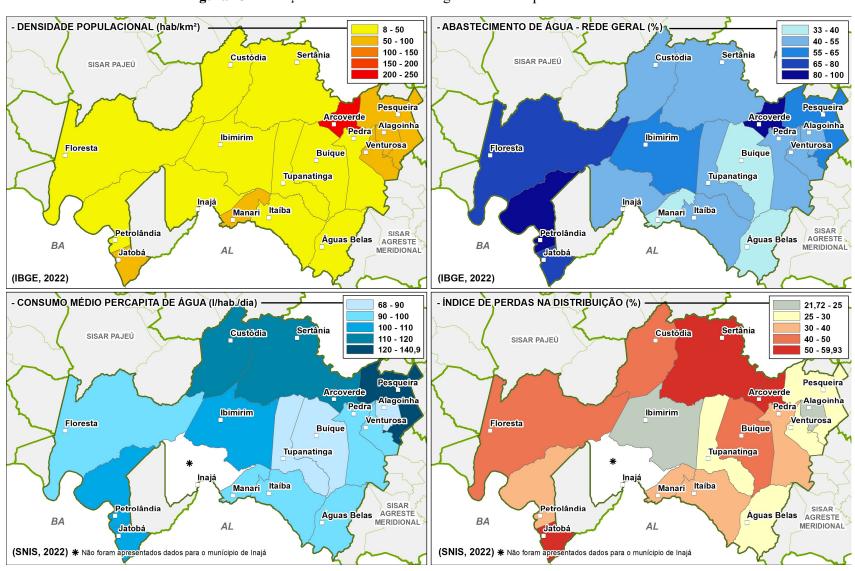


Figura 23 - Situação do abastecimento de água nos municípios do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2022) e SNIS (2022).

# 4.3.3.2 Esgotamento sanitário

Na Figura 24 observam-se os principais indicadores do esgotamento sanitário para os municípios pertencentes ao SISAR Moxotó. Nota-se que dos 17 municípios do SISAR Moxotó, 10 possuem o índice de conexão à rede de esgoto menor que o Estado de Pernambuco, onde aproximadamente 53,54% dos domicílios possuem rede geral, rede pluvial ou fossa ligada à rede de esgoto. Apenas Arcoverde apresenta um indicador positivo com cerca de 86% dos domicílios com conexão à rede de esgoto (IBGE, 2022).

Manari apresenta um número bastante alarmante de somente 2,91% dos domicílios ligados à rede. Em contrapartida, aproximadamente 75% dos domicílios deste município utilizam fossa rudimentar ou buraco, 2% usam fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede, e os outros quase 20% utilizam outras formas de esgotamento como vala, rio, lago, córrego ou mar, ou não tinham banheiro nem sanitário. Outras cidades que merecem destaque por possuírem baixa conexão à rede e alto uso de fossa rudimentar ou buraco é Inajá, Buíque e Tupanatinga (IBGE, 2022).

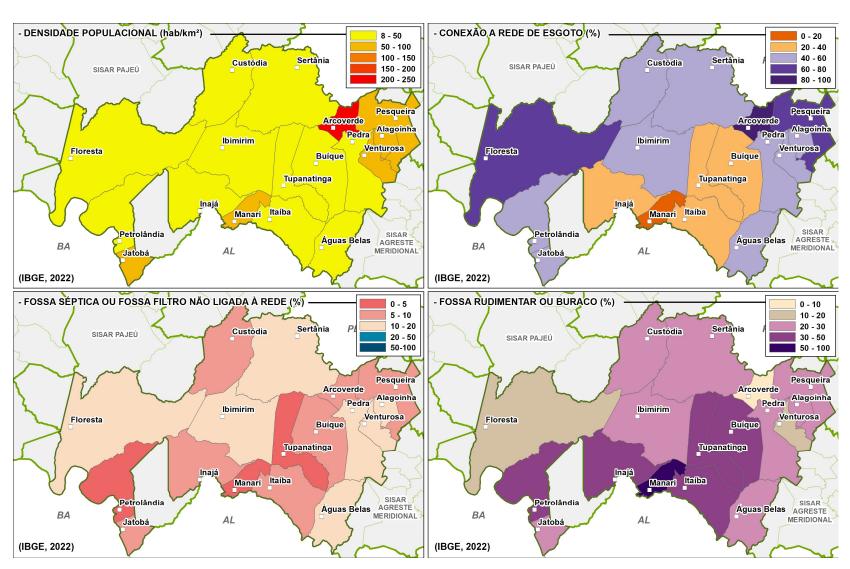


Figura 24 - Indicadores de esgotamento sanitário nos municípios do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2022)

#### 4.3.3.3 Resíduos sólidos

Na Figura 25 observam-se os principais indicadores de resíduos sólidos, a partir da destinação do lixo, para os municípios pertencentes ao SISAR Moxotó. Nota-se que dos 17 municípios do SISAR Moxotó, apenas 2 possuem a porcentagem dos domicílios com lixo coletado (coletado no domicílio por serviço de limpeza ou depositado em caçamba de serviço de limpeza) superior ao atendimento de coleta do Estado de Pernambuco, onde aproximadamente 85,57% dos domicílios possuem lixo coletado. Esses dois municípios são Petrolândia e Arcoverde, que possuem 87,52% e 94,37% dos domicílios com lixo coletado, respectivamente (IBGE, 2022).

Observando a parcela dos municípios com destinação inadequada do lixo, percebe-se que 5 cidades do SISAR em estudo (Tupanatinga, Buíque, Itaíba, Inajá e Manari) apresentam mais da metade dos domicílios com destinação incorreta dos resíduos sólidos, seja através do lixo queimado ou enterrado na propriedade; jogado em terreno baldio, encosta ou área pública; ou por meio de outra destinação inadequada.

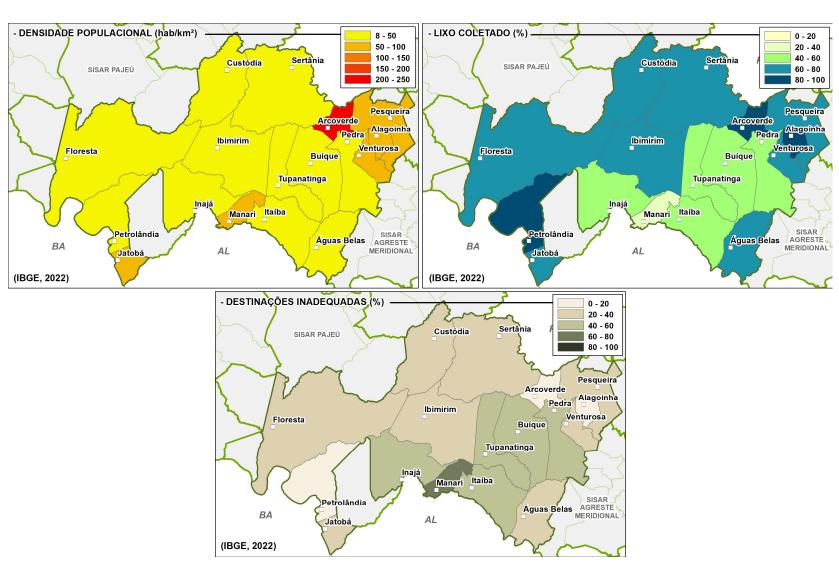


Figura 25 - Indicadores de destinação dos resíduos sólidos nos municípios do SISAR Moxotó

Fonte: Elaborado pela autora a partir de IBGE (2022).

# 4.3.4 Situação da prestação dos serviços de saúde pública

Em relação à prestação dos serviços de saúde pública, a Tabela 6 apresenta a quantidade de estabelecimentos de saúde por tipo e por município do SISAR Moxotó. De acordo com o DATASUS (Brasil, 2024), pode-se definir os conceitos dos tipos de estabelecimentos de saúde conforme segue:

**Posto de Saúde**: Unidade destinada à prestação de assistência a uma determinada população, de maneira programada ou não, por profissional de nível médio, com ou sem a presença regular do médico.

Centro de Saúde/Unidade Básica de Saúde: Unidade designada para fornecer atendimentos de atenção básica e integral a uma população, de maneira programada ou não, nas especialidades básicas, podendo oferecer assistência odontológica e de outros profissionais de nível superior. A assistência deve ser contínua e prestada por médico generalista ou especialista nestas áreas. Podendo ou não oferecer: SADT (Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico) e Pronto atendimento 24 Horas.

**Policlínica**: Unidade de saúde destinada à prestação de atendimento ambulatorial em várias especialidades, incluindo ou não as especialidades básicas, podendo ainda ofertar outras especialidades não médicas. Podendo ou não oferecer: SADT e Pronto atendimento 24 Horas.

**Hospital Geral**: Hospital voltado à prestação de atendimento em diversas especialidades básicas, por especialistas e/ou outras especialidades médicas. Pode contar com serviço de Urgência/Emergência. Deve dispor de SADT de média complexidade.

Unidade de Vigilância em Saúde: É o estabelecimento isolado que realiza trabalho de campo investigando casos notificados e seus contatos, com o objetivo de identificar fontes e modo de transmissão; grupos expostos a maior risco; fatores determinantes; confirmar o diagnóstico e determinar as principais características epidemiológicas, orientando medidas de prevenção e controle para evitar a ocorrência de novos eventos. Também pode ser definida como o estabelecimento de saúde isolado responsável pela execução de uma série de ações, capaz de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde, intervindo em problemas sanitários relacionados

ao meio ambiente, à produção e circulação de bens e à prestação de serviços de interesse da saúde.

Tabela 6 - Principais estabelecimentos de saúde por tipo por município do SISAR Moxotó

Município	Posto de Saúde	Centro de Saúde/ Unidade Básica	Policlínica	Hospital Geral	Unidade de Vigilância em Saúde
Águas Belas	-	20	1	1	-
Alagoinha	-	7	-	-	-
Arcoverde	5	30	1	2	-
Buíque	-	21	-	2	-
Custódia	1	17	-	2	1
Floresta	-	11	1	2	1
Ibimirim	1	13	1	1	1
Inajá	2	8	-	1	1
Itaíba	-	11	-	1	-
Jatobá	-	5	-	1	-
Manari	-	8	-	-	1
Pedra	1	11	-	1	1
Pesqueira	5	19	3	2	-
Petrolândia	-	13	2	2	2
Sertânia	3	19	-	2	1
Tupanatinga	1	9	-	1	1
Venturosa	1	9	-	-	-
TOTAL	20	231	9	21	10

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Brasil (2024).

Arcoverde é o município do SISAR com mais estabelecimentos de saúde, contando com 5 postos de saúde, 30 unidades básica, 1 policlínica e 2 hospitais gerais. Na sequência, tem-se Pesqueira. Esses são os dois municípios mais populosos do SISAR Moxotó, Arcoverde possui 77.742 habitantes e Pesqueira 62.722 habitantes, de acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2022).

Dessa forma, observa-se que a quantidade de estabelecimentos de saúde é diretamente proporcional ao número de habitantes do município. Essa hipótese é confirmada quando se analisa também as cidades com menos estabelecimentos de saúde, Jatobá e Alagoinha, contendo 6 e 7 estabelecimentos de saúde, respectivamente. Ambos são os municípios menos populosos do SISAR em estudo.

# 4.4 Visita em campo

Em 26 de setembro de 2023, foi realizada uma visita em campo nas comunidades com obras geridas pelo SISAR em Arcoverde: Riacho do Meio e Complexo Caraíbas. A visita foi viabilizada através de apoio da presidente do SISAR Moxotó. Primeiramente, iniciou-se a visita no escritório do SISAR Moxotó, localizado na gerência da COMPESA (Rua 22 de setembro – Arcoverde/PE). As Figura 26 e Figura 27 ilustram esse momento da visita.

Figura 26 - Escritório do SISAR Moxotó, presente na gerência da COMPESA em Arcoverde



Fonte: Autora (2023).

Figura 27 - Placa de inauguração do SISAR Moxotó, no escritório em Arcoverde



Do escritório do SISAR Moxotó, a presidente do SISAR e sua equipe conduziram a segunda parte da visita nas duas comunidades a serem estudadas. No caminho, foi explicado que os sistemas geridos pelo SISAR em Arcoverde são alimentados através de água da Adutora do Agreste, que passa pela Rodovia BR-232, e por meio de um booster, a água vence a gravidade e é lançada para cotas superiores, abastecendo a comunidade Complexo Caraíbas, por onde iniciou-se a visita.

No sistema Caraíbas, há três operadores que lidam com uma Estação de Tratamento de Água (ETA) e com as redes. O tratamento realizado é com pastilha de cloro, ainda não estavam aplicando sulfato naquele momento, mas a presidente pontuou que será necessário, então deverá haver uma adequação no sistema. A presidente do SISAR Moxotó apresentou a ETA do sistema Caraíbas, os filtros, as bombas e os RAPs – reservatórios, conforme são apresentados nas Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31. Ao lado da ETA, encontra-se o posto de saúde da comunidade, UBSF Severiano de Britto Freire, ilustrado na Figura 32.

Da ETA Caraíbas, a água vai em direção aos três reservatórios que abastecem a comunidade Complexo Caraíbas, cada um deles têm capacidade para 32 mil litros de água, o que equivale a quase 100 mil litros para distribuir por toda comunidade.



Figura 28 - Estação de tratamento de água (ETA) do sistema Caraíbas

**Figura 29 -** Filtros do sistema Caraíbas



Fonte: Autora (2023).

Figura 30 - Bombas do sistema Caraíbas





Figura 31 - Reservatórios do sistema Caraíbas

Fonte: Autora (2023).



Figura 32 - Posto de saúde da comunidade Complexo Caraíbas

A COMPESA instala macromedidores em cada derivação do seu sistema, e o SISAR paga uma conta de água para a COMPESA pela retirada de água da Adutora do Agreste. Cada casa atendida pelas obras geridas pelo SISAR possui medidores, que geram uma fatura todos os meses para o SISAR, ou seja, o SISAR paga uma conta de água para COMPESA e os usuários pagam uma conta de água para o SISAR, que serve para custear toda operação e manutenção do sistema.

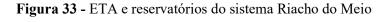
Mensalmente, é realizado um repasse para a operação do sistema: SISAR e associação. O sistema é operacionalizado através da associação, no caso de Caraíbas é Associação Comunitária de Caraíbas. O vínculo do SISAR é com a associação, e o vínculo dos operadores também é com a associação, e não com o SISAR. Cada operador recebe 7 reais por conta paga e 3 reais de cada conta é destinada para a associação, esses são custos fixos.

Na sequência da visita, a equipe se dirigiu para a comunidade Riacho do Meio, que também possui obra de abastecimento de água gerida pelo SISAR Moxotó. Diferentemente do Complexo Caraíbas, para alimentar o Riacho do Meio, não foi necessário um booster, o abastecimento acontece todo por gravidade. Tanto as obras do Complexo Caraíbas quanto do Riacho do Meio foram executadas pela Secretaria de Recursos Hídricos e de Saneamento – SRHS, e hoje são geridas pelo SISAR Moxotó.

No Riacho do Meio, o sistema também é composto pela ETA, RAP – Reservatório Apoiado, e redes. Das obras da SRHS geridas pelo SISAR, este sistema foi o primeiro a ser inaugurado em Arcoverde. O Sistema do Riacho do Meio (ETA e Reservatórios) está localizado na mesma delimitação de área, conforme apresentado na Figura 33. As Figura 34, Figura 35 e Figura 36 ilustram a ETA do sistema Riacho do Meio, um exemplo de medidor instalado nas casas e o posto de saúde da referida comunidade, respectivamente.

Enquanto as obras de abastecimento estão em fase de construção, a responsabilidade pelas ligações no sistema é do órgão responsável pela construção, no caso de Arcoverde foi a Secretaria de Recursos Hídricos e de Saneamento – SRHS. Após conclusão das obras, a Secretaria (ou órgão responsável) entrega a obra para o SISAR fazer toda operação e manutenção do sistema, a partir deste momento, qualquer nova ligação é de responsabilidade do SISAR, o próprio operador do sistema implanta as novas ligações. No período da visita, a

presidente do SISAR Moxotó informou que o custo por ligação era de 93 reais, custeado pelo usuário.





Fonte: Autora (2023).

Figura 34 - ETA sistema Riacho do Meio





Figura 35 - Exemplo de medidor instalado nas casas

Fonte: Autora (2023).



Figura 36 - Posto de saúde da comunidade Riacho do Meio

Até o período da visita, o Sistema Riacho do Meio contava com 222 ligações ativas, e Complexo Caraíbas possuía 505 ligações ativas, sendo este último com 138 novas ligações (expansão de rede que aconteceu após a construção das obras). Através de contato com a Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento (SRHS) do Estado de Pernambuco, foi possível obter informações atualizadas (de abril de 2024) dos sistemas e comunidades beneficiadas do SISAR Moxotó, conforme é apresentado na Tabela 7.

Em relação às comunidades visitadas, no relatório preliminar de cadastramento de comunidade rural, publicado através da Carta Consulta 2170/2020 emitida pela COMPESA (Pernambuco, 2020a), foram mapeadas 255 famílias e 1020 pessoas a serem beneficiadas pelo SISAR Moxotó em Riacho do Meio. Em abril de 2024, havia 227 ligações ativas e a população estimada atendida nesta comunidade era de 980 habitantes, ou seja, o sistema já estava atendendo cerca de 96% do número de pessoas previstas na etapa de planejamento do SISAR.

Já para a comunidade Complexo Caraíbas, através da Carta Consulta 3935/2020 (Pernambuco, 2020b), o relatório preliminar de cadastramento apontou o mapeamento de 800 pessoas e 200 famílias. Em abril de 2024, foram registradas 545 ligações ativas e 2.332 pessoas beneficiadas pelo sistema, atingindo quase 300% da estimativa da população beneficiada na fase de cadastramento. O percentual de atendimento nas duas comunidades mencionadas confirma os resultados positivos do abastecimento de água realizado pelo SISAR Moxotó, evidenciando a eficácia do planejamento implementado.

Como observado na Tabela 7, atualmente o SISAR Moxotó está gerindo sistemas em 10 dos 17 municípios pertencentes a ele, e conta com 5.334 imóveis cadastrados e 21.336 pessoas beneficiadas pelo sistema de abastecimento de água gerido pelo SISAR. Há um ano, em abril de 2023, eram 4.375 imóveis cadastrados e 19.796 habitantes atendidos pelo sistema, ou seja, houve um aumento de cerca de 20% nos imóveis cadastrados e 8% na população atendida.

Tabela 7 - Dados atualizados do SISAR Moxotó (abril/2024)

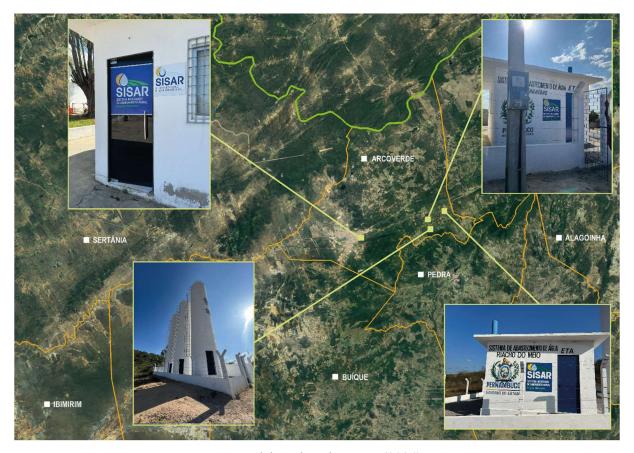
Município	SAA	Manancial	Comunidades beneficiadas	Número de imóveis cadastrados	Ligações ativas	Ligações cortadas	População estimada atendida em número de usuários
Arcoverde	Riacho do Meio	Adutora do Agreste	Riacho do Meio	245	227	18	980
Arcoverde	Complexo de Caraíbas	Adutora do Agreste	Caraíbas, Caraíbas Velha, 15 Metros, Agrovila, Riacho do Mel	583	545	38	2.332
Buíque	Vila do Carneiro e Barro Preto	ETA Compesa Buíque (Mulungu)	Povoado Vila do Carneiro e Povoado Barro Preto	641	556	85	2.564
Buíque	Barra dos Domingos	Brejo São José	Barra dos Domingos e Barra dos Picos	87	75	12	348
Custódia	Carvalho e Lagoa da Onça	Canal da Transposição	Carvalho, Lagoa da Onça, Riacho dos Porcos, Samambainha, Boa Vista, Umbuzeiro, Riacho Novo, Soares, Tamboril, Serrote, Cedro, Fazendinha.	643	453	190	2.572
Custódia	Samambaia (Em Obras)	Canal da Transposição	Samambaia, Santa Rita, São Boa Ventura, Porteiras, Fazenda Nova, Cacimbinha de Baixo, Santo Antonio, Caiçara, Salgado, Poço Escuro, Barriguda, Papagaio, Lages, Cavaco, Juá1, Juá 2.	563 Imóveis já cadastrados, falta concluir.	-	-	2.252
Floresta	Agrovilas	Canal da Transposição	Agrovila 06, Fazenda Mari, Riacho Grande e Catende	140	133	7	560
Petrolândia	Agrovilas	Canal da Transposição	Agrovilas 04 e 05 Bloco Mandantes	398	348	50	1.592
Pedra	Horizonte Alegre	ETA Compesa Pedra (Açude Mororó)	Povoado Horizonte Alegre	502	449	62	2.008
Pedra	Poço do Boi	(Sem Abastecimento)	Povoado Poço do Boi	260	232	28	1.040

Município	SAA	Manancial	Comunidades beneficiadas	Número de imóveis cadastrados	Ligações ativas	Ligações cortadas	População estimada atendida em número de usuários
Itaíba	Salgado e Lagoa do Bento	Poços Compesa Tupanatinga	Povoado Salgado e Quilombo Lagoa do Bento	244	217	27	976
Itaíba	Angico Torto e Barra Verde	Adutora do Agreste	Assentamento Angico Torto e Assentamento Barra Verde		175	2	708
Ibimirim	Pocinhos	Adutora do Jatobá	Assentamento Pocinhos	26	21	5	104
Sertânia	Rio da Barra e Waldemar Siqueira	Canal da Transposição	Salgado Santa Maria Pinhoes		543	57	2.400
Sertânia	Pinheiro	Adutora do Jatobá	Pinheiro de Cima e Pinheiro de Baixo 92		84	7	368
Sertânia	Maniçoba	Adutora do Jatobá	Maniçoba e Fazendinha	85	84	1	340
Pesqueira	Campo de Aviação	Adutora do Agreste	Campo de Aviação (Em Obras)	48	48	0	192
Arcoverde	Ipojuca	Adutora do Agreste	Povoado de Ipojuca (Em Obras)	-	-	-	-
Total: 10	17	8	68	5.334	4.190	589	21.336

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Pernambuco (2024).

Na Figura 37, são apresentadas as fotos da sede do SISAR Moxotó e dos sistemas do Complexo Caraíbas e do Riacho do Meio localizadas no município de Arcoverde.

**Figura 37 -** Mapa com imagens da sede do SISAR Moxotó e das comunidades beneficiadas de Arcoverde



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Por fim, avaliando a situação do SISAR Moxotó, através da visita em campo e levando em consideração a Revisão Sistemática da Literatura realizada nesta pesquisa, pode-se afirmar que, apesar de bem-sucedido, ainda há espaço para implementação de outras ações de melhoria nesse sistema. O levantamento bibliográfico ajudou a destacar as limitações e desafios associados apenas a medidas relacionadas com infraestruturas para melhorar o acesso à água ou para a coleta de esgoto. No contexto do saneamento rural, a participação ativa do Governo e a formação de parcerias com as comunidades são aspectos essenciais para a concepção de estratégias destinadas a diminuir as vulnerabilidades sociais e a promover a melhoria da saúde nas áreas rurais.

Neste sentido, Meleg (2012) afirma, através da experiência dos SISARs em outros estados, que há necessidade de adaptação do modelo SISAR às condições locais específicas. Por meio da visita e análise documental realizada, observou-se que o SISAR Moxotó se mostrou flexível o suficiente para fazer isso. Ainda segundo a autora citada, para se obter o sucesso esperado em sistemas comunitários, recomenda-se fortemente:

- Implementar bases institucionais fortes que mitiguem os riscos;
- Garantir o diálogo constante, a boa comunicação entre as partes interessadas; e
- Assegurar a formação permanente do pessoal técnico, administrativo e social dos SISARs. e dos representantes dos grupos de utilizadores locais.

Já Brown e Pena (2016), através do estudo de duas comunidades rurais do Nordeste que começaram a receber serviços de abastecimento de água através do SISAR, concluiu que dois fatores técnicos (o hidrômetro e a conta mensal) estavam no centro das principais tensões e incertezas para os usuários no novo modelo de gestão da água.

Dessa forma, acredita-se que as oportunidades de melhoria do SISAR Moxotó estão centradas principalmente nos quesitos de:

- comunicação, através do diálogo constante e investimentos em campanhas educativas
  para que o novo usuário do sistema consiga compreender melhor como ele funciona e
  entender qual a relação entre o hidrômetro e a conta de água mensal, evitando assim
  consumos exorbitantes de água e consequentemente inadimplência;
- participação mais ativa do Governo, notou-se que o Governo participou da implementação das obras de saneamento, mas após a entrega da infraestrutura para a operação do SISAR, houve um distanciamento desta parte interessada. No entanto, como o SISAR Moxotó ainda é um sistema muito recente, é imprescindível um acompanhamento mais perto do Governo para apoiar os primeiros anos da gestão comunitária, pois ele detém conhecimento e experiência para enfrentar as adversidades. Neste sentido, sugere-se a participação contínua do Governo Estadual através de reuniões sistemáticas com os gestores e operadores do SISAR Moxotó, a fim de que o sistema continue adquirindo experiências para as atuais e futuras implementações.

O Governo Estadual desempenha um papel crucial na formulação de políticas, na alocação de financiamentos, na supervisão da implementação de projetos e na criação de regulamentações que visam melhorar as condições sanitárias nas áreas rurais. Além disso, a presença do Governo pode facilitar o estabelecimento de parcerias com outras organizações e com as próprias comunidades, promovendo assim uma abordagem colaborativa e sustentável para resolver os desafios de saneamento nessas regiões.

### 4.5 Análise estatística da relação dos indicadores

A partir dos indicadores selecionados de saneamento básico e de saúde pública, foi escolhido um município do SISAR Moxotó para realizar a análise estatística da relação desses indicadores através da série de dados do município. Alguns fatores decisivos na escolha da cidade analisada, Arcoverde, são elencados a seguir:

- Sede do SISAR Moxotó;
- Local onde foi realizada a visita *in loco*; e principalmente
- Disponibilidade dos dados secundários.

O último motivo apresentado foi determinante para a escolha do município de Arcoverde, uma vez que os demais 16 municípios do SISAR Moxotó não apresentaram série suficiente dos indicadores para realização da análise estatística, conforme é exposto no Quadro 6. Foram utilizados os indicadores do SNIS IN055 - índice de atendimento total de água e IN056 - índice de atendimento total de esgoto.

**Quadro 6** - Observações da série histórica dos dados de saneamento nos municípios do SISAR Moxotó

Município	Observações de série histórica dos dados de saneamento		
Águas Belas	O IN055 tem dados a partir de 2005, no entanto o IN056 só tem dados de 3 anos: 2018, 2021 e 2022.		
Alagoinha	O IN055 tem dados a partir de 2006, no entanto o IN056 só tem dados de 6 anos: 2016, 2017, 2019, 2020, 2021 e 2022.		
Arcoverde	O IN055 e IN056 tem dados a partir 2001, sem campos faltantes.		
Buíque	O IN055 tem dados a partir de 2001, no entanto o IN056 só tem dados de 3 anos: 2020, 2021 e 2022.		
Custódia	O IN055 tem dados a partir de 2004, no entanto o IN056 não possui dado em ano algum.		

Município	Observações de série histórica dos dados de saneamento		
Floresta	O IN055 tem dados a partir de 2001, no entanto o IN056 tem dados de 10 anos não consecutivos: 2010, 2011, 2012, 2013, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.		
Ibimirim	O IN055 tem dados a partir de 2003, no entanto o IN056 só tem dados de 7 anos: 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.		
Inajá	O IN055 só tem dados de 5 anos não consecutivos: 2008, 2012, 2013, 2014 e 2015, e o IN056 de 4 anos: 2012 a 2015.		
Itaíba	O IN055 tem dados a partir de 2006, no entanto o IN056 não possui dado em ano algum.		
Jatobá	O IN055 tem dados de 2008 e a partir de 2010, no entanto o IN056 só tem dados de 5 anos não consecutivos: 2008, 2010, 2011, 2021 e 2022.		
Manari	O IN055 tem dados a partir de 2008, no entanto o IN056 não possui dado em ano algum.		
Pedra	O IN055 tem dados a partir de 2004, no entanto o IN056 não possui dado em ano algum.		
Pesqueira	O IN055 tem dados a partir de 2003, no entanto o IN056 só tem dados de 7 anos não consecutivos: 2011, 2014, 2016, 2017, 2020, 2021 e 2022.		
Petrolândia	O IN055 tem dados a partir de 2005, no entanto o IN056 só tem dados de 4 anos não consecutivos: 2014, 2016, 2021 e 2022.		
Sertânia	O IN055 tem dados a partir de 2005, no entanto o IN056 só tem dados de 6 anos não consecutivos: 2010, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.		
Tupanatinga	O IN055 tem dados a partir de 2006, no entanto o IN056 só tem dados de 4 anos não consecutivos: 2014, 2015, 2016 e 2022.		
Venturosa	O IN055 tem dados a partir de 2006, no entanto o IN056 tem dados de 9 anos não consecutivos: 2012, 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.		

Fonte: Elaborado pela autora a partir de SNIS (2022).

Através da realização de procedimentos de regressão linear múltipla e cálculo do coeficiente de determinação, foi realizada a verificação da relação entre a variável dependente (indicador de saúde pública) e as variáveis independentes (indicadores de saneamento básico). Os resultados da análise estatística são apresentados nos subtópicos a seguir, e os dados secundários utilizados com base nas séries de dados de Arcoverde foram consolidados na Tabela 8.

Tabela 8 - Indicadores de saneamento básico e saúde pública de Arcoverde

Ano	Índice de atendimento total de água (%) - IAA	Índice de atendimento total de esgoto (%) - IAE	Taxa de mortalidade infantil - TMI	Internações por diarreia pelo SUS - IDS	Casos prováveis de dengue - CPD
2022	99,8	4,91	10,73	99	84
2021	100	5,01	18,5	97	16
2020	100	5,09	11,8	64	71

Ano	Índice de atendimento total de água (%) - IAA	Índice de atendimento total de esgoto (%) - IAE	Taxa de mortalidade infantil - TMI	Internações por diarreia pelo SUS - IDS	Casos prováveis de dengue - CPD
2019	100	5,13	10,2	143	242
2018	100	5,03	13,78	137	55
2017	100	5,09	27,63	139	11
2016	95,88	5,18	15,73	190	49
2015	93,34	5,31	14,41	172	1667
2014	90,6	4,96	11,22	212	27
2013	85,58	4,16	18,21	232	28
2012	84,76	3,56	12,37	247	136
2011	80,07	3,6	14,47	208	28
2010	78,84	3,67	15,76	258	325
2009	84	3,62	22,37	279	9
2008	82,94	3,64	20,96	390	386
2007	79,11	3,8	26,59	26	59
2006	73,89	3,74	22,6	-	-

Fonte: Elaborado pela autora a partir de SNIS (2022), IBGE (2024) e Brasil (2024).

#### 4.5.1 Análise dos dados

Conforme descrito no capítulo da metodologia, o primeiro passo desta análise estatística consiste na análise dos dados para verificação da presença de possíveis *outliers* que poderiam comprometer o resultado da amostra estudada. Esta etapa é muito importante para garantir a qualidade, precisão e interpretação dos dados, uma vez que *outliers* podem distorcer medidas de tendência central e dispersão, como a média e o desvio padrão, levando a conclusões errôneas sobre o conjunto de dados.

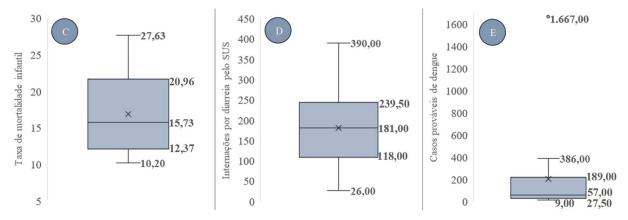
Com o apoio do Excel, através da ferramenta de inserir gráfico tipo "Caixa Estreita", foi possível gerar a representação do *boxplot* de cada uma das variáveis e identificar possíveis *outliers* (Figura 38 e Figura 39).

100 100 100 Índice de atendimento total de esgoto Índice de atendimento total de água (%) 5,5 95 5,31 90,6 90 4,5 85 32,94 80 4 3.67 3,56 75 3,5 73,89 70 3 2,5 65

**Figura 38 -** *Boxplots* das variáveis de saneamento básico: A – Índice de atendimento total de água (%) e B - Índice de atendimento total de esgoto (%)

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

**Figura 39 -** *Boxplots* das variáveis de saúde pública: C – Taxa de mortalidade infantil, D – Internações por diarreia pelo SUS, e E – Casos prováveis de dengue



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Por meio do uso dos *boxplots*, identificou-se apenas um *outlier* na série de dados da variável "Casos prováveis de dengue", possivelmente por causa de uma "epidemia de Dengue" que aconteceu em Arcoverde no ano de 2015, conforme relato de notícia da época (Dengue [...], 2015). Portanto, esse valor de 1.667 casos prováveis de dengue, considerado um *outlier* extremo, foi retirado da série de dados em questão.

A variável internações por diarreia pelo SUS não apresentou presença de *outliers* no *boxplot* exposto, entretanto os valores máximo e mínimo dessa variável estão muito distantes dos demais valores da série de dados. Aliado a isto, esses dois dados (26 e 390) representam as internações por diarreia nos dois primeiros anos da série de dados (2007 e 2008, respectivamente), a hipótese é de que em 2007, primeiro ano do levantamento, houve

subnotificação das internações. Dessa forma, por estarem fora do padrão, optou-se por retirar esses dois valores da série de dados de internações por diarreia.

As demais variáveis: índice de atendimento total de água, índice de atendimento total de esgoto e taxa de mortalidade infantil, não apresentaram *outliers* ou valores fora do padrão, sendo assim as séries de dados permaneceram inalteradas para as próximas etapas de análise.

# 4.5.2 Verificação da relação entre os indicadores de saúde pública (variável dependente) e os indicadores de saneamento (variáveis independentes)

A partir dos dados amostrais consolidados, inicialmente foi calculada a covariância entre os indicadores estudados, com o apoio do Excel, através da fórmula =COVARIAÇÃO.S, de forma a verificar o grau de interdependência entre duas variáveis. Em seguida, foram elaborados diagramas de dispersão para visualizar possíveis relações entre as variáveis. Os resultados da covariância e da regressão linear simples são apresentados na Tabela 9, Figura 40, Figura 41 e Figura 42.

**Tabela 9** - Resumo do resultado da covariância e R² da regressão linear simples entre as variáveis estudadas

Variáveis	Covariância	R²
IAE x IAA	5,955	0,809
TMI x IAA	-19,313	0,145
TMI x IAE	-1,385	0,126
IDS x IAA	-474,231	0,769
IDS x IAE	-34,838	0,576
CPD x IAA	-304,547	0,083
CPD x IAE	-27,739	0,109

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Analisando a covariância entre as variáveis apresentadas, conclui-se que há uma forte relação de dependência entre o índice de atendimento total de esgoto e o índice de atendimento total de água, devido à necessidade de infraestrutura compartilhada e à dependência direta da distribuição de água para existência da cobertura de esgoto.

Quanto à taxa de mortalidade infantil e ao índice de atendimento total de água, também é possível constatar uma relação de dependência através da covariância calculada, que é bem distante do zero, considerando a unidade de medida das variáveis. Já a taxa de mortalidade

infantil e o índice de atendimento total de esgoto, uma vez que a covariância entre eles está mais próxima de zero, espera-se que os resultados não demonstrem uma relação de dependência.

5,5 Índice de atendimento total de esgoto 5 4,5 0,0692x - 1,7849 $R^2 = 0.809$ 3,5 3 105 65 85 Índice de atendimento total de água (%) Taxa de mortalidade infantil (óbitos por Taxa de mortalidade infantil (óbitos por 25 25 mil nascidos vivos) mil nascidos vivos) -0.2245x + 37.09520 20  $R^2 = 0.145$ 15 15 -2,7185x + 28,975 $R^2 = 0.1259$ 10 10 5 65 75 85 95 3,5 4,5 5,5 Índice de atendimento total de água (%) Índice de atendimento total de esgoto (%)

**Figura 40 -** Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis: A – IAE x IAA, B – TMI x IAA, e C - TMI x IAE

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Como é possível observar através dos gráficos apresentados na Figura 40, o maior R-quadrado das regressões lineares simples é 0,809, que se refere à relação entre as duas variáveis de saneamento: índice de atendimento total de esgoto e índice de atendimento total de água. Esse resultado demonstra que mais de 80% das variações da cobertura de esgoto podem ser explicadas pela cobertura de água, indicando uma boa correlação entre as variáveis, resultado já esperado pela relação direta entre as duas variáveis. Os outros 20% podem estar associados a modalidades alternativas de fornecimento de água, tais como extração de poços ou nascentes, distribuição por meio de carros-pipa e captação de água pluvial). Em contrapartida, na regressão

simples, nem 15% das variações de taxa de mortalidade infantil podem ser explicadas por alguma das variáveis de saneamento básico estudadas.

No que concerne à variável "Internações por diarreia pelo SUS", a covariância entre esta e o índice de atendimento total de água demonstrou uma significativa relação de dependência entre as variáveis. Da mesma forma, ao ser confrontada com o índice de atendimento total de esgoto, evidencia-se uma possível interdependência entre as variáveis.

**Figura 41 -** Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis: D – IDS x IAA, e E – IDS x IAE

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

3,5

4,5

Índice de atendimento total de esgoto (%)

5,5

1.00

70

75

85

Índice de atendimento total de água (%)

90

95

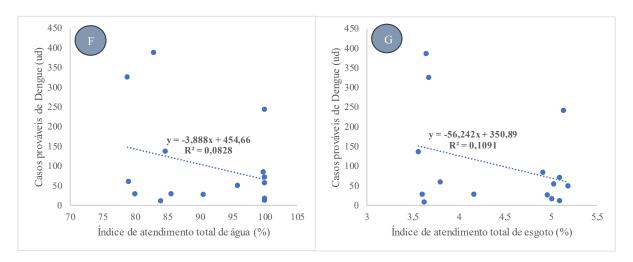
Conforme evidenciado pelas representações gráficas exibidas na Figura 41, o R-quadrado da regressão linear simples entre IDS e IAA é 0,7692. Logo, na regressão simples quase 77% das variações da quantidade de internações por diarreia pelo SUS podem ser explicadas pelo índice de atendimento total de água. Isso acontece devido ao fato de que o acesso inadequado a água potável está diretamente relacionado à propagação de doenças transmitidas pela água, como infecções gastrointestinais. A falta de água limpa para consumo e higiene pessoal pode levar à ingestão de água contaminada, resultando em doenças diarreicas. Portanto, uma cobertura insuficiente de abastecimento de água pode contribuir significativamente para o aumento das taxas de internações por diarreia. Esse resultado demonstra a relação inversa que existe entre os indicadores de saneamento e de saúde pública.

Já o R-quadrado da regressão linear simples entre IDS e IAE é um pouco mais baixo, indicando que cerca de 58% das variações da quantidade de internações por diarreia pelo SUS podem ser

explicadas pelo índice de atendimento total de esgoto. É um valor menos expressivo, mas pode ser explicado porque o esgoto tem um impacto indireto nas internações por diarreia, diferentemente da água que exerce influência direta. A falta de tratamento adequado de esgoto pode indiretamente aumentar o risco de ocorrência de diarreia ao contribuir para a contaminação do suprimento de água potável.

Em relação à variável "casos prováveis de dengue", a covariância entre esta e o índice de atendimento total de água revelou uma relação significativa de dependência entre elas, como indicado pelo resultado substancialmente distinto de zero. De maneira similar, quando analisada em conjunto com o índice de atendimento total de esgoto, surge a possibilidade de uma interdependência entre essas duas variáveis.

**Figura 42 -** Diagramas de dispersão para analisar possíveis relações entre as variáveis:  $F-CPD\ x$  IAA, e  $G-CPD\ x$  IAE



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

De acordo com os gráficos apresentados na Figura 42, o maior R-quadrado das regressões lineares simples é 0,1091. Logo, na regressão simples nem 11% das variações da quantidade de casos prováveis de dengue podem ser explicadas por alguma das variáveis de saneamento básico estudadas (índice de atendimento total de esgoto e índice de atendimento total de água).

Dessa forma, optou-se pelo uso de regressão linear múltipla com duas variáveis independentes (indicadores de saneamento básico) e a variável dependente (cada um dos indicadores de saúde pública), por meio da utilização do Excel, especificamente a ferramenta Análise de Dados – Regressão. O resultado das regressões múltiplas gerou diversos parâmetros, dentre eles o R-

quadrado ajustado e o coeficiente de correlação (R múltiplo), conforme é possível observar na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados das regressões múltiplas

Variáveis	R-quadrado ajustado	Coeficiente de correlação (R múltiplo)
TMI x IAA e IAE	0,024	0,382
IDS x IAA e IAE	0,732	0,879
CPD x IAA e IAE	-0,036	0,335

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O R-quadrado ajustado de 0,024 e o coeficiente de correlação (R múltiplo) de 0,382 induzem a pensar que a variável TMI e os indicadores de saneamento não possuem correlação entre si, pois nem 3% das variações da taxa de mortalidade infantil podem ser explicadas pela variabilidade do índice de atendimento total de esgoto e do índice de atendimento total de água. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que a taxa de mortalidade infantil é influenciada por uma variedade de fatores inter-relacionados, não sendo exclusivamente determinada pelas condições de saneamento.

Além das condições de saneamento, outros fatores desempenham papéis significativos na mortalidade infantil, como a qualidade da assistência médica pré-natal e obstétrica, acesso a cuidados de saúde adequados após o nascimento, nutrição materna e infantil, disponibilidade de vacinas e tratamento de doenças infecciosas, condições socioeconômicas da família, educação materna, entre outros.

Ao considerar as internações por diarreia pelo SUS como variável dependente, a regressão múltipla resultou em um R-quadrado ajustado de 0,732 e um coeficiente de correlação (R múltiplo) de 0,879. Esses resultados sugerem uma forte correlação entre a variável IDS e os indicadores de saneamento, uma vez que mais de 73% das variações da quantidade de internações por diarreia pelo SUS podem ser explicadas pela variabilidade do índice de atendimento total de esgoto e do índice de atendimento total de água.

A análise de regressão múltipla utilizando casos prováveis de dengue como variável dependente resultou em um R-quadrado ajustado de -0,036 e um coeficiente de correlação (R múltiplo) de

0,335. Esses resultados sugerem uma ausência de correlação entre as variáveis analisadas. Em outras palavras, as variações na quantidade de casos prováveis de dengue dificilmente podem ser explicadas pela variabilidade do índice de atendimento total de esgoto e do índice de atendimento total de água. Esta ausência de correlação pode ser explicada pelo fato de que a dengue geralmente está relacionada às chuvas e água parada, e não necessariamente vinculada ao saneamento (água encanada).

Embora o saneamento desempenhe um papel importante na prevenção de doenças transmitidas por vetores, como a dengue, outros fatores como a presença e o comportamento do vetor, fatores climáticos, movimentos populacionais e imunidade da população também influenciam significativamente a propagação da doença.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através do desenvolvimento da pesquisa e aplicação da metodologia proposta, foi possível identificar soluções viáveis para o saneamento rural no mundo e no Brasil presentes na literatura, principalmente nas regiões rurais e semiáridas. Além disso, obteve-se um diagnóstico dos municípios do SISAR Moxotó, em termos ambientais, socioeconômicos, de saneamento básico e de saúde pública; realizou-se uma avaliação da situação do SISAR Moxotó *in loco*; e por fim analisou-se a relação entre os indicadores de saúde pública e de saneamento básico no âmbito do SISAR Moxotó.

Os resultados obtidos através da revisão sistemática da literatura evidenciam a importância do diálogo na implementação de iniciativas de saneamento, especialmente em contextos rurais, que envolvam o indivíduo, os grupos afetados e sua cultura local. Os projetos de saneamento bem-sucedidos devem incorporar perspectivas de diversas disciplinas, como economia, aspectos sociais, saúde e higiene, aspectos financeiros, institucionais e ambientais. Assim, o cenário analisado ressalta a necessidade de uma compreensão abrangente do problema, ao mesmo tempo em que destaca a importância de ações adaptadas localmente a cada contexto específico.

Um bom exemplo de ação adaptada para atender o contexto do saneamento rural é justamente o Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR. Aleixo *et al.* (2019) avaliaram as condições de acesso à água e as desigualdades relacionadas antes e depois da construção de um sistema de abastecimento gerido pelo SISAR em uma comunidade rural do semiárido do Ceará. Apesar de se terem identificado alguns pontos a serem aprimorados, o sistema apresentou benefícios visíveis à população, aumentando o volume per capita de água consumido pelas famílias e reduzindo as desigualdades associadas a este aspecto.

Com base na RLS e na visita em campo realizada, identificou-se algumas oportunidades de melhoria no SISAR Moxotó, e estas concentram-se principalmente nos quesitos relacionados a comunicação, por meio do diálogo constante e investimentos em campanhas educativas para auxiliar o usuário do sistema a compreender melhor o seu funcionamento, favorecendo assim a adesão e a adimplência; e a participação mais ativa do Governo Estadual, uma vez que o SISAR Moxotó ainda é considerando um sistema muito recente e necessita da presença contínua e experiência do Governo.

O diagnóstico realizado na área de estudo identificou principalmente a situação da prestação dos serviços de saneamento básico e saúde pública, e constatou informações alarmantes, como por exemplo é o caso de Manari, município situado no Sertão e parte do SISAR Moxotó, que possui o pior cenário de esgotamento sanitário do Estado: 97% da população não têm acesso ao sistema de esgoto. A média da cobertura de abastecimento de água pela rede geral nos municípios do SISAR Moxotó é de 54,91%, um número bem abaixo da cobertura de Pernambuco que é 71,30%.

Em relação às características socioeconômicas, de forma geral, o diagnóstico demonstrou que o PIB dos municípios do SISAR Moxotó é bem inferior ao da capital do Estado, Recife, que possui PIB per capita de R\$ 33.094,37. Apenas 1 município dos 17 do SISAR em estudo, Petrolândia, tem o PIB per capita superior ao da capital. Através do IFDM Geral, observa-se que os municípios do SISAR Moxotó possuem desenvolvimento moderado ou regular, com uma média de 0,60, abaixo do índice nacional de 0,67. A área de Emprego & Renda é a mais deficitária, com a maioria dos municípios mostrando desenvolvimento baixo. Além disso, segundo dados do IPEA (Brasil, 2015), 10 municípios do SISAR Moxotó possuem vulnerabilidade social muito alta.

Sobre a prestação dos serviços de saúde pública na área de estudo, concluiu-se que Arcoverde é o município do SISAR Moxotó com mais estabelecimentos de saúde, possuindo 5 postos, 30 unidades básicas, 1 policlínica e 2 hospitais gerais, seguido por Pesqueira, ambos são os municípios mais populosos da área estudada. Assim, notou-se que a quantidade de estabelecimentos de saúde é proporcional ao número de habitantes, o que foi confirmado ao analisar Jatobá e Alagoinha, os menos populosos, com 6 e 7 estabelecimentos de saúde, respectivamente.

Através da visita em campo e análise documental, também foi possível caracterizar o SISAR Moxotó. Notou-se que, entre o mês de abril de 2023 e de 2024, houve aumento de cerca de 20% nos imóveis cadastrados e 8% na população atendida. Atualmente o SISAR Moxotó atende 21.336 usuários por meio de sistemas implantados em 10 dos 17 municípios pertencentes ao SISAR.

Os resultados obtidos investigando a relação entre os indicadores de saúde e de saneamento no SISAR Moxotó, através da regressão linear, indicou uma forte correlação entre a variável

"internações por diarreia pelo SUS" e os indicadores de saneamento básico "índice de atendimento total de esgoto" e "índice de atendimento total de água", relação definida como inversamente proporcional. Este resultado corrobora com a conclusão de Lima, Santos e Medeiros (2017) que, através da análise das relações entre indicadores de saneamento e saúde pública no Estado do Rio Grande do Norte, identificaram uma forte correlação entre os indicadores "população servida por rede de abastecimento de água" e "óbitos por doença diarreica aguda em menores de 5 anos de idade".

Este resultado estatístico reforça a noção de que uma cobertura inadequada de abastecimento de água potável pode aumentar o risco de contaminação por patógenos transmitidos pela água, levando a um aumento nas internações por diarreia. Da mesma forma, a ausência ou inadequação do tratamento de esgoto pode resultar na contaminação do ambiente, agravando ainda mais o risco de doenças transmitidas por água contaminada. Portanto, há uma associação significativa entre a qualidade do abastecimento de água, a coleta e tratamento de esgoto, e a incidência de internações por diarreia, destacando a importância de medidas eficazes de gestão de água e saneamento na prevenção dessas doenças e na promoção da saúde pública.

Ante o exposto, observa-se que, os resultados deste estudo não encerram o debate sobre a relação entre saneamento básico e saúde pública, principalmente nas áreas rurais e semiáridas do país, onde muitas vezes há uma maior dificuldade de acesso aos serviços essenciais à vida, incluindo acesso limitado à água potável, saneamento básico, cuidados de saúde, educação e transporte. A distância geográfica, a falta de infraestrutura adequada e os recursos limitados são alguns dos principais fatores que contribuem para essas dificuldades.

Essa disparidade de acesso pode impactar significativamente a qualidade de vida das populações rurais e agravar as desigualdades sociais e econômicas entre áreas urbanas e rurais. Portanto, é fundamental implementar políticas e programas que visem melhorar o acesso aos serviços essenciais nessas áreas e promover o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais. Através do diagnóstico dos municípios, é possível direcionar e alertar ao poder público, bem como a sociedade, sobre a necessidade de investimento e manutenção dos recursos para a garantia do saneamento adequado para essa população.

A presente pesquisa se restringiu à análise dos indicadores de saúde e saneamento do município de Arcoverde, devido à falta de disponibilidade e consistência das séries de dados dos demais

municípios do SISAR Moxotó. Para pesquisas futuras, recomenda-se a análise do impacto do SISAR Moxotó na saúde pública das comunidades atendidas, através da coleta de dados específicos de cada comunidade rural beneficiada pelos sistemas geridos pelo SISAR. Podem ser verificados os dados das doenças relacionadas ao saneamento inadequado antes e após a implantação do sistema comunitário, verificando o impacto gerado na saúde das comunidades.

## REFERÊNCIAS

ADAPTABRASIL MCTI – Índices e Indicadores de risco de impactos das mudanças climáticas no Brasil. 2024. Disponível em: <a href="https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/">https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/</a>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ALEIXO, Bernardo *et al.* Infrastructure is a necessary but insufficient condition to eliminate inequalities in access to water: research of a rural community intervention in Northeast Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 652, p. 1445-1455, 2019.

ANDERSON, Darcy M. *et al.* Adaptation in rural water, sanitation, and hygiene programs: A qualitative study in Nepal. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 240, p. 113919, 2022.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

APANGA, Paschal A. *et al.* Assessing the impact and equity of an integrated rural sanitation approach: a longitudinal evaluation in 11 sub-Saharan Africa and Asian countries. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 5, p. 1808, 2020.

ASA - Articulação Semiárido Brasileiro. **Acesso à Água para Populações do Semiárido Brasileiro**: Propostas da Sociedade Civil. 2019. Disponível em: <a href="https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/Acesso">https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/Acesso</a> a agua para populações do Se <a href="miarido">miarido</a> brasileiro.pdf. Acesso em: 28 ago. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **ATLAS Águas**: Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano. Brasília, 2021. 169 p. Disponível em:

https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730. Acesso em: 02 maio 2023.

BRASIL. **Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm</a>. Acesso em: 26 ago. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 11.466, de 5 de abril de 2023**. Regulamenta o art. 10-B da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para estabelecer a metodologia para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário, considerados os contratos em vigor, com vistas a viabilizar o cumprimento das metas de universalização. Brasília, DF: Presidência da República, [2023a]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11466.htm. Acesso em: 26 jul. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 11.467, de 5 de abril de 2023**. Dispõe sobre a prestação regionalizada dos serviços públicos de saneamento básico, o apoio técnico e financeiro de que trata o art. 13 da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, a alocação de recursos públicos federais e os

financiamentos com recursos da União ou geridos ou operados por órgãos ou entidades da União de que trata o art. 50 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: Presidência da República, [2023b]. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2023-2026/2023/decreto/d11467.htm. Acesso em: 26 jul. 2023.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea. Ministério da Economia. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros**. Brasília, 2015. 84 p.

BRASIL. Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936. Regula o disposto no art. 177 da Constituição. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, [1936]. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/1930-1949/l175.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil-03/leis/1930-1949/l175.htm</a>. Acesso em: 26 ago. 2023.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm</a>. Acesso em: 26 ago. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: <a href="http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm">http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm</a>. Acesso em: 26 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Tabnet**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/. Acesso em: 13 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília, DF, 2019a. Disponível em: <a href="http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\_PNSR\_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb">http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/MNL\_PNSR\_2019.pdf/08d94216-fb09-468e-ac98-afb4ed0483eb</a>. Acesso em: 31 ago. 2022

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: <a href="https://www.gov.br/mdr/pt-">https://www.gov.br/mdr/pt-</a>

<u>br/assuntos/saneamento/plansab/Versao\_Conselhos\_Resoluo\_Alta\_Capa\_Atualizada.pdf.</u> Acesso em: 01 set. 2022.

BROWN, Colin Andrew; PENA, João Luiz. Water meters and monthly bills meet rural Brazilian communities: Sociological perspectives on technical objects for water management. **World Development**, v. 84, p. 149-161, 2016.

CAMARGO, Juliane de Cássia Silveira. O Sistema Integrado de Saneamento Rural-SISAR: uma política pública de inovação técnico-social para o acesso à água a comunidades rurais no Brasil. **Revista Política e Planejamento Regional**, v.9, nº 2, p. 314-334, 2022.

CAMERON, Lisa *et al.* Sanitation, financial incentives and health spillovers: a cluster randomised trial. **Journal of Health Economics**, v. 77, p. 102456, 2021.

CAMERON, Lisa; OLIVIA, Susan; SHAH, Manisha. Scaling up sanitation: evidence from an RCT in Indonesia. **Journal of development economics**, v. 138, p. 1-16, 2019.

CAMERON, Lisa; SHAH, Manisha; OLIVIA, Susan. Impact Evaluation of a Large-Scale Rural Sanitation Project in Indonesia. **World Bank policy research working paper**, n. 6360, 2013.

CASTRO, Lívia Arruda; TALEIRES, Flávia Cristina da Silva Sousa; SILVEIRA, Samara Silva. Índice de desenvolvimento humano em municípios que possuem sistema integrado de saneamento rural: uma análise comparativa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 351-357, 2021.

COELHO, Christine Farias; REINHARDT, Hendrik; ARAÚJO, José Carlos de. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 23, p. 801-810, 2018.

COFFEY, Diane; SPEARS, Dean; VYAS, Sangita. Switching to sanitation: understanding latrine adoption in a representative panel of rural Indian households. **Social Science & Medicine**, v. 188, p. 41-50, 2017.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2014. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: Nota técnica. / João Alberto Oliveira Diniz, Adson Brito Monteiro, Robson de Carlo da Silva, Thiago Luiz Feijó de Paula. Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Escala 1:5.000.000. 45p. 2014.

DA CRUZ, Izaclaudia Santana *et al.* Estudo comparativo das condições de saneamento rural em municípios do norte e nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p.54988-54006, 2020.

DENGUE superlota hospital e idosa aguarda atendimento deitada no chão. **G1**, 2015. Disponível em: <a href="https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2015/12/dengue-superlota-hospital-e-idosa-aguarda-atendimento-deitada-no-chao.html">https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2015/12/dengue-superlota-hospital-e-idosa-aguarda-atendimento-deitada-no-chao.html</a>. Acesso em: 22 abr.2024.

DE CASTRO, Sebastião Venâncio. Análise do sistema integrado de saneamento rural SISAR, em sua dimensão político-institucional, com ênfase no empoderamento das comunidades participantes. 2015. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

DE SILVA, P. K. W. Community managed, self financed rural sanitation program of Sri-Lanka. 2004.

DEVORE, Jay L. **Probabilidade e estatística**: para engenharia e ciências. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Saneamento básico rural**. 2022. Disponível em: <a href="https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural">https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural</a>. Acesso em: 25 ago.2022.

ENAP - Escola Nacional de Administração Pública. **Banco de práticas ODS 2018**. 2018. Disponível em: <a href="https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3635/1/SFL%20-%20Modelo%20de%20Gest%c3%a3o%20SISAR%20-%20final.pdf">https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/3635/1/SFL%20-%20Modelo%20de%20Gest%c3%a3o%20SISAR%20-%20final.pdf</a>. Acesso em: 07 set. 2022.

FAN, Bin *et al.* Get in sanitation 2.0 by opportunity of rural China: Scheme, simulating application and life cycle assessment. **Journal of cleaner production**, v. 147, p. 86-95, 2017.

FIRJAN - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. 2018. Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Edição 2018 – Ano-base 2016. Disponível em: <a href="https://www.firjan.com.br/ifdm/">https://www.firjan.com.br/ifdm/</a>. Acesso em 28 mar. 2024.

FLEMING, Lisa *et al.* Urban and rural sanitation in the Solomon Islands: How resilient are these to extreme weather events?. **Science of the total environment**, v. 683, p. 331-340, 2019.

FREITAS, Eliano de Souza Martins *et al.* Avaliação Político-Institucional do Modelo SISAR no Nordeste do Brasil. **Democratisation of water and sanitation governance by means of socio-technical innovation. The Integrated Rural Sanitation System (SISAR) in Brazil (in portuguese).** Newcastle: Newcastle University, 2015.

GONÇALVES, Gabriela Torres *et al.* Desenvolvimento de uma Função Através de Regressão Linear Múltipla para Estimativa da Precipitação Média Anual na Região Metropolitana do Recife. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 1, 2023.

GUO, Shaomin *et al.* Poor awareness and attitudes to sanitation servicing can impede China's Rural Toilet Revolution: Evidence from Western China. **Science of The Total Environment**, v. 794, p. 148660, 2021.

HU, Ming *et al.* Constructing the ecological sanitation: a review on technology and methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 125, p. 1-21, 2016.

IAS - Instituto Água e Saneamento. **Saneamento 2020**: Passado, Presente e Possibilidades de Futuro para o Brasil. 2020. Disponível em: <a href="https://www.aguaesaneamento.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Saneamento-2020-Instituto-Agua-e-Saneamento.pdf">https://www.aguaesaneamento.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Saneamento-2020-Instituto-Agua-e-Saneamento.pdf</a>. Acesso em: 01 set. 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento**. Rio de Janeiro, RJ, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16365-atlas-de-saneamento.html. Acesso em: 10 set. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. Brasília: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. Brasília: IBGE, 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2024. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/arcoverde/pesquisa/39/30279?tipo=grafico. Acesso em: 20 abr.2024.

- INMET Instituto Nacional de Meteorologia. 2024. Normais Climatológicas 1991-2020. Disponível em: <a href="https://portal.inmet.gov.br/normais">https://portal.inmet.gov.br/normais</a>. Acesso em 10 mar de 2024.
- INSA Instituto Nacional do Semiárido. **O Semiárido Brasileiro**. 2022. Disponível em: <a href="https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro">https://www.gov.br/insa/pt-br/semiarido-brasileiro</a>. Acesso em: 26 ago. 2022.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
- ITB Instituto Trata Brasil. **Painel Saneamento Brasil**. 2022. Disponível em: https://www.painelsaneamento.org.br. Acesso em: 30 ago. 2023.

KOLLING NETO, Arthur *et al.* Fatores relacionados à saúde pública e ao saneamento básico em comunidade rural de Barreiras, Bahia, Brasil. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 41, n. 3, 2017.

LAFAYETTE, Fernandha Batista. **Perspectivas e Avaliação de Modelo de Gestão**Compartilhada de Abastecimento de Água no Meio Rural no Estado de Pernambuco.
2021. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

LAPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software. UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1. Acesso em: 20 out. 2022.

LEMOS, Simone. **Dados da ONU mostram que 15 mil pessoas morrem por doenças ligadas à falta de saneamento**. Jornal da USP. [online], São Paulo, 21 jul. 2020. Atualidades. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostram-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento/. Acesso em: 20 mai. 2023.

LIMA, José Ronaldo Oliveira; SANTOS, Érica Luana Nunes dos; MEDEIROS, Jássio Pereira de. Saneamento e saúde pública: Análise das relações entre indicadores no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233)**, v. 7, n. 2, p. 134-151, 2017.

LINS, C. J. C.; BURGOS, I. S. 1985. **Espaços rurais do Nordeste**: subsídios para uma política espacial. Recife, SUDENE, 1985. 52f.

MACHADO, Anna V.M. *et al.* Critical factors for the success of rural water supply services in Brazil. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2180, 2019.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARKS, Sara J. *et al.* Pathways to sustainability: A fuzzy-set qualitative comparative analysis of rural water supply programs. **Journal of Cleaner Production**, v. 205, p. 789-798, 2018.

MELEG, A. **SISAR**: An innovative sustainable management model for small decentralized water and wastewater systems in developing countries. 2012. Disponível em: <a href="https://macsbrasil.com.br/arquivos/artigos/SISAR">https://macsbrasil.com.br/arquivos/artigos/SISAR</a> article AM.pdf. Acesso em: 20 fev. 2024.

MOURA, Larissa; LANDAU, Elena C.; FERREIRA, Adriana de M. Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. *In*: LANDAU, Elena C.; MOURA, Larissa. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010**: domicílios urbanos e rurais. Brasília, DF: Embrapa, 2016. cap 8, p. 189-211.

MWENDERA, E. J. Rural water supply and sanitation (RWSS) coverage in Swaziland: Toward achieving millennium development goals. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, v. 31, n. 15-16, p. 681-689, 2006.

NOVOTNÝ, Josef; HASMAN, Jiří; LEPIČ, Martin. Contextual factors and motivations affecting rural community sanitation in low-and middle-income countries: a systematic review. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 221, n. 2, p. 121-133, 2018.

OLIVEIRA, Gesner *et al.* Estudo sobre os avanços do novo marco legal do saneamento básico no Brasil – 2023 (SNIS 2021). **Instituto Trata Brasil**, 2023. Disponível em: <a href="https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/07/Estudo-Completo-Avancos-do-Novo-Marco-Legal-do-Saneamento-Basico-no-Brasil-%E2%80%93-2023-SNIS-2021-V1.pdf">https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/07/Estudo-Completo-Avancos-do-Novo-Marco-Legal-do-Saneamento-Basico-no-Brasil-%E2%80%93-2023-SNIS-2021-V1.pdf</a>. Acesso em: 10 abr. 2024.

OLIVEIRA, Gesner; SCAZUFCA, Pedro; SAYON, Pedro L. Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2024 (SNIS 2022). **Instituto Trata Brasil**, 2024. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Relatorio-Completo-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS.pdf. Acesso em: 10 abr. 2024.

OLIVEIRA FILHO, Miguel Lopes de. A utilização da regressão linear como ferramenta estratégica para a projeção dos custos produção. **IX Congresso Brasileiro de Custos**, São Paulo, out. 2002.

OLOKE, David; OLUGBOYE, Dayo. An overview of management issues in developing a sustainable water supply, sanitation and hygiene (WASH) service delivery in Nigeria. **Water resources in the built environment: Management issues and solutions**, p. 371-388, 2014.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Documentos Temáticos**: objetivos de desenvolvimento sustentável 6-7-11-12-15. Brasília, 2018. 116 p

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde. **Indicadores de saúde**: Elementos conceituais e práticos. Washington, D.C.: OPAS; 2018

PAGE, Matthew J. *et al.* **The PRISMA 2020 statement**: an updated guideline for reporting systematic reviews. 2021. BMJ 2021;372:n160. Disponível em: https://www.bmj.com/content/372/bmj.n160. Acesso em: 10 jan. 2024.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco**. Recife. 2022.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Programa de Saneamento Rural de Pernambuco: Relatório Preliminar de Cadastramento de Comunidade Rural. Carta Consulta 2170/2020, Comunidade: Riacho do Meio, Município: Arcoverde. 2020a.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Programa de Saneamento Rural de Pernambuco: Relatório Preliminar de Cadastramento de Comunidade Rural. Carta Consulta 3935/2020, Comunidade: Povoado Caraibas, Município: Arcoverde. 2020b.

PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento (SRHS). Dados Atualizados SISAR Moxotó em 09 de Abril de 2024. 2024.

PERNAMBUCO. Secretaria de Recursos Hídricos e Saneamento (SRHS). Nota Técnica com Informações da Unidade de Gerenciamento do Saneamento Rural –UGRS, sobre o Sisar Moxotó, com Base nos Dados Preliminares Disponíveis em Março.2023.

PROLAGOS. Investimentos em saneamento básico reduzem internações e gastos com a saúde. G1. [online], 12 abr. 2021. Disponível em: https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/especial-publicitario/prolagos/prolagos-nossa-natureza-movimenta-a-vida/noticia/2021/04/12/investimentos-em-saneamento-basico-reduzem-internacoes-e-gastos-com-a-saude.ghtml. Acesso em: 28 mai. 2023.

PRÜSS-USTÜN, Annette *et al.* Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. **Tropical Medicine & International Health**, v. 19, n. 8, p. 894-905, 2014.

RESENDE, Rachel G.; FERREIRA, Sindymara; FERNANDES, Luiz Flávio Reis. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 1, p. 131-149, 2018.

RITTNER, Daniel. Governo edita novos decretos de saneamento, mas mantém ponto polêmico. **CNN Brasil**, Brasília, 13 de jul. de 2023. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/governo-edita-novos-decretos-de-saneamento-mas-mantem-ponto-polemico/. Acesso em: 01 de ago. 2023.

RODRIGUES, Elyfas Allyjackson Morais. **Avaliação de Impacto e de Sustentabilidade Financeira para Política Pública de Saneamento Rural no Estado de Pernambuco**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

RODRIGUES, Elyfas Allyjackson Morais *et al.* Rural Sanitation: Scenarios and Public Policies for the Brazilian Semi-Arid Region. **Sustainability**, v. 14, n. 12, p. 7157, 2022.

SANTOS, Solange Maria da Conceição dos *et al.* Saneamento Básico no Nordeste: Metas, Desafios e Investimentos. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 26, p. 155-180, jan./dez. 2022.

SEINFRA - Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. **Pernambuco elege membros para a primeira gestão do SISAR Alto Pajeú**.

2021. Disponível em: http://www.seinfra.pe.gov.br/index.php/blog/57-blog/noticias/979-pernambuco-elege-membros-para-a-primeira-gestao-do-sisar-alto-pajeu. Acesso em: 10 set. 2022.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Saúde**: saneamento rural. Brasília: Senar, 2019.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. How to do a systematic review: a bestpractice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual Review of Psychology**, v. 70, p. 747-770, 2019.

SISAR MOXOTÓ - Sistema Integrado de Saneamento Rural da Região do Moxotó. **Ata da Terceira Assembleia Geral Extraordinária**. Arcoverde, 17 mar. 2023.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento. Acesso em: 29 mar. 2024.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Série Histórica. 2022. Disponível em: <a href="http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#">http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#</a>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SOUZA, Cezarina Maria Nobre. Relação saneamento-saúde-ambiente: os discursos preventivista e da promoção da saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 16, p. 125-137, 2007.

TONETTI, Adriano Luiz *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. 1. ed. Campinas: Biblioteca/Unicamp, 2018. ISBN 978-85-85783-94-5.

TRIVINOS, Augusto Nibaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VELASCO, Clara. Marco do Saneamento: investimento no setor precisa mais que dobrar para cumprir metas de universalização, aponta estudo. **G1**, 12 de jul. de 2023. Disponível em: <a href="https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/07/12/marco-do-saneamento-investimento-no-setor-precisa-mais-que-dobrar-para-cumprir-metas-de-universalizacao-aponta-estudo.ghtml">https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/07/12/marco-do-saneamento-investimento-no-setor-precisa-mais-que-dobrar-para-cumprir-metas-de-universalizacao-aponta-estudo.ghtml</a>. Acesso em: 12 de jul. 2023.

WHO - World Health Organization; UNICEF - United Nations Children's Fund. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017**: special focus on inequalities. World Health Organization, 2019.

WWAP - World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water. Colombella, UNESCO, 2023.

ZUIN, Valentina *et al.* Policy diffusion in the rural sanitation sector: lessons from Community-Led Total Sanitation (CLTS). **World Development**, v. 124, p. 104643, 2019.