



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE TECNOLOGIA – CT  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – DECA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LUCAS GOMES SOARES

AVALIAÇÃO ESPACIAL DE INDICADORES DE QUALIDADE E COBERTURA DOS  
SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA

João Pessoa – PB  
Setembro de 2025

LUCAS GOMES SOARES

AVALIAÇÃO ESPACIAL DE INDICADORES DE QUALIDADE E COBERTURA  
DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Graduação em Engenharia Ambiental, da  
Universidade Federal da Paraíba, como parte  
dos requisitos obrigatórios para a obtenção  
do grau de Bacharel em Engenharia  
Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia  
Fernandes Medeiros Braga

João Pessoa – PB  
Setembro de 2025

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S676a Soares, Lucas Gomes.

Avaliação espacial de indicadores de qualidade e cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotos na região metropolitana de João Pessoa / Lucas Gomes Soares. - João Pessoa, 2025.

71 f. : il.

Orientação: Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Indicadores de saneamento. 2. Cobertura de serviços. 3. Geoprocessamento. 4. Desenvolvimento regional. 5. Políticas públicas. I. Braga, Ana Cláudia Fernandes Medeiros. II. Título.

UFPB/BSCT

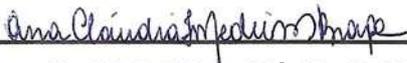
CDU 624(043.2)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS GOMES SOARES

### AVALIAÇÃO ESPACIAL DE INDICADORES DE QUALIDADE E COBERTURA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO PESSOA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 30/09/2025 perante a seguinte  
Comissão Julgadora:



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cláudia F. M. Braga

Orientadora

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Do CT – UFPB

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Coutinho Nobrega

Examinadora

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Do CT – UFPB

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)



Eng. José Vicente Damante Ângelo e Silva

Examinador externo

APROVADO

(Aprovado/Reprovado)

Documento assinado digitalmente



ALINE FLAVIA NUNES REMIGIO ANTUNES

Data: 01/10/2025 16:49:39-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Aline Flavia nunes Remigio Antunes

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus por todas as bênçãos em minha vida, pois sem Ele nada disso seria possível. Agradeço profundamente aos meus pais, em especial à minha mãe, **Edileusa de Matos Gomes**, e ao meu pai, **Gerilson Soares dos Santos**, pelo amor incondicional e apoio constante. Aos meus irmãos, **Eng. Emanuel Gomes** e **Eduardo Gomes**, agradeço a força e incentivo ao longo desta caminhada.

À minha orientadora, **professora Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga**, deixo minha sincera gratidão pela paciência, dedicação e orientação neste trabalho. Sou grato também a **professora Claudia Nobrega** e ao **Eng. José Vicente** que compuseram a banca, pela disponibilidade e pelas contribuições essenciais para o aprimoramento deste trabalho.

Estendo meus agradecimentos ao **professor Hamilcar José Almeida Filgueira**, de quem tive o privilégio de aprender tanto sobre hidráulica, gestão de riscos e desastres, além da valiosa oportunidade de participar em um projeto de pesquisa. Também agradeço à **professora Andrea Leandra Porto Sales** pela valiosa oportunidade de participar do seu projeto de pesquisa e a todos os demais professores que fizeram parte da minha formação em Engenharia Ambiental e que me deram a oportunidade, cada um contribuindo de maneira única para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos amigos que conquistei ao longo dessa jornada universitária, especialmente os que compartilharam comigo o grupo de estudos “**Amigos da UF**”, minha eterna gratidão pela parceria e companheirismo.

De forma especial, agradeço aos meus amigos **Jair dos Santos**, **Paulo Sérgio**, **Isaque Barbosa** e **Fabício Pacheco** que sempre estiveram ao meu lado, torcendo pelo meu sucesso. À equipe e amigos da **CAGEPA** da **GEMA**, que também me acolheram e incentivaram, em especial à **Eng. Carolina Baracuhy**, **Eng. Dilvany Batista**, **Eng. Fernando Pereira**, ao **geógrafo Diógenes**, ao futuro **Eng. Israel Saraiva** e ao futuro bacharel em Ciências Jurídicas **Matheus Henrique**.

Registro ainda minha gratidão a **Wesley Devison Melo Xavier**, futuro engenheiro civil, e **Matheus Henrique da Silva Lima**, futuro arquiteto, companheiros de tantas viagens diárias de Santa Rita para a universidade, nas quais o apoio e a amizade foram fundamentais.

E, por fim, não poderia deixar de mencionar amigos e amigas que marcaram essa trajetória no curso e foram fundamentais para a conclusão desta etapa: **Tayane de Siqueira Silva, Alaine de S. Pereira, Francisca Marta de Sousa Pereira, Ana Livia de Lima Franca, Izabely Ester, Larissa Amaral, Hellen Loyse Sousa Aguiar, Sávio Veríssimo e Luiz Eduardo**. Cada um de vocês foi peça importante neste processo, e terei sempre a alegria de ter compartilhado essa fase com todos.

## RESUMO

O acesso a serviços de saneamento básico é um dos pilares fundamentais para o bem-estar da população, influenciando diretamente a saúde pública, a qualidade de vida e o desenvolvimento social e econômico de uma região. A análise detalhada da cobertura e qualidade desses serviços permite identificar áreas que ainda enfrentam carências estruturais e, conseqüentemente, demandam investimentos e melhorias. Este estudo visa avaliar a qualidade e a abrangência dos serviços de abastecimento de água e esgoto na Região Metropolitana de João Pessoa, focando nos anos de 2011, 2016 e 2021. A escolha desses anos se deve ao contexto das transformações legais ocorridas, especialmente com a implementação da Lei nº 11.445/2007, que trouxe as primeiras diretrizes nacionais para o saneamento, e da Lei nº 14.026/2020, que introduziu a meta de universalização dos serviços até 2033, exigindo uma análise mais atualizada dos reflexos dessas políticas. Através do uso de tecnologias de geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foi possível mapear espacialmente o Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023), o Índice de Perdas na Distribuição (IN049) e o Índice de Atendimento Urbano de Esgoto (IN024). Além da análise individual de cada índice, foi calculado o indicador médio de saneamento, obtido pela média aritmética simples dos três índices considerados, permitindo uma avaliação global e comparativa entre os municípios. Esse método possibilitou sintetizar a situação do saneamento básico de forma mais integrada e facilitar a identificação de desigualdades territoriais. A coleta de dados foi realizada por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SINISA), que forneceu os parâmetros necessários para a análise. Os resultados indicam que, embora haja avanços na cobertura e na qualidade dos serviços, ainda persistem desigualdades notáveis entre os municípios da região, com algumas áreas, como João Pessoa e Cabedelo, apresentando índices mais elevados, enquanto locais como Pitimbu e Pedras de Fogo enfrentam desafios significativos. A visualização dos dados por meio de mapas temáticos permitiu destacar essas disparidades e enfatizar a importância de políticas públicas direcionadas a áreas carentes, para garantir a universalização do saneamento e a redução das desigualdades no acesso aos serviços essenciais.

**Palavras-chave:** Indicadores de saneamento, Cobertura de serviços, Geoprocessamento, Desenvolvimento regional, Políticas pública.

## ABSTRACT

Access to basic sanitation services is one of the fundamental pillars for the well-being of the population, directly influencing public health, quality of life, and the social and economic development of a region. A detailed analysis of the coverage and quality of these services allows for the identification of areas that still face structural deficiencies and, consequently, require investments and improvements. This study aims to assess the quality and scope of water supply and sewage services in the Metropolitan Region of João Pessoa, focusing on the years 2011, 2016, and 2021. The choice of these years is due to the context of legal transformations, particularly with the implementation of Law No. 11.445/2007, which brought the first national guidelines for sanitation, and Law No. 14.026/2020, which introduced the goal of universalizing services by 2033, requiring a more updated analysis of the impacts of these policies. Through the use of geoprocessing technologies and Geographic Information Systems (GIS), it was possible to spatially map the Urban Water Supply Index (IN023), the Distribution Loss Index (IN049), and the Urban Sewage Collection Index (IN024). In addition to the individual analysis of each index, the average sanitation indicator was calculated, obtained by the simple arithmetic mean of the three indices considered, allowing a global and comparative evaluation between the municipalities. This method enabled a more integrated synthesis of the basic sanitation situation and facilitated the identification of territorial inequalities. Data collection was carried out through the National System of Information on Basic Sanitation (SINISA), which provided the necessary parameters for the analysis. The results indicate that, although there have been advances in coverage and service quality, significant inequalities persist between the municipalities in the region, with areas such as João Pessoa and Cabedelo showing higher indices, while places like Pitimbu and Pedras de Fogo face significant challenges. The visualization of the data through thematic maps allowed for the highlighting of these disparities and emphasized the importance of public policies aimed at underserved areas, to ensure the universalization of sanitation and reduce inequalities in access to essential services.

**Keywords:** Sanitation Indicators, Service Coverage, Geoprocessing, Regional Development, Public Policies

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico do saneamento básico no Brasil .....	24
Figura 2 - Descrição dos serviços de saneamento.....	25
Figura 3 - Descrição dos serviços SINISA .....	28
Figura 4 - Levantamento dos Planos Municipais de Saneamento Básico .....	30
Figura 5 - Componente de um SIG .....	33
Figura 6 - As funcionalidades do sistema de informação geográfica.....	34
Figura 7 - Mapa de localização da região metropolitana de João Pessoa - PB .....	38
Figura 8 - Fluxograma de elaboração da pesquisa .....	40
Figura 9 - índice IN023 no ano de 2011 .....	46
Figura 10 - índice IN023 no ano de 2016 .....	46
Figura 11 - índice IN023 no ano de 2021 .....	46
Figura 12 - Comparação dos valores do índice IN023 em 2011.....	48
Figura 13 - Comparação dos valores do índice IN023 em 2016 .....	48
Figura 14 - Comparação dos valores do índice IN023 em 2021 .....	49
Figura 15 - índice IN049 no ano de 2011 .....	51
Figura 16 - índice IN049 no ano de 2016 .....	51
Figura 17 - índice IN049 no ano de 2021 .....	51
Figura 18 - Comparação dos valores do índice IN049 em 2011.....	53
Figura 19 - Comparação dos valores do índice IN049 em 2016 .....	53
Figura 20 - Comparação dos valores do índice IN049 em 2016 .....	54
Figura 21 - índice IN024 no ano de 2011 .....	57
Figura 22 - índice IN024 no ano de 2016 .....	57
Figura 23 - índice IN024 no ano de 2021 .....	57
Figura 24 - Comparação dos valores do índice IN024 em 2011.....	59
Figura 25 - Comparação dos valores do índice IN024 em 2011.....	59
Figura 26 - Comparação dos valores do índice IN024 em 2011.....	60
Figura 27 - Comparação dos índices de saneamento dos anos de 2011, 2016 e 2021 .....	61
Figura 28 - PIB per capita para RM de João Pessoa no ano de (2021) .....	63

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

Tabela 1 - Dados dos municípios da região metropolitana de João Pessoa .....	39
Tabela 2 - Ranking do Saneamento Básico .....	64
Quadro 1 - Indicadores de acordo com o SINISA .....	41
Quadro 2 - Valores de referências da ARCE .....	42

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

SINISA - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

OMS - Organização Mundial da Saúde

PLANASA - Plano Nacional de Saneamento

PMSB - Planos Municipais de Saneamento Básico

PES - Planejamento Estratégico Situacional

PMSS - Programa de Modernização do Setor Saneamento

SESP - Serviço Especial de Saúde Pública

Plansab - Plano Nacional de Saneamento Básico

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

MCID - Ministério das Cidades

SIG - Sistema de Informação Geográfica

RMJP - Região Metropolitana de João Pessoa

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

ANE - Águas do Nordeste

ONU - Organização das Nações Unidas

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1. Objetivos</b> .....	14
1.1.1. <i>Objetivos gerais</i> .....	14
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	15
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1. Saneamento básico no Brasil</b> .....	15
2.1.1. <i>Definição e componentes do saneamento básico</i> .....	15
2.1.2. <i>Saneamento para a saúde pública e o meio ambiente</i> .....	18
<b>2.2. O Saneamento básico e as políticas públicas</b> .....	20
<b>2.3. Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA</b> .....	25
2.3.1. <i>Indicadores de saneamento</i> .....	27
<b>2.4. A universalização do saneamento na Paraíba</b> .....	29
<b>2.5. Fundamentos e aplicações do sistema de informação geográfica</b> .....	31
2.4.1 <i>O sistema informação geográfica e o contexto do monitoramento do saneamento básico</i> .....	34
2.4.2 <i>O software Qgis</i> .....	35
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	37
<b>3.1. Área de estudo</b> .....	37
<b>3.2. Seleção de indicadores e obtenção dos dados</b> .....	39
<b>3.3. Índice de saneamento e Ranking</b> .....	42
<b>3.4. Processamento de dados e a produção de mapas temáticos</b> .....	43
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
<b>4.1. Índice de atendimento urbano de água (IN023)</b> .....	44
<b>4.2. Índice de Perdas na Distribuição (IN049)</b> .....	49
<b>4.3. Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024)</b> .....	54
<b>4.4. Análise do Índice médio de saneamento</b> .....	60

<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre o saneamento básico é fundamental para compreender a relação entre as condições de saúde pública e a infraestrutura urbana. Historicamente, o conceito de saneamento tem se transformado, influenciado pelas mudanças sociais, econômicas e pelo desenvolvimento do conhecimento científico.

O conceito de saneamento tem sido moldado ao longo da história humana, sendo influenciado pelas condições materiais e sociais de cada período, pelo avanço do conhecimento e pela maneira como esse conhecimento foi absorvido pela sociedade. Esse conceito varia conforme a cultura, refletindo a relação entre o ser humano e a natureza, além das diferentes condições materiais de vida e do nível de informação presente em diversas classes sociais. Segundo (Brasil, 2015) a Organização Mundial da Saúde (OMS) descreve saneamento como '*o controle de todos os fatores do ambiente físico que possam impactar negativamente o bem-estar físico, mental ou social do indivíduo*'. Embora essa definição seja amplamente reconhecida, existem outros significados atribuídos ao termo, evidenciando a falta de um conceito único e consensual sobre o assunto.

No contexto atual, o saneamento é compreendido como um conjunto de ações voltadas à preservação e modificação do ambiente, com o objetivo de prevenir doenças, promover a saúde e melhorar a qualidade de vida da população. Além disso, busca-se otimizar a produtividade dos indivíduos e facilitar o desenvolvimento das atividades econômicas (Trata Brasil, 2012). O saneamento básico abrange um conjunto de serviços voltados para a garantia de condições ambientais adequadas, visando à promoção e melhoria das condições de habitabilidade tanto em áreas urbanas quanto rurais. Esses serviços incluem quatro componentes principais: o esgotamento sanitário, o fornecimento de água, a gestão de resíduos sólidos e o manejo das águas pluviais (Kobiyama *et al.*, 2008).

O fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas é uma das principais prioridades para as populações, principalmente nos países em desenvolvimento, onde têm sido realizados investimentos e esforços contínuos nas últimas décadas para melhorar as condições de abastecimento. Os sistemas de abastecimento de água têm como objetivo garantir o suprimento desse recurso, tanto

em termos qualitativos quanto quantitativos, atendendo às diversas necessidades de uso da população (Tsutiya, 2006; Mota, 2016).

Já a falta de coleta e tratamento de esgoto é um problema persistente, especialmente em países em desenvolvimento. No Brasil, de acordo com dados de 2018 do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) antigo SNIS, cerca de 46,3% do esgoto gerado é tratado, enquanto entre o esgoto coletado, 74,5% recebem tratamento (SINISA, 2019). O esgoto doméstico, proveniente principalmente de residências, estabelecimentos comerciais e outras edificações com instalações como banheiros, lavanderias e cozinhas, é composto por água de banho, excretas, restos de alimentos, sabão, detergentes e águas de lavagem (Brasil, 2006).

A ausência de tratamento adequado no esgotamento sanitário é um indicativo de degradação ambiental, já que essa água contaminada contém uma mistura de elementos físicos e biológicos que podem poluir corpos hídricos e águas subterrâneas, afetando negativamente a vida aquática. Além disso, a falta de um sistema de saneamento básico eficiente impacta diretamente na saúde pública, facilitando o surgimento de doenças parasitárias (Rodrigues, 2011).

A avaliação das condições de abastecimento de água e do esgotamento sanitário em um município ou estado demanda a análise de dados relacionados aos indicadores dos serviços de abastecimento. O SINISA desempenha um papel importante nesse processo, fornecendo informações detalhadas sobre o setor de saneamento básico no Brasil e realizando diagnósticos desses serviços.

Criado com base na Lei 11.445/2007, o SINISA/SNIS visa, entre outros objetivos, o planejamento e a implementação de políticas públicas, a orientação na aplicação de recursos, a avaliação do setor de saneamento, o aperfeiçoamento da gestão, o apoio às atividades regulatórias e fiscais, e a promoção do controle social (SINISA, 2019).

Gerido pelo governo federal, o SINISA conta com um banco de dados robusto que reúne informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômicas e financeiras, além de dados relacionados à qualidade dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais (Brasil, 2020).

Essa base de informações tem papel essencial para o planejamento e monitoramento do setor. Nesse contexto (Rodrigues, 2011) destaca que os Sistemas

de Informações Geográficas (SIG) representam uma ferramenta estratégica, pois permitem organizar e visualizar os dados de forma espacial, por meio de mapas temáticos que tornam mais claras as dinâmicas territoriais. Do mesmo modo, o uso do geoprocessamento na análise dos indicadores de saneamento facilita a identificação de deficiências e apoia a formulação de estratégias mais eficazes de intervenção.

No que diz respeito à avaliação do desempenho, este estudo adota os critérios estabelecidos pela Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE), conforme a Resolução nº 222/2017. Essa normativa organiza os indicadores em quatro níveis, definidos pela proximidade dos resultados em relação ao target estabelecido, possibilitando comparações consistentes e uma leitura mais clara da realidade do saneamento.

Dessa forma, o presente trabalho propõe analisar o desempenho de três indicadores centrais abastecimento de água, coleta de esgoto e perdas na distribuição considerando sua contribuição para a universalização dos serviços na Região Metropolitana de João Pessoa e interligado a Objetivos do Desenvolvimento Sustentável 6 - Água Potável e Saneamento, estabelecida pela ONU como parte da Agenda 2030, está diretamente relacionada com este estudo, pois busca garantir o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento, além de promover a gestão sustentável da água. No contexto brasileiro, a ODS 6 visa enfrentar os desafios históricos no acesso à água e ao esgoto como a Região Metropolitana de João Pessoa. Para tanto, serão utilizadas ferramentas de SIG, que possibilitam não apenas a sistematização dos dados, mas também uma compreensão espacial das desigualdades entre municípios.

## **1.1. Objetivos**

### *1.1.1. Objetivos gerais*

Analisar as condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário na Região Metropolitana de João Pessoa, nos anos de 2011, 2016 e 2021, por meio da espacialização dos indicadores operacionais fornecidos pelo SINISA visando avaliar a cobertura e a qualidade dos serviços de saneamento.

### 1.1.2. *Objetivos específicos*

- Analisar o desempenho dos indicadores de abastecimento de água, coleta de esgoto e perdas nos municípios da Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP), com base nos anos de 2011, 2016 e 2021.
- Classificar os municípios da RMJP em *ranking*, conforme os resultados obtidos pelos indicadores e pelo índice médio, permitindo comparações entre eles.
- Avaliar de forma global os indicadores de saneamento em comparação ao Produto Interno Bruto (PIB) per capita dos municípios, identificando se a maior capacidade econômica reflete melhores condições de saneamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os elementos essenciais do saneamento básico, compreendendo seus quatro componentes principais: abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, gestão adequada de resíduos sólidos e sistemas de drenagem urbana.

A importância desses serviços vai além da infraestrutura física, representando um direito fundamental que impacta diretamente a qualidade de vida da população. Quando bem planejados e implementados, eles reduzem a incidência de doenças, melhoram as condições ambientais e contribuem para a sustentabilidade das cidades.

### 2.1. Saneamento básico no Brasil

#### 2.1.1. *Definição e componentes do saneamento básico*

O saneamento básico constitui um dos pilares fundamentais para a promoção da saúde pública, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável no Brasil. Sua importância transcende a simples prestação de serviços, configurando-se como um direito social essencial garantido pela Constituição Federal de 1988. A Lei nº 11.445/2007, marco regulatório do setor, define saneamento básico como "o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas" (Brasil, 2007, art. 3º).

Esta definição legal reflete uma concepção ampliada que vai além da visão tradicional centrada apenas na infraestrutura física. Como destacam Heller e Pádua (2010), o saneamento básico deve ser compreendido como "um sistema integrado de intervenções ambientais que visa promover a saúde, prevenir doenças e melhorar a qualidade de vida da população". Nessa perspectiva, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece que o saneamento adequado envolve o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem-estar físico, mental ou social.

Ferreira (2020) ressalta que a insuficiência dos serviços de saneamento básico representa uma séria ameaça para a população humana, provocando impactos em diversos setores, especialmente na saúde. A Funasa (2006) corrobora essa afirmação ao apontar que a ausência de saneamento adequado está diretamente associada à disseminação de doenças de veiculação hídrica, degradação ambiental e manutenção de ciclos de pobreza.

No contexto brasileiro, a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico ainda representa um desafio considerável. Dados do SINISA revelam que, embora 83,7% da população urbana tenha acesso à água tratada, apenas 55,8% contam com coleta de esgoto, sendo que deste percentual, somente 50,8% recebe tratamento adequado (Brasil, 2021). Essas desigualdades são ainda mais acentuadas quando se consideram as regiões periféricas das grandes cidades e as áreas rurais, onde os índices de cobertura são significativamente menores.

O abastecimento de água potável, componente fundamental do saneamento básico, é definido como um sistema integrado que envolve captação, adução, tratamento, reservação e distribuição de água em quantidade e qualidade adequadas para consumo humano. No entanto, a eficácia deste sistema enfrenta desafios estruturais que resultam em desigualdades significativas no acesso, especialmente quando se comparam áreas urbanas e rurais.

Dados do Panorama do Saneamento Básico no Brasil (2021) revelam que, enquanto 84% da população urbana possui acesso à água tratada, nas áreas rurais esse índice cai para apenas 66% (Brasil, 2021). Essa disparidade reflete-se não apenas na cobertura, mas especialmente na qualidade do serviço prestado. Nas comunidades rurais, é comum encontrar sistemas de abastecimento precários que

distribuem água sem tratamento adequado, comprometendo sua potabilidade (Brasil, 2020).

Essa situação crítica vai além de uma simples deficiência de infraestrutura. Como ressalta Tsutiya (2006), a eficiência dos sistemas de abastecimento depende de uma gestão integrada que combine aspectos técnicos, operacionais e de manutenção. A carência desses elementos nas áreas rurais não apenas ameaça a saúde pública, como também impacta negativamente o desenvolvimento socioeconômico local e a conservação ambiental (Brasil, 2020).

Os sistemas de esgotamento sanitário, conforme definição de Crespo (1997), compreendem um conjunto integrado de componentes destinados à gestão completa dos efluentes domésticos, estes constituídos, segundo Von Sperling (2014), predominantemente por águas residuárias de atividades cotidianas (excretas humanas, águas de higiene pessoal, resíduos alimentares e produtos de limpeza), originadas em unidades habitacionais, estabelecimentos comerciais e instituições com infraestrutura sanitária. No contexto brasileiro, este sistema representa o componente mais deficitário do saneamento básico (Brasil, 2021), situação agravada pela complexidade da composição dos efluentes e particularmente crítica em municípios de pequeno porte, onde a precariedade na coleta e tratamento configura um dos principais fatores de vulnerabilidade socioambiental (Ferreira, 2020).

Historicamente, desde a Cloaca Máxima de Roma no século VI a.C, considerada a primeira infraestrutura planejada desse tipo (Além Sobrinho, 2000). Até os sistemas contemporâneos que lidam com efluentes cada vez mais complexos, a evolução do esgotamento sanitário reflete o desenvolvimento tecnológico e a crescente conscientização sobre sua importância para a saúde pública. Contudo, a Funasa (2006) alerta que a falta de tratamento adequado permanece diretamente associada à ocorrência de doenças de veiculação hídrica, especialmente preocupante quando se considera a natureza dos efluentes não tratados.

O manejo de resíduos sólidos urbanos constitui outro componente essencial do saneamento básico. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos, com ênfase na redução da geração, reutilização, reciclagem e destinação final ambientalmente correta. O Brasil (2006) ressalta que a disposição inadequada de resíduos "favorece a proliferação de vetores de doenças como ratos,

baratas e mosquitos, além de contaminar solos e corpos hídricos". Dados recentes mostram que, embora 91% dos municípios brasileiros tenham serviço de coleta regular de lixo, apenas 59,8% dos resíduos coletados recebem destinação final adequada em aterros sanitários (Brasil, 2021).

A drenagem e manejo das águas pluviais urbanas completam o quadro dos componentes do saneamento básico. Este elemento é particularmente relevante em um contexto de mudanças climáticas e aumento da frequência de eventos extremos. O Panorama do Saneamento Básico aponta que muitas cidades brasileiras possuem sistemas de drenagem insuficientes ou mal dimensionados, agravando os problemas de inundações em áreas urbanas (Brasil, 2021).

### *2.1.2 Saneamento para a saúde pública e o meio ambiente*

A ausência ou ineficiência nos serviços de saneamento básico tem implicações diretas na qualidade de saúde pública de uma região. Esse problema é particularmente visível no Brasil, onde a qualidade dos corpos d'água urbanos, o padrão de vida da população e a alta vulnerabilidade a doenças transmitidas por água são fatores preocupantes. Tais doenças, denominadas Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), são frequentemente associadas a condições sanitárias deficientes, conforme destacado pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2010).

Conforme Ferreira (2020), o termo "sanear" remete ao ato de tornar algo saudável ou em boas condições. A carência de infraestrutura de saneamento resulta em graves consequências para a saúde pública. Siqueira *et al.* (2017), em alinhamento com a OMS (2015) indicam que a falta de saneamento compromete não apenas a saúde da população, mas também acarreta um aumento significativo nos custos com o tratamento de doenças originadas pela deficiência desses serviços. De acordo com estudos de Siqueira *et al.* (2017), Araújo (2023), Guimarães, Carvalho, Silva (2007), para cada R\$1,00 aplicados em saneamento, há uma economia de R\$4,00 nos gastos com saúde. Doenças como diarreias refletem diretamente a carência de uma infraestrutura sanitária adequada e as condições precárias de moradia, conforme evidenciado por Prüss *et al.* (2002), Gondim (2008), Fonseca e Vasconcelos (2011). A pesquisa de Teixeira *et al.* (2014) também revelou que, entre 2001 e 2009, o déficit no fornecimento de saneamento básico no Brasil gerou

consideráveis despesas com saúde pública, em função das altas taxas de internações devido a doenças diarreicas.

A OMS (2018) destaca que, durante o período dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, 1990–2015), as mortes causadas por doenças diarreicas relacionadas à falta de saneamento foram reduzidas em 50%, graças a melhorias no abastecimento de água e nos serviços de saneamento. Contudo, como observado por Cabedo (2018), persiste um grande descompasso entre a oferta e a demanda desses serviços, especialmente em países em desenvolvimento. A rápida expansão das áreas urbanas tem criado um déficit no acesso ao saneamento, resultando em problemas de saúde devido à ineficiência na prestação desses serviços essenciais.

Guimarães *et al.* (2007) enfatizam que o saneamento básico vai além da simples infraestrutura física, abrangendo também aspectos educacionais, legais e institucionais. Isso inclui serviços essenciais como o abastecimento adequado de água, o tratamento de esgoto, a coleta e disposição de resíduos sólidos, a gestão das águas pluviais e o controle de vetores. A OMS define o saneamento básico como "o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos prejudiciais sobre seu bem-estar físico, mental ou social", sendo, portanto, um elemento fundamental para a preservação da saúde humana (Barros *et al.*, 1995).

A promoção da saúde, conforme definida pela OMS na Conferência de Ottawa (1986), reconhece que a qualidade do ambiente em que as pessoas vivem é determinante para a saúde, com o saneamento desempenhando papel central. O conceito de saúde vai além da mera ausência de doenças, abrangendo o bem-estar físico, mental e social, incluindo a gestão dos determinantes ambientais da saúde. A implementação do saneamento como um meio de promoção da saúde exige a superação de desafios tecnológicos, políticos e gerenciais, especialmente nas regiões mais carentes, como áreas rurais e municípios pequenos.

Conforme Prüss *et al.* (2002) e Gondim (2008), os problemas sanitários enfrentados pela população mundial estão intimamente relacionados ao meio ambiente, com mais de um bilhão de pessoas sem acesso a habitação segura e serviços básicos de saneamento. A promoção da saúde, com o suporte do saneamento, requer um modelo de desenvolvimento que equilibre a melhoria das

condições de vida das populações, a proteção ambiental e o acesso a soluções inovadoras para garantir o direito à saúde e à qualidade de vida.

## **2.2. O Saneamento básico e as políticas públicas**

No Brasil, o marco legal mais relevante é a Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, com o objetivo de ampliar a cobertura e universalizar o acesso aos serviços (Vilarinho; Couto, 2023). Essa legislação articula o saneamento a outras políticas públicas, como saúde, habitação, recursos hídricos e desenvolvimento urbano, reconhecendo que sua ausência constitui barreira ao exercício de direitos constitucionais, como saúde (art. 196), moradia (art. 6º) e meio ambiente equilibrado (art. 225) (Brasil, 2021).

Porém, a trajetória das políticas públicas de saneamento no país é marcada por avanços e retrocessos. Desde o período colonial, as soluções eram rudimentares e localizadas, evoluindo gradualmente para sistemas coletivos de abastecimento e tratamento (Vilarinho; Couto, 2023; Díaz; Nunes, 2020). No século XX, o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), criado em 1971, durante o regime militar, centralizou a gestão nas companhias estaduais, expandindo a infraestrutura, mas também concentrando poder e reduzindo a autonomia municipal (Sousa; Costa, 2016).

Essa configuração institucional gerou uma “dependência de trajetória”, conceito que explica a resiliência de arranjos herdados e sua resistência a mudanças, mantendo a hegemonia das empresas estaduais mesmo após a redemocratização (Sousa; Costa, 2016). Assim, apesar das tentativas de inovação regulatória, como a Lei nº 11.445/2007 e sua atualização em 2020, persistem desafios como desigualdade de acesso, déficit de investimento e baixa eficiência operacional.

O Panorama do Saneamento Básico no Brasil (2021) ressalta que a universalização exige não apenas obras de infraestrutura, mas também gestão integrada, regulação eficaz, sustentabilidade econômica e controle social, garantindo a participação da população no planejamento e na avaliação das políticas (Brasil, 2021). Essa visão reforça o entendimento de que o saneamento básico deve ser planejado de forma articulada, considerando as especificidades locais, a proteção dos recursos hídricos e a promoção da equidade social.

Conforme enfatizam (Vilarinho; Couto 2023, p. 235), “a concretização dos avanços previstos [...] dependerá, em grande parte, da coordenação com outras políticas públicas e da habilidade das várias partes envolvidas para concretizar as mudanças propostas”. Em síntese, o saneamento básico no Brasil é mais que um serviço, é um vetor estratégico de políticas públicas, que demanda visão histórica, integração intersetorial e compromisso com a justiça social.

Em 1934, o Brasil promulgou o Código de Águas por meio do Decreto nº 24.643, de 10 de julho, amplamente reconhecido como um marco significativo na regulamentação da gestão dos recursos hídricos no país (Rezende; Heller, 2000, p. 104). Tal código foi visto como um avanço significativo para a época, sendo amplamente reconhecido, inclusive internacionalmente, como uma das legislações mais completas sobre a gestão das águas (Silva, 2017, p. 148). A Constituição de 1934, que sucedeu o Código, também incorporou diretrizes relacionadas à propriedade e utilização da água, um tema que foi mantido em todas as constituições subsequentes (Costa; Pierobon; Soares, 2018, p. 341).

Durante a década de 1940, em meio à Segunda Guerra Mundial, o Brasil vivenciou uma reorganização na gestão do setor de saneamento. Em 1942, foi criado o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP), resultado de um acordo com os Estados Unidos. Este acordo tinha como objetivo expandir a produção de matérias-primas essenciais para a guerra, como borracha e minérios, ao mesmo tempo em que garantiu condições sanitárias adequadas para os trabalhadores brasileiros (Renovato; Bagnato, 2011, p. 106).

Na década de 1950, o processo acelerado de urbanização, impulsionado pela migração rural-urbana, trouxe à tona sérios problemas sanitários nas cidades (Costa; Pierobon; Soares, 2018, p. 342; Sousa; Santana, 2016, p. 164). Esse período também foi marcado pela criação do Ministério da Saúde, que passou a atuar de forma mais estruturada na gestão dos problemas sanitários do país (Trata Brasil, 2012, p. 17).

Nos primeiros anos da década de 1960, o Brasil viveu um contexto político instável, caracterizado por resistências às propostas de reformas de base do governo de João Goulart. Esse cenário culminou no golpe de 1964, que instaurou uma ditadura militar que perdurou por mais de 20 anos (Sousa; Costa, 2016, p. 623). Com a centralização do poder no governo federal, as competências relacionadas ao saneamento básico foram transferidas para a esfera federal, afastando a gestão

integrada entre saneamento e saúde. A partir desse momento, o saneamento passou a ser tratado de forma predominantemente técnica e voltada para a engenharia civil, com foco em grandes obras e em sua relação com as condições habitacionais (Costa; Pierobon; Soares, 2018, p. 342; Sousa; Costa, 2016, p. 624).

A Lei nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atribuiu aos municípios a responsabilidade pela elaboração e implementação do Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), instrumentos essenciais para o ordenamento, a gestão e a universalização dos serviços. Segundo o art. 19 da lei, o PMSB deve contemplar diagnóstico da situação, objetivos, metas, programas e ações necessárias, além de mecanismos de avaliação e revisão periódica (Brasil, 2007).

Esses planos não se restringem a um documento técnico: constituem condição para a validade dos contratos de prestação de serviços e requisito para o acesso a recursos federais desde 2014 (Pereira; Heller, 2015). A gestão, portanto, passa a integrar “o conjunto das atividades de planejamento, prestação dos serviços, regulação e fiscalização, todas elas acompanhadas e submetidas à participação e ao controle social” (Pereira; Heller, 2015, p. 396).

A experiência nacional revela, entretanto, desafios na elaboração e aplicação desses instrumentos. Dos 18 PMSB, abrangendo cinco macrorregiões do país, apontou que a maioria apresentou “fragilidade na instituição da política” e incorporação incipiente dos princípios da universalidade, equidade, integralidade, intersetorialidade e qualidade (Pereira; Heller, 2015, p. 395). Em alguns casos, como em Alagoinhas (BA) e Ouro Branco (MG), houve maior aderência, com definição de metas e instrumentos financeiros para a universalização, enquanto outros não contemplaram sequer soluções alternativas para áreas não atendidas.

Metodologicamente, a Lei do Saneamento não impõe um único modelo, mas recomenda métodos condizentes com a realidade local e os princípios da política. Entre os mais utilizados, destacam-se o Planejamento Estratégico Situacional (PES) e a Prospectiva Estratégica, por incorporarem múltiplas visões como o governo, prestadores, sociedade civil e setor privado e permitirem lidar com incertezas e cenários futuros (Pereira; Heller, 2015). O PES, por exemplo, estrutura-se em quatro momentos explicativo, normativo, estratégico e tático-operacional, articulando diagnóstico, definição de ações, viabilidade política e execução, com revisão contínua.

Já a Prospectiva Estratégica prioriza a análise de variáveis críticas, a construção de cenários e a pactuação de metas em colegiados, buscando reduzir incertezas e alinhar decisões a longo prazo (Buarque, 2003; Godet, 2006). Essas abordagens foram incorporadas ao Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), servindo como referência para a elaboração dos planos municipais e regionais.

Além dos PMSB, a Lei nº 11.445/2007 prevê a possibilidade de planos regionais de saneamento, instrumento particularmente relevante em regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, onde a prestação integrada dos serviços pode gerar ganhos de escala, eficiência e uniformidade regulatória (Brasil, 2007). A Lei nº 14.026/2020 reforçou essa diretriz, estimulando soluções regionalizadas e a governança Inter federativa como estratégias para alcançar a universalização, especialmente em municípios de pequeno porte ou com baixa capacidade de investimento.

A promulgação da Lei nº 14.026/2020, conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento Básico, representa uma das alterações mais significativas nas políticas públicas de saneamento no Brasil desde a Lei nº 11.445/2007. Sancionada em 15 de julho de 2020, a norma “alterou as leis já aplicáveis anteriormente ao tema e estabeleceu novas metas, bem como tendo a ousada proposta de universalizar o saneamento básico em todo o território nacional até 31 de dezembro de 2033” (Queiroz; Castilho; Wieczorkowski, 2020, p. 11),

O marco legal reforçou o papel regulador da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), conferindo-lhe competência para editar normas de referência que visam padronizar e aumentar a coerência regulatória no setor. Como observam Queiroz, Castilho e Wieczorkowski (2020), tal medida não elimina as agências locais, mas exige que estas “acompanhem as normas referenciais elaboradas pela ANA para a aplicação em âmbito municipal ou regional”. De acordo com Guerra e Vêras (2021), essa função reguladora transversal também busca corrigir falhas de mercado e “falhas de governo”, como a pulverização e a captura de agências reguladoras, por meio de uma regulação *top down* orientada para a universalização.

Entre os principais avanços está a ampliação da participação privada na prestação de serviços. A lei determina que, para que uma entidade que não integre a administração pública possa prestar serviços, é necessário “contrato de concessão, mediante prévia licitação” (Brasil, 2020, art. 10), vedando contratos de programa e convênios sem concorrência. Segundo Guerra e Vêras (2021), tal medida rompe com

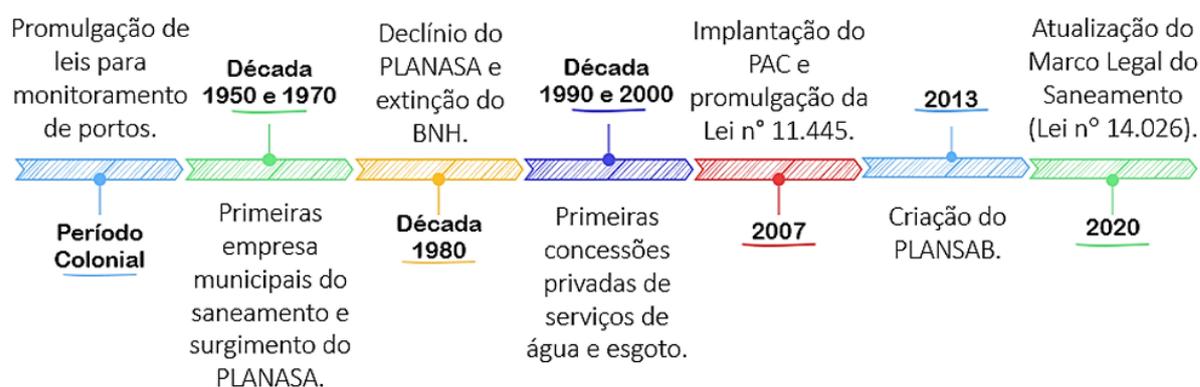
a lógica anterior dominada por companhias estaduais (CESBs) e busca estimular “economias de escala e escopo” por meio da regionalização.

Outro destaque é a fixação de metas claras: 99% da população com acesso à água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto até 2033 (Brasil, 2020, art. 11-B). Para atingi-las, estima-se a necessidade de mais de R\$ 400 bilhões em investimentos (Queiroz; Castilho; Wieczorkowski, 2020, p. 18). Além disso, a lei vinculou o encerramento dos lixões a 2024, meta que não foi cumprida, sendo ainda em tramite no congresso nacional a prorrogação para 2033 (Guerra; Vêras, 2021).

O marco também introduziu dispositivos para garantir modicidade tarifária e inclusão social, prevendo subsídios para populações de baixa renda (Queiroz; Castilho; Wieczorkowski, 2020). Nesse sentido, Pinto e Ribas (2022) ressaltam que o novo modelo pretende “equilibrar a atratividade para o setor privado com a obrigação de atender populações vulneráveis”, por meio de arranjos como subsídios cruzados e blocos regionais.

Apesar dos avanços, a lei recebeu críticas quanto à rigidez do modelo licitatório e ao risco de exclusão de municípios menos atrativos para investimentos privados. Guerra e Vêras (2021) alertam que a regionalização deve evitar “seleção de municípios rentáveis e o esquecimento de municípios mais pobres”, sob pena de violar o princípio da universalização. A Figura 1, mostra o histórico do saneamento básico no Brasil através de uma linha do tempo.

Figura 1 - Histórico do saneamento básico no Brasil



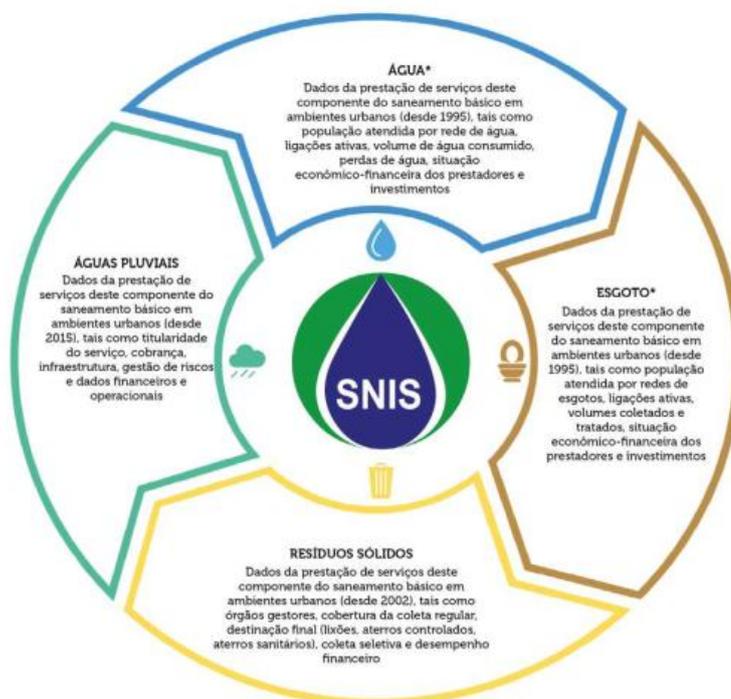
Fonte: Dantas *et al.* 2022

## 2.3 Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA

O SINISA o principal instrumento de coleta, organização e divulgação de dados do setor de saneamento básico no Brasil, sendo considerado “o maior e mais importante banco de dados do setor saneamento brasileiro” (Miranda, 2007, p. 76).

Entretanto, em 1996 foi criado o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS no âmbito do PMSS, o SNIS iniciou sua atuação com dados referentes ao ano-base de 1995, contemplando inicialmente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e posteriormente incorporando informações sobre manejo de resíduos sólidos urbanos (a partir de 2002) e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (desde 2015) (Brasil, 2020). Figura 2 mostra detalhada os principais serviços abrangidos pelo SNIS e a evolução da coleta de dados ao longo do tempo.

Figura 2 - Descrição dos serviços de saneamento



Fonte: SNIS, 2021

O SNIS teve como objetivo:

- Planejamento e execução de políticas públicas;
- Orientação da aplicação de recursos;

- Conhecimento e avaliação do setor de saneamento;
- Avaliação de desempenho dos serviços;
- Aperfeiçoamento da gestão;
- Orientação de atividades regulatórias e de fiscalização; e
- Exercício do controle social.

A base de dados do SNIS reúne informações de caráter institucional, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade da prestação dos serviços, abrangendo prestadores de serviços e municípios de todo o território nacional. Essas informações são atualizadas anualmente e disponibilizadas de forma pública e gratuita, o que garante a transparência e possibilita o uso por diferentes atores, como gestores públicos, órgãos reguladores, pesquisadores e a sociedade civil (Miranda, 2007).

Segundo o Ministério das Cidades (MCID), o SNIS “permite monitorar e avaliar a prestação de serviços, definir políticas, projetos e ações para qualificar a gestão, orientar atividades regulatórias, facilitar o controle social e ampliar e melhorar o atendimento à população” (Brasil, 2020, p. 8). Além disso, desempenha papel fundamental na formulação do Plansab e dos PMSB, servindo como base para o estabelecimento de metas e indicadores de desempenho.

A importância do SNIS também era evidenciada pela padronização terminológica e metodológica que proporciona ao setor, por meio de instrumentos como o Glossário de Termos e Relação de Indicadores, publicados anualmente, que “estabelecem uma linguagem única no setor, possibilitando a integração de bancos de dados diferentes e comparações de desempenho entre prestadores de serviços” (Miranda, 2007, p. 78).

Nos últimos anos, o SNIS passou por um processo de modernização e evolução, culminando no desenvolvimento do SINISA, previsto na Lei nº 14.026/2020. O SINISA se baseia no SNIS, mas propõe uma rede descentralizada e articulada vertical e horizontalmente, ampliando a integração e o acesso às informações (Brasil, 2021). Essa transição buscou otimizar a coleta e o uso de dados, incorporando novas ferramentas de visualização, como os Cadernos Temáticos e o Painel de Informações sobre Saneamento, que apresentam indicadores de forma mais acessível e interativa (Brasil, 2020).

### 2.3.1 Indicadores de saneamento

Os indicadores de saneamento constituem ferramentas essenciais para avaliar a qualidade, eficiência e cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Conforme Von Sperling (2010), os indicadores de desempenho no setor do saneamento permitem a mensuração objetiva de aspectos operacionais, técnicos, econômicos e ambientais, possibilitando o acompanhamento e a comparação entre diferentes prestadores de serviços.

No Brasil, o SINISA desempenha papel central na padronização e divulgação desses indicadores, organizando-os em categorias como indicadores de cobertura, operacionais, de qualidade e econômico-financeiros (Brasil, 2021). A cobertura é tradicionalmente medida por indicadores como o percentual da população atendida com abastecimento de água ou coleta de esgotos, enquanto os indicadores operacionais incluem, por exemplo, o índice de perdas na distribuição e a extensão das redes por habitante atendido.

O SINISA, criado pela Lei do Saneamento no artigo 53, está atualmente em fase de desenvolvimento pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, anteriormente conhecido como Ministério das Cidades. Sua implementação se baseia no SNIS em vigor (Brasil, 2021). Figura 3 mostra a estrutura dos principais componentes e funções que o SINISA cobre, facilitando a análise da evolução e abrangência dos dados. O SINISA tem como principais objetivos:

- Coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
- Disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico;
- Permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico

Figura 3 - Descrição dos serviços SINISA



Fonte: Do SNIS ao SINISA, 2021

Von Sperling (2010) propõe a classificação dos indicadores de saneamento em cinco dimensões: recursos humanos, infraestrutura, operacional, qualidade e econômico-financeira. Essa organização facilita a análise por diferentes atores do setor, já que cada grupo de indicadores atende a necessidades distintas, desde o planejamento estratégico até a regulação e o controle social.

Nesse contexto, Alves (2023) destaca que, para que esses instrumentos cumpram efetivamente seu papel na avaliação do saneamento básico, é imprescindível que sejam definidos de forma clara e objetiva, considerando as especificidades de cada serviço e as demandas dos usuários. O autor acrescenta que, além de mensuráveis, os indicadores devem ter como base dados provenientes de fontes seguras e confiáveis, atualizados regularmente, como ocorre com as informações disponibilizadas pelo SINISA.

A importância dos indicadores vai além da gestão interna. Eles servem de base para políticas públicas, regulamentos e estratégias de investimento. Segundo o MCID, os indicadores são fundamentais para o monitoramento e avaliação da prestação dos serviços, definição de políticas e ações para qualificar a gestão e orientar atividades regulatórias (Brasil, 2021).

Outro aspecto relevante é o uso dos indicadores como instrumento de *benchmarking*, permitindo comparar o desempenho entre prestadores de serviços em diferentes regiões. Isso favorece a identificação de boas práticas e a disseminação de soluções mais eficientes Von Sperling (2010). Ao mesmo tempo, a avaliação periódica

por meio desses parâmetros contribui para a transparência e o controle social, uma vez que as informações são disponibilizadas publicamente pelo SINISA

Sendo assim, o SINISA expandirá as funções do SNIS ao incluir os gestores públicos responsáveis pelos serviços de saneamento no processo de fornecimento de dados. Além disso, o SINISA apresentará informações financeiras separadas para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, detalhará os investimentos voltados para a ampliação da capacidade ou reposição de infraestrutura, e integrará as entidades reguladoras no fornecimento de informações. Também será incorporado um módulo específico sobre infraestrutura, abrangendo aspectos relacionados tanto ao abastecimento de água quanto ao esgotamento sanitário (Brasil, 2021).

#### **2.4. A universalização do saneamento na Paraíba**

A Lei nº 14.026/2020, também conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, trouxe mudanças significativas ao setor de saneamento no Brasil, buscando universalizar o acesso aos serviços de água potável e esgotamento sanitário até 2033. Essas metas refletem diretamente nas condições de saúde pública e qualidade de vida das populações atendidas (Vitalino, 2024; Pessoa *et al.*, 2024; Sousa, 2020).

No contexto da Paraíba, os avanços no saneamento têm sido acompanhados por um processo de regionalização, que busca aumentar a eficiência da prestação dos serviços. Este modelo de gestão tem como objetivo facilitar a universalização dos serviços, promovendo a cooperação entre municípios através da formação de microrregiões e consórcios públicos (Vitalino, 2025; TCE-PB, 2024). A Companhia e Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) tem sido a principal operadora do saneamento no estado, com a responsabilidade de levar água tratada e coletar e tratar esgoto em até 100% dos municípios paraibanos (Trata Brasil, 2022). No entanto, os desafios ainda são grandes, especialmente em áreas periféricas e de difícil acesso.

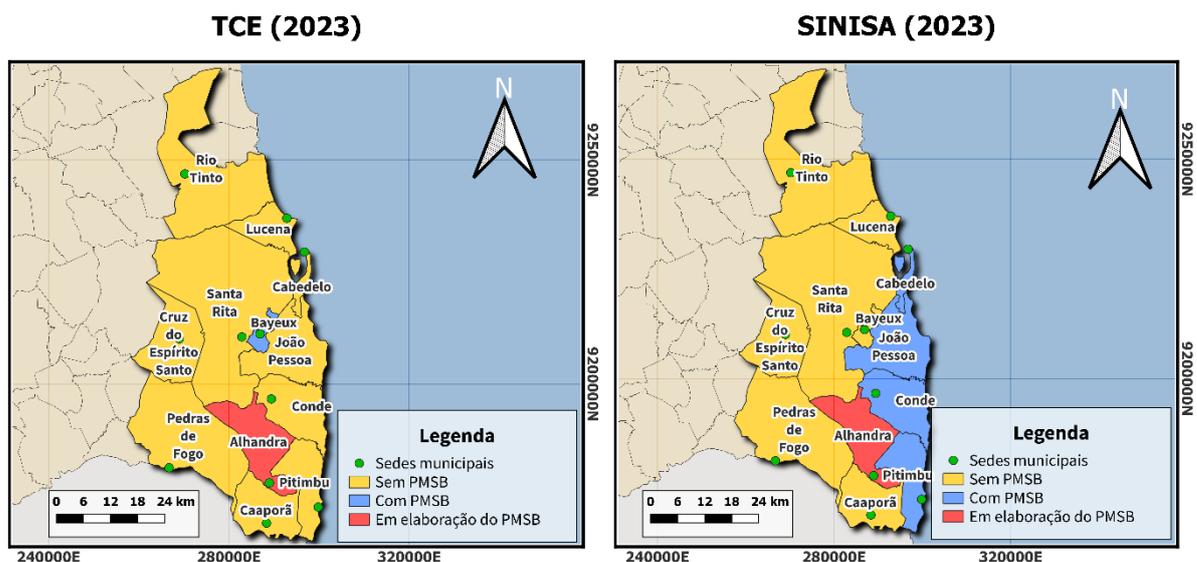
A regionalização do saneamento no litoral da Paraíba, com o apoio de Parcerias Público-Privadas (PPPs), visa aumentar a cobertura dos serviços e garantir um planejamento de longo prazo para atender à crescente demanda. A expectativa é que as microrregiões, incluindo a do litoral, beneficiem-se do fomento ao investimento privado, mas com a regulamentação de agências estaduais e municipais, como a

Agência de Regulação do Estado da Paraíba (ARPB) e Agência de Regulação de Santa Rita (ARSR), garantindo que os serviços atendam aos padrões de qualidade estabelecidos pelo Novo Marco (Trata Brasil, 2022; TCE-PB, 2024).

Apesar dos avanços, ainda há desafios como as perdas de água nos sistemas de distribuição e a necessidade de um maior investimento em infraestrutura (Sousa, 2020; TCE-PB, 2024). O foco em universalizar o saneamento até 2033 exige uma mobilização de recursos e políticas públicas mais eficazes, especialmente considerando as condições econômicas e sociais da região.

Com o objetivo de diagnosticar a situação dos municípios paraibanos em relação à elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), O TCE consultou a base de dados do SINISA. Segundo os dados disponíveis, dos 223 municípios paraibano, apenas 30 indicaram a existência do plano, 42 estavam em processo de elaboração e 151 relataram não ter o plano (TCE, 2024). Entretanto, dado que as informações fornecidas ao SNIS pelos municípios são de caráter declaratório e frequentemente desatualizadas. Sendo assim, o TCE-PB realizou uma consulta e auditoria a todos os municípios, solicitando, a documentação relacionada à legislação de saneamento básico, conforme as diretrizes estabelecidas pela Lei nº 11.445/2007 e pela Lei nº 14.026/2020. A Figura 4, apresenta-se o levantamento realizado pelo TCE em relação aos planos municipais.

Figura 4 - Levantamento dos Planos Municipais de Saneamento Básico



Fonte: TCE, 2023 e SINISA, 2023

Os resultados revelaram que apenas 3 municípios enviaram os Planos Municipais de Saneamento Básico, enquanto 49 estavam na fase final de elaboração e 171 estavam em estágios iniciais ou não responderam ao ofício. Observou-se ainda que houve inconsistências entre as informações fornecidas ao SINISA e as enviadas ao TCE-PB. Por exemplo, embora 30 municípios tenham declarado ao SINISA a existência de PMSB, eles não encaminharam os respectivos documentos ao TCE-PB, sendo, por isso, classificados como não possuidores do plano (TCE, 2024).

A implementação da Política Municipal de Saneamento é essencial para garantir que todos tenham acesso a serviços básicos de qualidade e chegue a universalização. Nesse processo, a administração municipal tem a responsabilidade de transformar o que está previsto em lei em ações concretas, adotando um modelo de gestão pública que seja eficiente e integrado. É importante que, além de garantir a qualidade dos serviços, haja um esforço para tornar os processos decisórios mais transparentes e inclusivos, envolvendo a participação da comunidade e utilizando ferramentas que permitam um controle social eficaz, com indicadores claros e acessíveis.

Os dados do SINISA refletem esses desafios e avanços. Embora o acesso à água tenha melhorado consideravelmente, ainda há muito a ser feito no tratamento de esgoto, que continua demandando investimentos significativos para que todos, sem exceção, possam ter acesso a esses serviços fundamentais.

## **2.5 Fundamentos e aplicações do SIG**

O Geoprocessamento, entendido como o conjunto de técnicas e métodos voltados ao tratamento de informações geográficas por meio de ferramentas computacionais, tem se consolidado como um recurso essencial para o planejamento, gestão e monitoramento em diferentes áreas, incluindo o saneamento básico. Câmara; Davis; Montero, (2001) afirmam:

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA; DAVIS, 2001, p. 1).

Já o Sistema de Informações Geográficas (SIG), conforme (Ferreira, 2006), pode ser compreendido como “um sistema para entrada, manipulação e exibição de informações geográficas”, combinando equipamentos, dados, softwares e procedimentos, com o objetivo de resolver problemas e apoiar o planejamento em diferentes setores. Essa tecnologia possibilita não apenas o armazenamento e a visualização de dados, mas também a análise espacial detalhada, cruzando informações ambientais, socioeconômicas e de infraestrutura para subsidiar políticas públicas. Além disso, os autores Câmara; Davis; Montero (2001) ressaltam que:

Sempre que o onde aparece dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG. Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial (CÂMARA; DAVIS; MONTERO 2001, p. 2).

Segundo Fitz (2008) os SIGs “são sistemas computacionais que possuem programas especiais para a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise digital de dados georreferenciados visando à produção de informação espacial”.

Segundo Nakamura e Junior, (2010), um SIG consiste em uma plataforma computacional que possibilita a coleta, o processamento e a análise de dados georreferenciados. Trata-se da integração de hardware, software, dados, metodologias e equipe técnica, operando de maneira articulada para a produção e interpretação de informações espaciais. Essa tecnologia permite combinar diferentes tipos de dados, como cartográficos, cadastrais, provenientes de sensoriamento remoto, redes de infraestrutura, modelos digitais de terreno e dados descritivos, a exemplo de informações demográficas, socioeconômicas e corporativas, com o objetivo principal de viabilizar a elaboração de mapas, o armazenamento e a recuperação de dados espaciais, bem como a realização de análises espaciais. A figura 5 mostra os 5 componentes contidos no SIG.

Figura 5 - Componente de um SIG



Fonte: elaboração própria, 2025

Conforme apontado por Löbler e Gonçalves (2019), o SIG configura-se como uma tecnologia avançada dentro das geociências, pois integra conceitos e metodologias provenientes de diversas áreas do conhecimento, como sensoriamento remoto, geografia, cartografia, engenharia e tecnologia da informação, os quais são fundamentais para a criação e análise de informações espaciais. O geoprocessamento, como ferramenta essencial, desempenha papel central no suporte ao funcionamento do SIG. Em essência, um SIG depende de um conjunto de componentes, incluindo bancos de dados espaciais, sistemas de coordenadas, modelos matemáticos de processamento de dados e representações em formatos vetoriais e matriciais.

De acordo com Trombeta; Oliveira; Pelinson (2019), os SIG têm a capacidade de integrar vastas quantidades de dados ambientais e utilizar ferramentas analíticas para examinar essas informações. Esses sistemas podem ser configurados com múltiplas camadas de mapas, cada uma representando diferentes atributos, como redes de transporte, hidrografia, características populacionais, atividades econômicas, divisões políticas e outras variáveis dos ambientes naturais e sociais. A habilidade de armazenar e sobrepor informações em camadas, permitindo sua combinação com outras fontes de dados, confere ao SIG um grande potencial como ferramenta de pesquisa e suporte à tomada de decisões. A Figura 6 mostra onde o SIG tem sido utilizado no cotidiano.

Figura 6 - As funcionalidades do sistema de informação geográfica



Fonte: Ristow, 2014

#### 2.4.1 O sistema de informações geográfica e o contexto do monitoramento do saneamento básico

No contexto do saneamento básico, os SIGs desempenham um papel essencial na análise e gestão das redes de abastecimento de água e esgoto. Lana *et al.* (2022) destacam que essas ferramentas permitem “incorporar e analisar cenários com grande variedade de informações, de forma integrada e otimizada”, sendo amplamente utilizadas para avaliar a cobertura e a qualidade dos serviços de saneamento, identificar áreas não atendidas e mapear fontes poluidoras. Essa capacidade de integrar dados de diversas fontes contribui diretamente para a melhoria da gestão e expansão das infraestruturas de água e esgoto, promovendo soluções mais adequadas e eficientes para as demandas da população.

Além disso, no Projeto SIGAS-UERJ, focado em meio ambiente e saneamento, o SIG foi utilizado para modelar a oferta e a demanda de água de reuso, integrando informações de estações de tratamento de esgoto e setores industriais. Essa abordagem não só permite otimizar a gestão hídrica na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, como também apresenta soluções inovadoras para o uso sustentável da água, especialmente em áreas com escassez de recursos hídricos.

Rodrigues (2023) observa que o geoprocessamento, ao longo do tempo, deixou de ser uma simples ferramenta de representação cartográfica para se tornar um recurso multidisciplinar, sendo cada vez mais aplicado não apenas no meio ambiente

e na agricultura, saneamento, mas também em áreas como a saúde e no monitoramento de riscos ambientais. Essa evolução do geoprocessamento expandiu suas possibilidades de uso, tornando-o uma ferramenta estratégica para a gestão integrada dos sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário, essencial para o planejamento urbano sustentável.

Ademais, Dantas (2018) destaca que o uso de ferramentas de geoprocessamento, como o QGIS, permite realizar uma análise detalhada das redes de abastecimento de água e esgoto, integrando dados geoespaciais com informações sobre a demanda e características dos sistemas. Isso facilita o planejamento adequado das redes, permitindo a projeção precisa das necessidades de abastecimento, especialmente ao considerar as variações espaciais e demográficas nas áreas atendidas. A capacidade de realizar essas análises espaciais torna o SIG uma ferramenta importante para a gestão eficiente de recursos hídricos e para a minimização de perdas no sistema, além de apoiar a tomada de decisões em tempo real.

#### 2.4.2 O software Qgis

O uso de SIG tem se consolidado como uma ferramenta essencial para a análise de fenômenos geográficos, sociais e ambientais. O QGIS (*Quantum GIS*), um software livre e de código aberto, destaca-se como uma das principais opções para essa finalidade, sendo reconhecido por sua flexibilidade, acessibilidade e capacidade de integrar dados espaciais e alfanuméricos.

O QGIS é um software de código aberto e um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Ele é compatível com diversos sistemas operacionais, incluindo Linux, Unix, Mac OS X, Windows e Android. O programa suporta tanto dados vetoriais quanto matriciais e oferece uma variedade de funcionalidades essenciais, além de extensões, chamadas plugins. Através dessa plataforma, é possível realizar tarefas como visualização, criação, edição, análise de dados geoespaciais, além de compor mapas para fins de impressão (Santos, 2018).

Segundo Dantas (2018), as informações georreferenciadas têm se tornado cada vez mais essenciais em estudos de diversas áreas, sendo particularmente demandadas por profissionais como engenheiros, que necessitam dominar o uso dessas informações. O QGIS, em particular, se destaca por sua capacidade de

visualizar, analisar e manipular dados geoespaciais de forma eficaz, possibilitando a criação de mapas temáticos que abordam uma ampla gama de variáveis, como produção agrícola, biomas e tipos de solo. Tais variáveis estão intimamente relacionadas aos serviços de infraestrutura urbana, como os de abastecimento de água e esgoto. A combinação de dados vetoriais e matriciais, incluindo imagens de satélite e coordenadas geográficas, faz do QGIS uma ferramenta robusta para a aplicação do geoprocessamento em estudos e práticas de gestão urbana e ambiental (Santos, 2019; Ito; Filho; Conti, 2017).

O QGIS disponibiliza diversas ferramentas analíticas, permitindo, por exemplo, a realização de análises de proximidade para avaliar a abrangência dos serviços em áreas urbanas, bem como a avaliação da infraestrutura existente por meio de análises de redes. Conforme salientado por Dalla Corte *et al.* (2020), o QGIS é um software de SIG de código aberto, desenvolvido sob a Licença Pública Geral GNU, o que garante sua flexibilidade para modificações e melhorias contínuas pela comunidade de usuários, tornando-o um sistema em constante aprimoramento.

Além de ser uma ferramenta eficaz para mapeamento, se destaca como um sistema robusto para a análise espacial de dados. Ele oferece aos usuários a capacidade não só de criar mapas, mas também de explorar diversas metodologias analíticas para entender a dinâmica de fenômenos geoespaciais. Esse conjunto de funcionalidades torna o QGIS uma escolha altamente recomendada para profissionais e pesquisadores interessados em explorar o espaço de forma precisa e detalhada (Ristow, 2014).

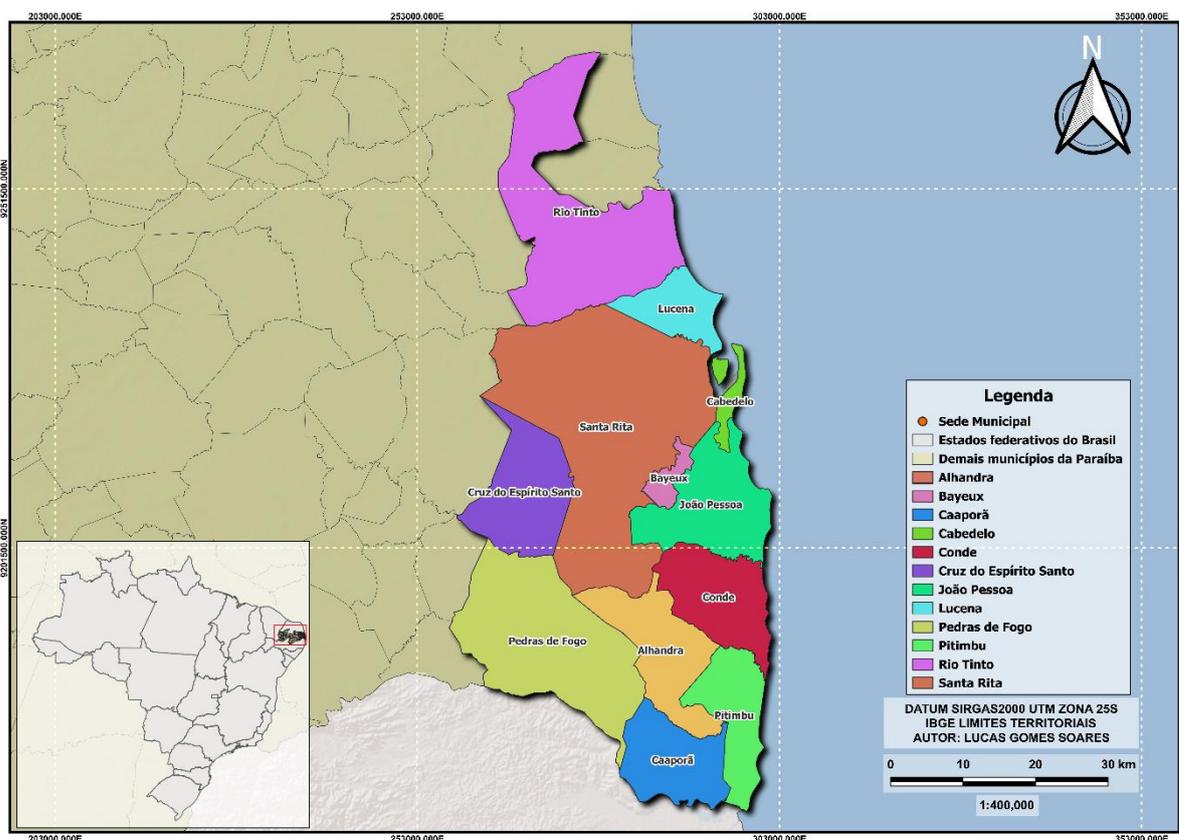
### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Área de estudo**

Para o estudo deste trabalho foi escolhida a Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) que é um dos mais importantes espaços urbanos da Paraíba, reunindo municípios que se conectam à capital por intensas relações econômicas, sociais e culturais. Criada pela Lei Complementar Estadual nº 59, de 30 de junho de 2003, essa região surgiu com o objetivo de integrar políticas públicas e fortalecer o desenvolvimento coletivo dos municípios que a compõem (Paraíba, 2003). Atualmente, a RMJP é formada por cidades como João Pessoa, Bayeux, Cabedelo, Santa Rita, Conde, Lucena, Alhandra, Pitimbu e Pedras de Fogo, configurando-se como um dos maiores aglomerados urbanos do estado.

De acordo com dados, a região concentra aproximadamente 1,2 milhão de habitantes, representando uma parcela significativa da população paraibana (IBGE, 2022). Esse dado revela o peso demográfico e social da RMJP, que funciona como um verdadeiro polo de atração, tanto para a migração interna quanto para a instalação de atividades econômicas estratégicas. A economia local é diversificada: comércio e serviços têm papel central, mas setores industriais, como o de alimentos, materiais de construção e logística, também são relevantes. Nesse cenário, o Porto de Cabedelo assume papel fundamental, funcionando como porta de entrada e saída de mercadorias e conectando a Paraíba a fluxos nacionais e internacionais (Lopes, 2018). Na Figura 7 é possível visualizar a localização da capital paraibana, como também a região metropolitana.

Figura 7 – Mapa de localização da região metropolitana de João Pessoa - PB



Fonte: elaboração própria, 2025

Os doze municípios que integram a Região Metropolitana de João Pessoa são, em sua maior parte, abastecidos pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Entretanto, o município de Santa Rita – PB apresenta uma situação distinta. Desde 2021, o serviço de abastecimento passou a ser realizado pela concessionária Águas do Nordeste (ANE), que obteve o direito de atuar na cidade por um período de vinte anos.

A área contemplada pela concessão abrange todo o território urbano de Santa Rita, com uma exceção: o bairro de Várzea Nova, onde o abastecimento de água permanece integrado ao sistema Marés, operado pela CAGEPA, enquanto os serviços de esgotamento sanitário continuam vinculados ao sistema da ANE. Além da zona urbana, a concessão inclui ainda o distrito de Livramento e diversas comunidades rurais, como Odilândia, Lerolândia, Cícerolândia, Bebelândia e Forte Velho (ANE, 2021).

Tabela 1- Dados dos municípios da região metropolitana de João Pessoa

Municípios	População (2024)	Densidade Demografica (hab/km <sup>2</sup> ) (2022)	PIB per capita (R\$) (2021)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (2010)	Área urbanizada (km <sup>2</sup> ) (2019)
Alhandra	22.797	118,11	R\$ 171.143,98	0,582	4,32
Bayeux	84.404	2.986,54	R\$ 14.016,16	0,649	11,47
Cabedelo	70.067	2.226,73	R\$ 45.182,89	0,748	14,44
Caaporã	21.193	140,33	R\$ 21.157,09	0,602	4,06
Conde	29.543	161,18	R\$ 50.786,89	0,618	19,81
Cruz do Espírito Santo	17.718	88,80	R\$ 10.863,92	0,552	3,19
João Pessoa	888.679	3.970,27	R\$ 26.936,78	0,763	110,82
Lucena	13.019	133,90	R\$ 16.716,60	0,583	7,30
Pedras de Fogo	31.152	72,93	R\$ 19.452,45	0,590	3,40
Pitimbu	17.164	123,35	R\$ 22.092,43	0,570	7,80
Rio Tinto	25.394	52,84	R\$ 13.272,79	0,585	7,44
Santa Rita	159.121	208,62	R\$ 18.949,73	0,627	22,74
<b>Total da população</b>	<b>1.380.251</b>				

Fonte: IBGE 2025

### 3.2. Seleção de indicadores e obtenção dos dados

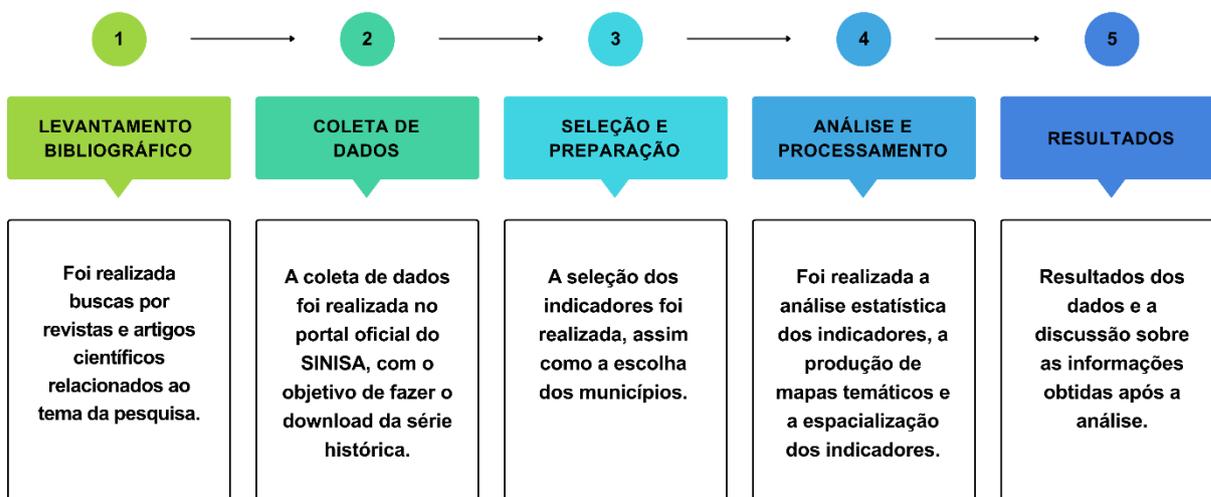
A elaboração desta pesquisa seguiu um processo estruturado em cinco etapas principais. Inicialmente, foi realizado o levantamento bibliográfico, no qual buscou-se por artigos e revistas científicas relacionadas ao tema da pesquisa. Essa etapa teve como objetivo embasar teoricamente o estudo e identificar possíveis lacunas na literatura existente.

Em seguida, na etapa de coleta de dados, os dados necessários foram obtidos a partir do portal oficial do SINISA, onde foi possível fazer o download das séries históricas relevantes para a análise. Com os dados em mãos, passou-se para a seleção e preparação, na qual foram escolhidos os indicadores a serem analisados e definidos os municípios que fariam parte da amostra da pesquisa.

A quarta etapa envolveu a análise e o processamento dos dados coletados. Nessa fase, foi realizada a análise estatística dos indicadores selecionados, além da produção de mapas temáticos e da espacialização dos dados, o que facilitou a interpretação dos resultados. Por fim, os resultados foram apresentados, acompanhados de uma discussão sobre as informações obtidas, proporcionando uma

compreensão aprofundada sobre os fenômenos estudados. A Figura 8 mostra o fluxograma do processo de obtenção dos dados.

Figura 8 - Fluxograma de elaboração da pesquisa



Fonte: elaboração própria, 2025

Os indicadores de desempenho adotados neste estudo foram selecionados a partir da base de dados do SINISA que disponibiliza anualmente seu Glossário de Termos e Relação de Indicadores. Este glossário contém as definições necessárias para a correta interpretação dos dados apresentados. Foram escolhidos três indicadores específicos para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a saber: o Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023), o Índice de Perdas na Distribuição (IN049), o Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024). Os dados correspondentes aos indicadores selecionados foram extraídos da base do SNIS, organizados e salvos em formato compatível com o Excel. Durante a análise, foi observado que alguns municípios não possuíam dados referentes ao (IN024), para garantir a precisão dos resultados, os municípios que não apresentaram esses dados foram desconsiderados no cálculo do índice médio. Tal decisão foi tomada com o intuito de evitar que a falta de informações distorcesse a análise, oferecendo uma visão mais fiel e confiável sobre a cobertura e a qualidade dos serviços de saneamento na região metropolitana de João Pessoa.

Quadro 1- Indicadores de acordo com o SINISA

Indicador		Equação
IN023	Índice de atendimento urbano de água	$\frac{AG026}{GE06a} \cdot 100$
IN049	Índice de perdas na distribuição	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \cdot 100$
IN024	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água	$\frac{ES026}{GE06a} \cdot 100$

Fonte: Brasil, 2022

Parâmetros:

AG026: População urbana atendida com abastecimento de água

G06A: População urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água

POP\_URB: População urbana do município do ano de referência (Fonte: IBGE):

AG006: Volume de água produzido

AG010: Volume de água consumido

AG018: Volume de água tratada importado

AG024: Volume de serviço

ES026: População urbana atendida com esgotamento sanitário

GE06A: População urbana residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário

A escolha dos anos de 2010, 2016 e 2021 para a coleta de dados é essencial para avaliar a evolução dos serviços de saneamento na região metropolitana de João Pessoa, especialmente no contexto das mudanças trazidas pelas leis de 2007 e 2020. A Lei nº 11.445/2007 estabeleceu as primeiras diretrizes nacionais para o saneamento, permitindo observar em 2010 como seus impactos iniciais afetaram a cobertura e a qualidade dos serviços. Já a Lei nº 14.026/2020, com ênfase na universalização até 2033 e a introdução de novos modelos de gestão, demanda uma análise mais recente, como a de 2021, para identificar os reflexos das novas políticas e metas.

O período para a coleta dos dados foi definido os anos de 2010, 2016 e 2021, sendo este último o ano do diagnóstico mais recente dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário disponibilizado pelo SINISA.

A avaliação de desempenho dos indicadores foi fundamentada nos critérios estabelecidos pela Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE) na Resolução nº 222/2017. Consoante a essa normativa, os indicadores são classificados em quatro níveis, os quais são diferenciados de acordo com a proximidade do resultado obtido em relação ao target previamente definido, conforme no quadro 2. Para a definição dos parâmetros dos indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário, foi considerado o item 5.2 do Anexo Único da referida resolução. Essa metodologia foi adotada com base no procedimento descrito por Viana; Castro; Rocha (2020), que aplicaram uma abordagem semelhante na avaliação dos indicadores.

Quadro 2 - Valores de referências da ARCE

Classificação	Targets	Valores de Referência		
		IN023	IN049	IN024
 Azul	Excelente	≥ 95%	< 20%	≥ 95%
 Verde	Bom	≥ 80% e < 95%	≥ 20% e < 30%	≥ 80% e < 95%
 Amarelo	Mediano	≥ 60% e < 80%	≥ 30% e < 40%	≥ 50% e < 80%
 Vermelho	Ruim	< 60%	≥ 40%	< 50%

Fonte: baseado de ARCE, 2017

### 3.3. Índice de saneamento e Ranking

Para realizar uma comparação do desempenho da universalização do saneamento básico de maneira integral na região em questão, foi calculado o índice de saneamento (IND) para os anos de 2011, 2016 e 2021. Esse índice avalia o percentual da população urbana atendida por indicadores como o Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023), o Índice de Perdas na Distribuição (IN049), o Índice de Atendimento Urbano de Esgoto em relação aos municípios atendidos com água (IN024). Para o cálculo de uma média composta válida, a normalização do IN049 foi um pré-requisito. Sua escala de minimização foi invertida (100% - valor) para alinhar-se às métricas de maximização (IN023 e IN024), eliminando o viés direcional e assegurando a integridade do indicador consolidado.

$$\text{IND} = \frac{(\text{IN023} + \text{IN049} + \text{IN024})}{3} \quad (1)$$

Onde:

- (IN023):Índice de atendimento urbano de água (%)
- (IN049): Índice de perdas na distribuição (%)
- (IN024): Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (%)

### **3.4. Processamento de dados e a produção de mapas temáticos**

Para a análise dos indicadores, foi utilizado o *QGIS v3.44.1*, um *software* de geoprocessamento de código aberto, que possibilita o manuseio de bases de dados geoespaciais, tanto matriciais quanto vetoriais, em um ambiente de banco de dados geográficos. Através dessa ferramenta, é viável realizar a visualização espacial dos dados por meio da criação de mapas temáticos. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) se caracteriza pela capacidade de armazenar, processar e interpretar dados de diferentes naturezas em um único sistema computacional, permitindo a combinação e o uso desses dados na geração de mapas e na análise de informações espacializadas. Os dados espaciais tratados neste estudo são do tipo vetorial, representando aspectos da superfície terrestre convertidos em pontos, linhas ou polígonos, os quais são georreferenciados no mapa. Esses dados são gerados e armazenados em arquivos no formato *shapefile* (*shp*).

Além disso, para a criação das tabelas de atributos dentro dos *shapefiles* obtidos no site do IBGE, foram utilizadas as tabelas em Excel, nas quais realizaram-se as junções necessárias entre os dados espaciais e os atributos correspondentes. Esse processo permitiu a integração das informações e a construção de um banco de dados geoespacial coerente, essencial para a análise dos indicadores.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Índice de atendimento urbano de água (IN023)

Segundo dados fornecidos pela Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e pela OMS (UNICEF/OMS, 2015), o Brasil ocupa uma posição relativamente favorável em termos de acesso à água potável quando comparado a outros países. Essa organização acompanha, desde 1995, a evolução da cobertura de acesso à água potável no cenário global. Para ser considerada adequada para consumo humano, a água proveniente de redes de canalização, poços, torneiras públicas, poços artesianos ou sistemas de captação de água da chuva deve atender a critérios básicos de potabilidade (Freitas, 2017). O Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023) avalia o percentual da população urbana que usufrui dos serviços públicos de abastecimento de água potável (ARIS, 2015). O acesso a esse serviço é considerado um direito básico e essencial para o desenvolvimento de uma sociedade, sendo fundamental não só para a saúde pública, mas também para a melhoria da qualidade de vida. De acordo com Cairncross (2018), ao olhar para os benefícios mais amplos do saneamento, observa-se que além de promover saúde, ele também contribui para aspectos como conforto, conveniência, status social, privacidade e benefícios estéticos, fatores que podem ser sintetizados na noção de dignidade.

Na análise da Figura 9, referente ao índice de 2011, observa-se que os municípios localizados na área azul, como Rio Tinto e Alhandra, apresentam uma cobertura de abastecimento de água superior a (95%). Por outro lado, os municípios destacados em verde, como João Pessoa, Cabedelo, Santa Rita, Conde, Caaporã e Cruz do Espírito Santo, apresentam uma boa cobertura, com valores variando entre (80%) e (95%). Embora esses índices ainda sejam positivos, é possível identificar oportunidades para aprimoramento. Municípios representados pela cor amarela, como Bayeux, evidenciam uma cobertura de abastecimento de água entre (60%) e (80%), configurando uma situação intermediária, que demanda atenção. Finalmente, as regiões em vermelho, como Pedras de Fogo e Pitimbu, apresentam os menores índices de cobertura, abaixo de (60%), refletindo um quadro ruim no acesso ao atendimento urbano de água nessas localidades.

Já na análise da Figura 10 referente ao índice em 2016, os municípios em azul, como João Pessoa, Cabedelo, Lucena, Santa Rita e Alhandra, possuem uma

cobertura de abastecimento de água superior a (95%), o que indica um atendimento urbano excelente. Já os municípios representados pela cor verde, como Conde e Bayeux apresentam uma boa cobertura, variando entre (80%) e (95%). Já em cor amarela, representando pelo município de Caaporã e Cruz do Espírito Santo, sinaliza que a cobertura de abastecimento de água nesse local está entre (60%) e (80%), o que aponta para uma situação mediana de atendimento. Por fim, as áreas em vermelho, como Pedras de Fogo, Pitimbu e Rio Tinto apresentam a menor cobertura de abastecimento, com valores abaixo de (60%), considerado como ruim, refletindo sérios desafios no acesso à água potável nessas regiões.

Por fim, na análise da Figura 11 referente ao índice em 2021, os municípios em azul, como João Pessoa, Cabedelo, Santa Rita e Alhandra, possuem uma cobertura de abastecimento de água superior a (95%), o que indica um atendimento urbano excelente. Já os municípios representados pela cor verde, como Conde e Cruz do Espírito Santo apresentam uma boa cobertura, variando entre (80%) e (95%). Já em cor amarela, representando pelo município de Caaporã, Pedras de Fogo e Bayeux sinaliza que a cobertura de abastecimento de água nesse local está entre (60%) e (80%), o que aponta para uma situação mediano de atendimento. Por fim, as áreas em vermelho, como Pitimbu, Lucena e Rio Tinto apresentam a menor cobertura de abastecimento, com valores abaixo de (60%), considerado como ruim, refletindo sérios desafios no acesso à água potável nessas regiões.

Figura 9 - índice IN023 no ano de 2011

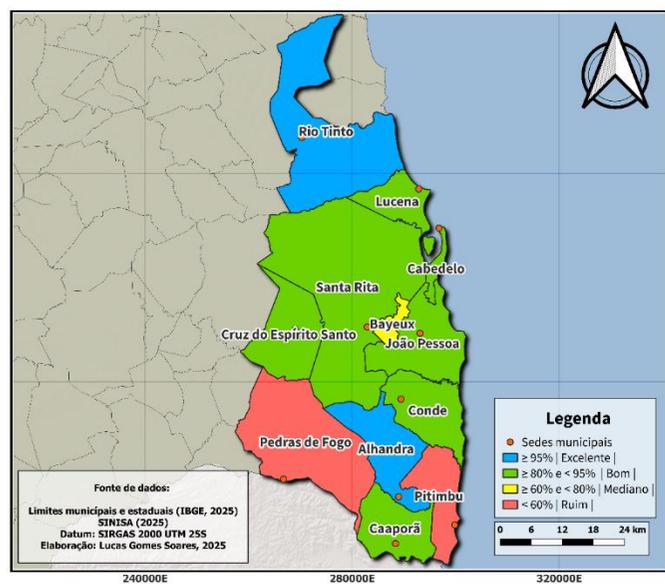


Figura 10 - índice IN023 no ano de 2016

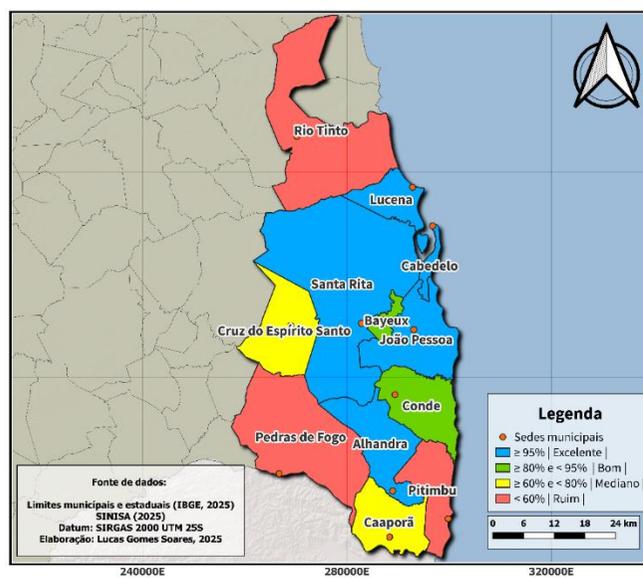
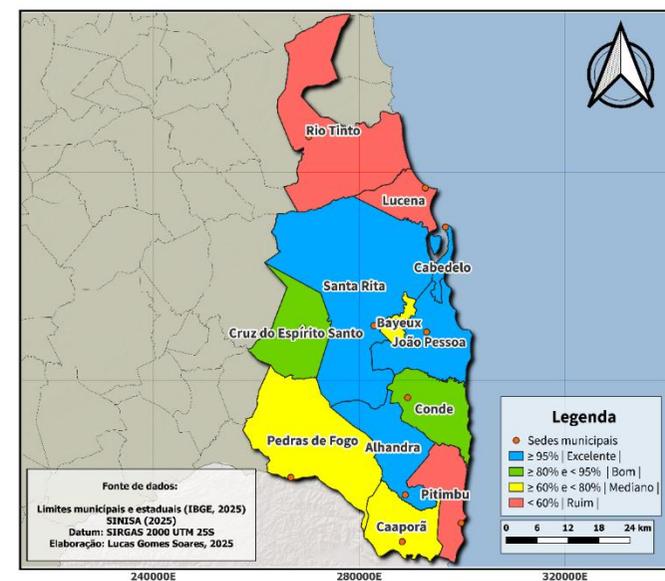


Figura 11 - índice IN023 no ano de 2021



Fonte: elaboração própria, 2025

Sendo assim, referente ao índice (IN023) nos anos de 2011, 2016 e 2021 revela uma evolução no acesso à água potável em diversos municípios da região metropolitana de João Pessoa - PB, embora ainda existam disparidades significativas entre os municípios. Em 2011, observou-se uma distribuição desigual, com áreas de excelente cobertura, como Rio Tinto e Alhandra, e municípios como Bayeux, Pedras de Fogo e Pitimbu, que enfrentavam desafios no acesso à água. Em 2016, houve um avanço, com a inclusão de municípios como Lucena e Santa Rita na categoria de excelente cobertura, embora algumas regiões como Caaporã e Cruz do Espírito Santo ainda apresentassem indicadores medianos. Já em 2021, a distribuição continuou a melhorar, com mais municípios alcançando índices elevados, como João Pessoa e Cabedelo, mas ainda se destacaram áreas em situação crítica, como Pitimbu e Rio Tinto, que continuaram com cobertura abaixo de (60%).

As Figuras 12,13 e 14 que representam o Índice de Atendimento Urbano de Água (IN023) para os anos de 2011, 2016 e 2021, com dados sobre a cobertura do abastecimento de água em municípios do estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil. As informações estão divididas por município, além de apresentar as médias do estado da Paraíba (PB), da região Nordeste (NE) e do Brasil (BR).

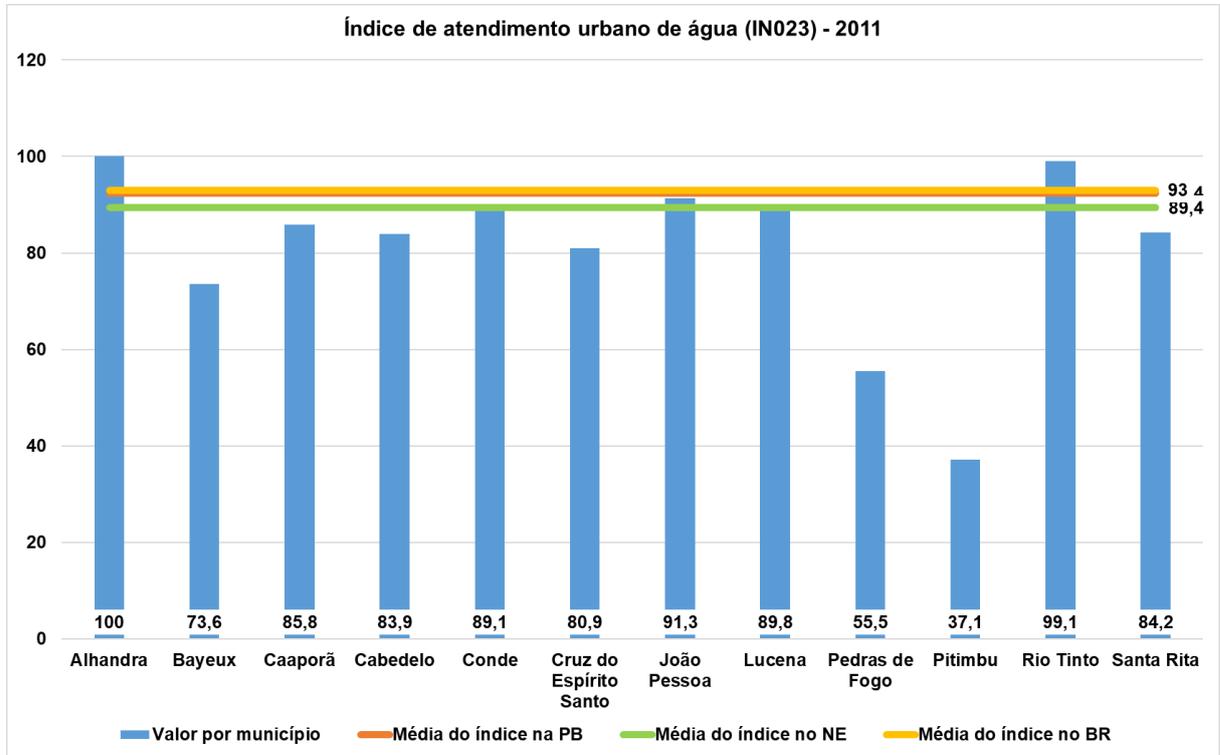
Em 2011, por exemplo Alhandra e Rio Tinto se destaca com o índice mais alto (100%), indicando cobertura total de abastecimento de água. Por outro lado, Pedras de Fogo (55,5%) e Pitimbu (37,1%) apresentam os menores índices, refletindo uma situação de atendimento muito abaixo da média. As médias de Paraíba (93,4%), Nordeste (89,4%) e Brasil (93%) estão indicadas, sendo a do Brasil a mais alta.

Em 2016, Alhandra, Cabedelo, João Pessoa, Lucena e Santa Rita com o índice mais alto (100%), mas outros municípios, como Bayeux, Conde, Caaporã, Cruz do Espírito Santo, também apresentam boas pontuações, apesar de estarem abaixo das médias. Pedras de Fogo, Rio Tinto e Pitimbu ainda estão entre os mais baixos. As médias se mantêm bastante próximas, com a média do Brasil (92,96%) ainda superior às demais.

Em 2021, Alhandra, Cabedelo, João Pessoa e Santa Rita mantêm o índice de (100%), mas Lucena apresenta uma queda significativa, com apenas (16,7%), o que sugere um problema considerável de cobertura de abastecimento nesse município, entretanto, provavelmente houve um erro por parte de divulgação dos dados. Pedras de Fogo, Pitimbu continuam com resultados abaixo da média, mas também

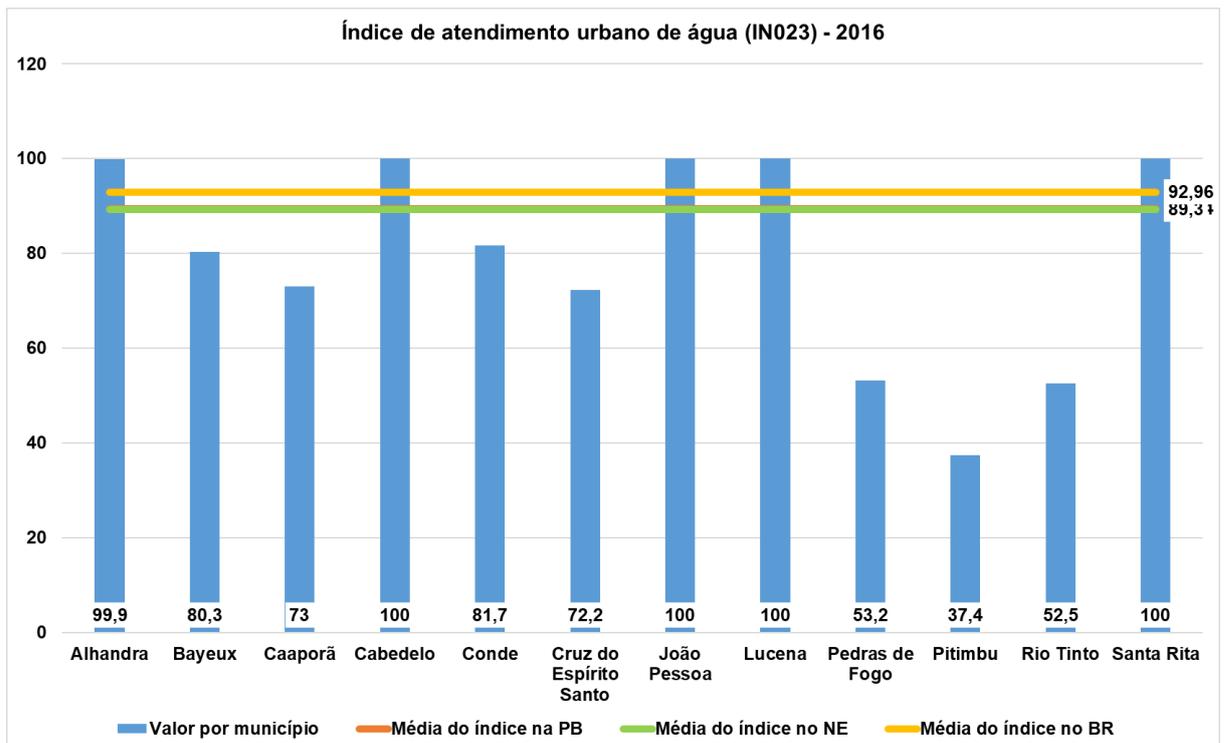
apresentam alguns avanços. As médias para Paraíba (89,44%), Nordeste (89,3%) e Brasil (92,96%) se mantêm semelhantes às de anos anteriores, com ligeira variação.

Figura 12 - Comparação dos valores do índice IN023 em 2011



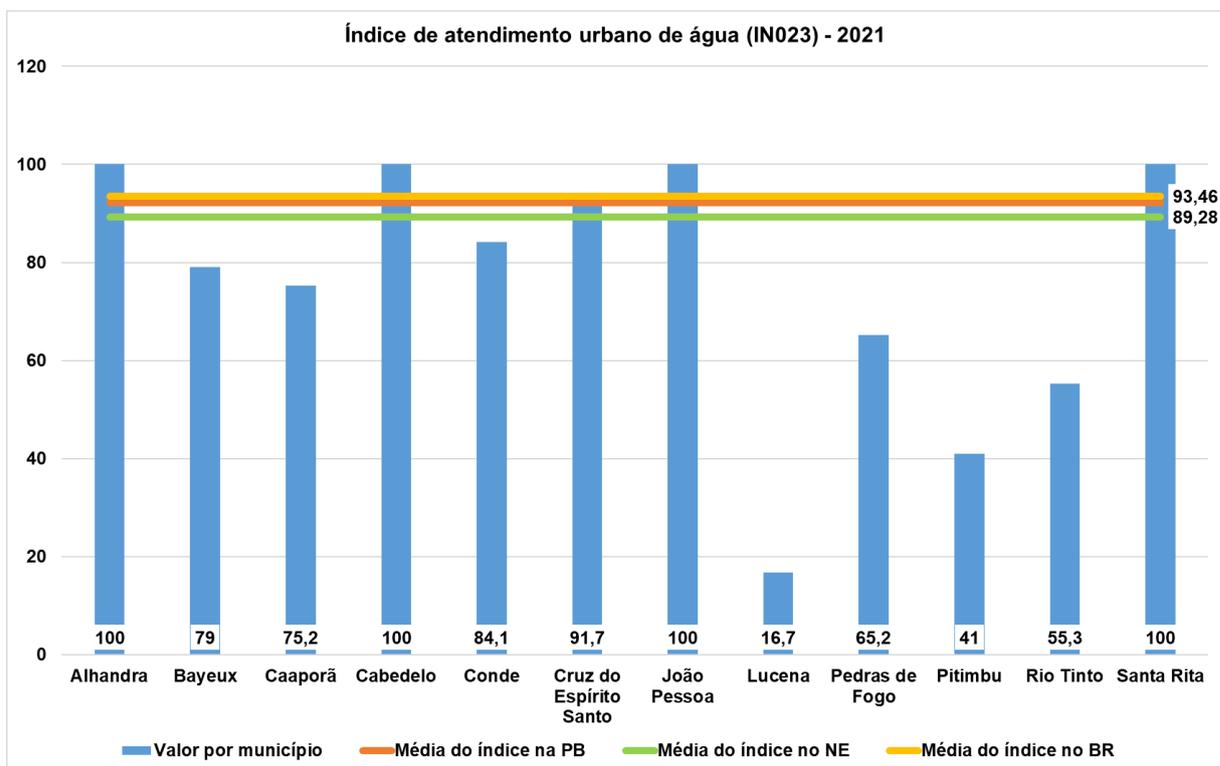
Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 13 – Comparação dos valores do índice IN023 em 2016



Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 14 – Comparação dos valores do índice IN023 em 2021



Fonte: elaboração própria, 2025

#### 4.2. Índice de Perdas na Distribuição (IN049)

No Brasil, a situação está longe do observado em países desenvolvidos e a situação de perdas é muito desigual quando se comparam unidades da federação, operadores públicos e privados de saneamento básico (ABES, 2013)

A mensuração do percentual de água não consumida em sistemas de distribuição constitui um parâmetro relevante para compreender o impacto das perdas, tanto físicas quanto aparentes, em relação ao volume total produzido. Contudo, como as companhias de saneamento adotam critérios distintos para a definição do volume de serviço, a comparação desse indicador pode apresentar inconsistências, sobretudo em função das limitações nos processos de macromedição e micromedição em algumas delas (Trata Brasil, 2024).

Segundo Tsutiya (2005), as perdas decorrem principalmente de falhas operacionais e de manutenção das redes, além da ineficiência na gestão comercial. Ainda assim, deve-se reconhecer que a eliminação completa das perdas é inviável nos sistemas de abastecimento de água.

A análise temporal do Índice de Perdas na Distribuição (IN049) evidencia mudanças significativas no desempenho dos municípios da Região Metropolitana de João Pessoa ao longo da década. Em 2011, como na Figura 15 o cenário era majoritariamente crítico: quase todos os municípios apresentavam índices classificados como “ruim”, com exceção de Rio Tinto, que se destacou positivamente com perdas enquadradas na faixa considerada “boa”. Esse quadro inicial demonstra que, à época, a maioria das localidades enfrentava severas dificuldades relacionadas à eficiência operacional do sistema de abastecimento, resultando em elevados volumes de água não contabilizada.

Em 2016, através da Figura 16 pode-se observar uma manutenção do quadro de criticidade em praticamente todos os municípios, permanecendo com índices acima de (40%). A única exceção foi o município de Conde, que apresentou melhora, passando para a categoria “mediano”. Apesar de representar um avanço localizado, essa alteração não foi suficiente para modificar a tendência geral de ineficiência regional.

Já em 2021, na Figura 17 pode-se verificar um avanço mais expressivo no panorama da distribuição de água. Municípios como Santa Rita, João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Conde e Cruz do Espírito Santo apresentaram evolução, alcançando a classificação “mediana”. Além disso, Caaporã registrou desempenho ainda mais favorável, situando-se na faixa “boa”. Contudo, parte da região, como Rio Tinto, Lucena, Pedras de Fogo, Alhandra e Pitimbu, ainda permaneceu com índices ruins, evidenciando disparidades no ritmo de avanço entre os municípios.

Figura 15 - índice IN049 no ano de 2011

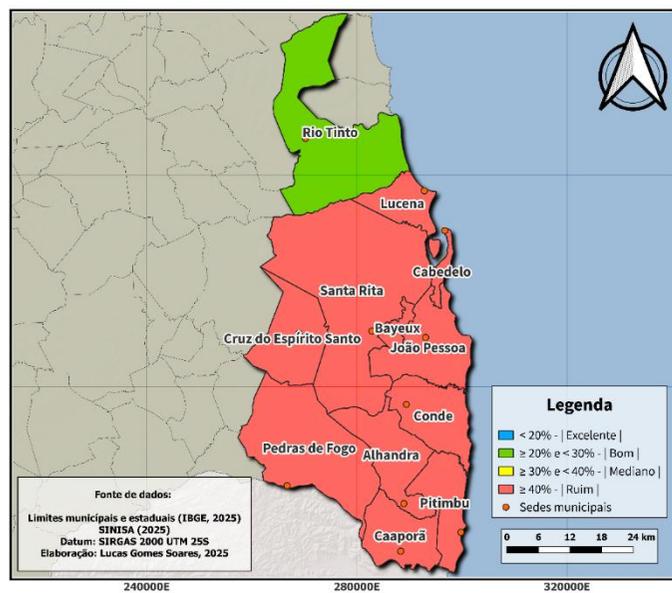


Figura 16 - índice IN049 no ano de 2016

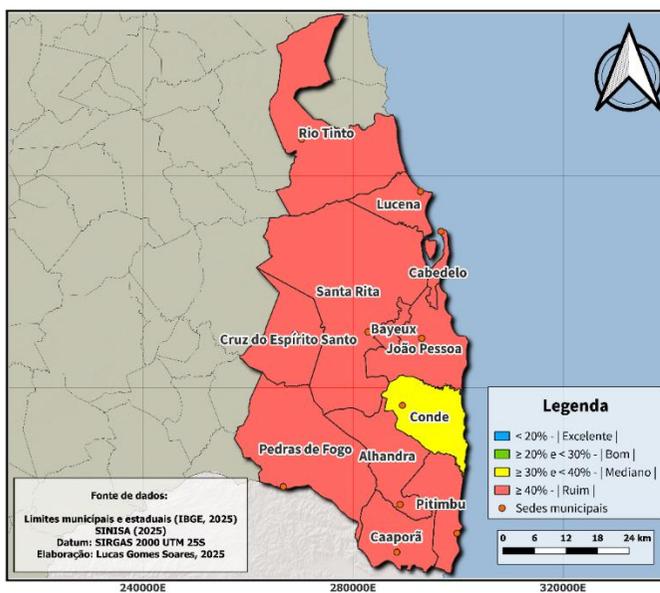
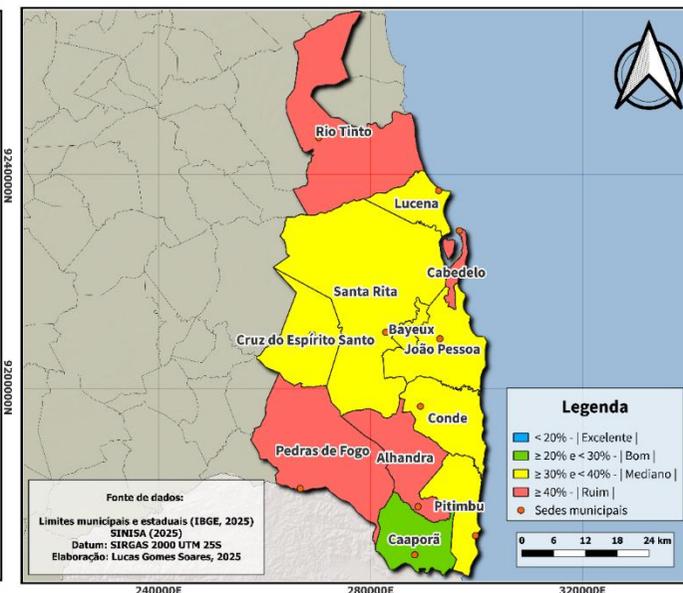


Figura 17 - índice IN049 no ano de 2021



Fonte: elaboração própria, 2025

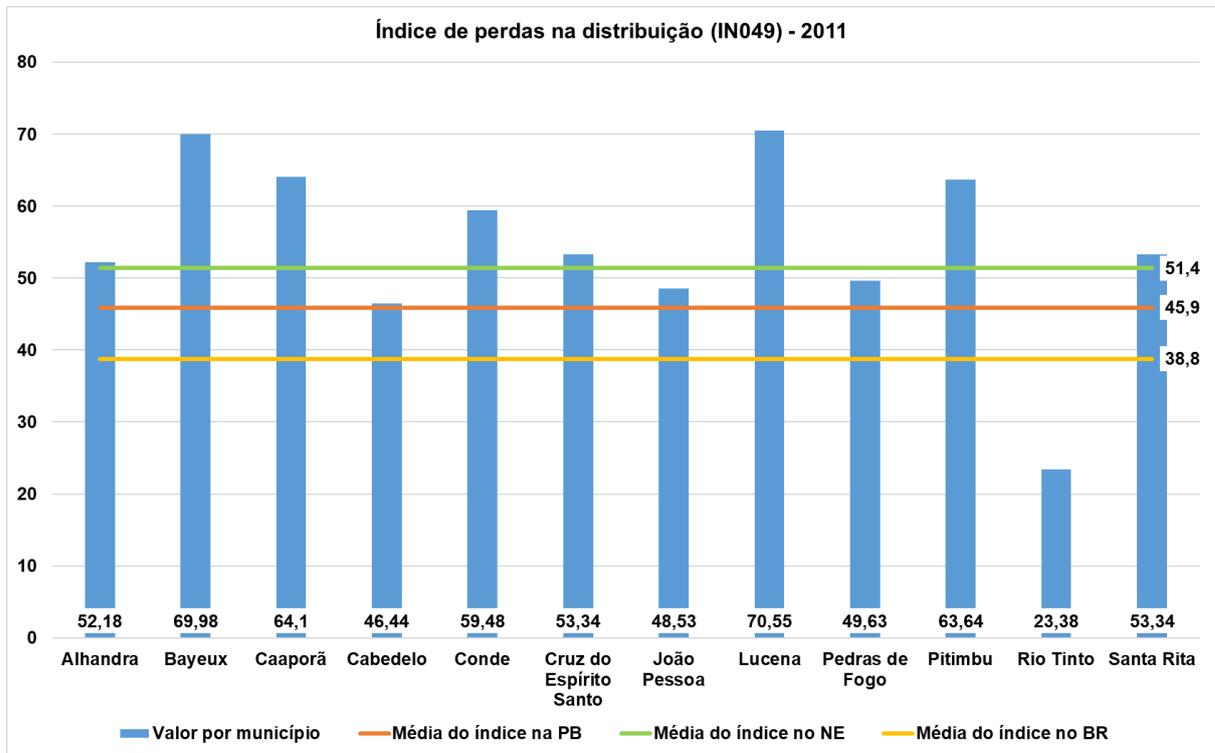
Em 2011, o cenário de perdas de água na Paraíba era alarmante. Municípios como Alhandra, Bayeux e Caaporã apresentavam índices superiores a 60%, evidenciando uma falha significativa nos sistemas de distribuição e gestão. Esses números não apenas refletem a ineficiência do sistema, mas também indicam um uso excessivo e desperdiçado da água. O elevado índice de perdas é resultado, em grande parte de uma infraestrutura obsoleta, fraudes no sistema e falhas no monitoramento e controle de vazamentos. A média do estado de 45,9%, superior à média do Nordeste (51,4%) e à média nacional (38,8%), aponta para uma situação crítica que exigia intervenções urgentes tanto na manutenção da rede quanto na redução das perdas não técnicas, como furtos e desperdícios.

A evolução observada até 2016 mostra que o estado da Paraíba deu passos importantes na direção correta, com a média estadual de perdas caindo para (38,1%). Esse progresso reflete a implementação de políticas voltadas para a melhoria da infraestrutura e um controle mais eficaz sobre o sistema de abastecimento de água. Municípios como Caaporã e Bayeux, que figuravam entre os piores em 2011, apresentaram uma redução significativa nas perdas. No entanto, algumas localidades, como Alhandra, Cruz do Espírito Santo e Lucena, ainda enfrentavam índices críticos, superiores a 60%. Nesse contexto, a CAGEPA se destacou em 2016 como a empresa de saneamento do Nordeste com o menor índice de perdas na distribuição, registrando 38%, bem abaixo da média regional de (46%) e da média nacional de (38%).

Segundo o engenheiro Ricardo Benevides, assessor da companhia, “Esse desempenho é resultado de um trabalho contínuo e planejado, com a implementação de ações como a automação dos sistemas de monitoramento de vazamentos, a substituição de hidrômetros e a fiscalização de ligações clandestinas” (CAGEPA, 2018).

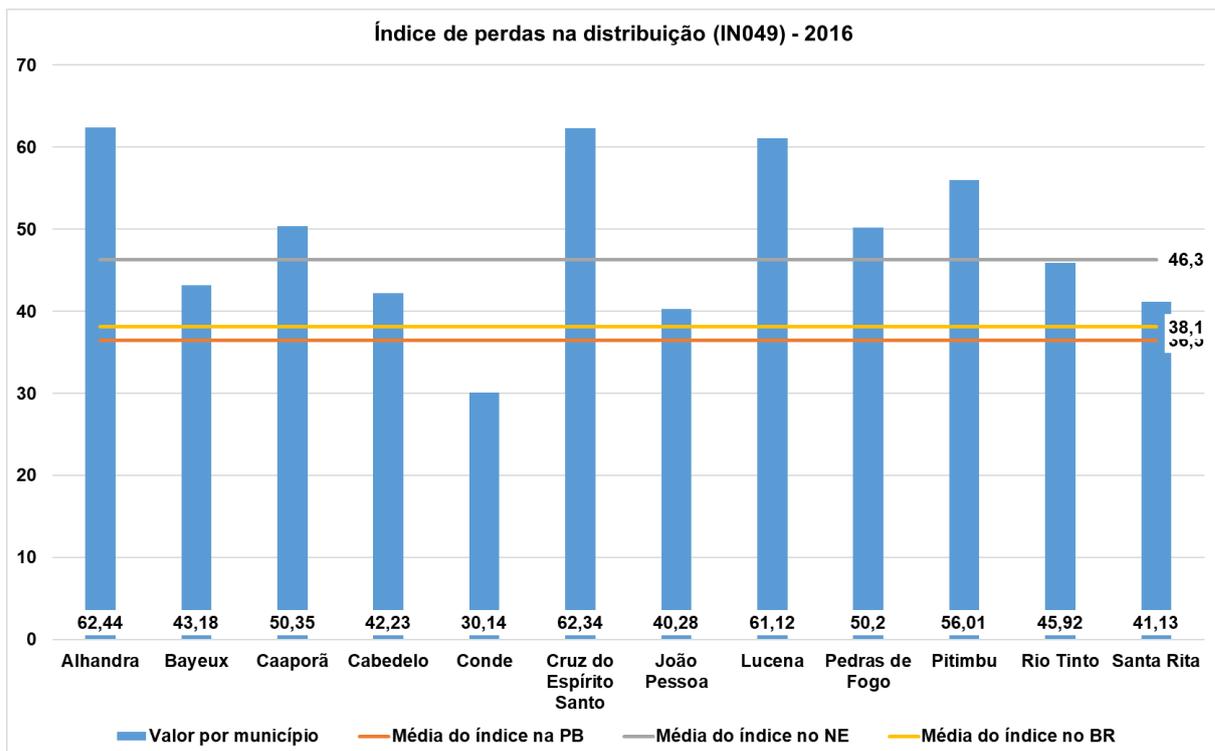
Porém o grande avanço ocorreu entre 2016 e 2021. O índice de perdas em Caaporã, por exemplo, foi reduzido de (64,1%) em 2011 para (29,22%) em 2021, um marco importante na eficiência do sistema de distribuição. Outros municípios, como Rio Tinto e Pitimbu, também apresentaram melhorias consideráveis. A média estadual de (35,38%) em 2021, significativamente abaixo da média nacional de (40,25%).

Figura 18 – Comparação dos valores do índice IN049 em 2011



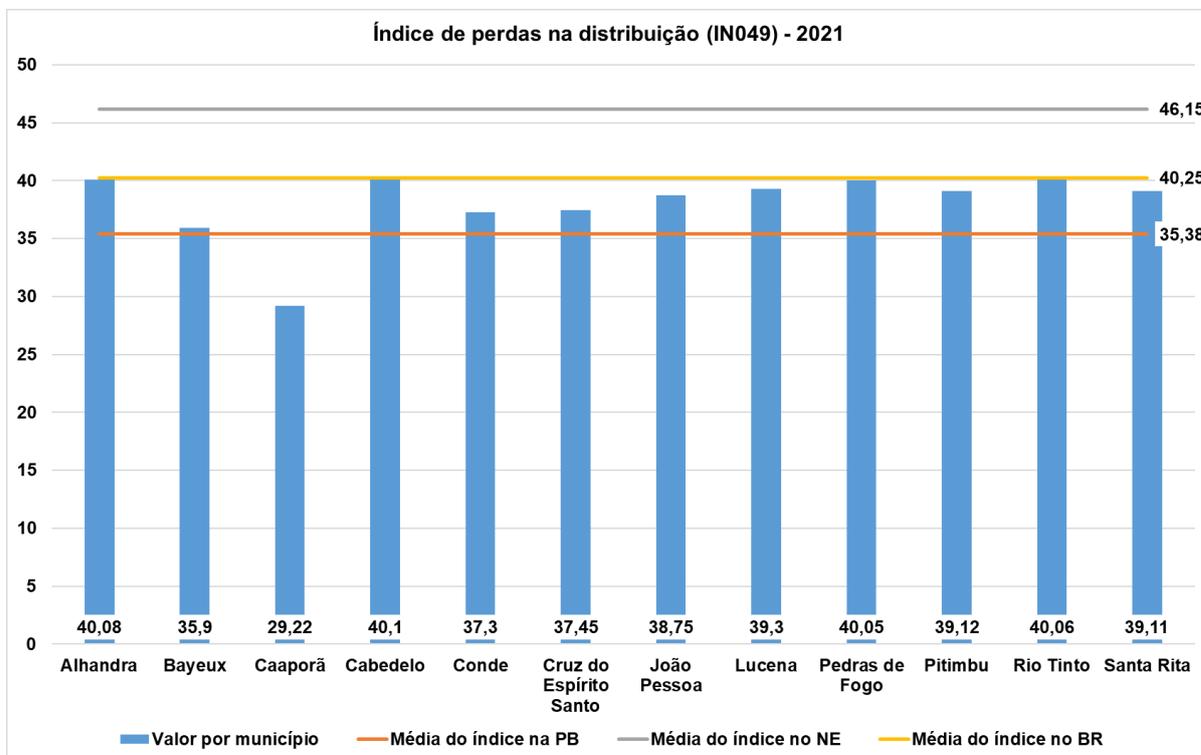
Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 19 – Comparação dos valores do índice IN049 em 2016



Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 20 – Comparação dos valores do índice IN049 em 2016



Fonte: elaboração própria, 2025

### 4.3. Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024)

Os indicadores operacionais são fundamentais para avaliar o desempenho da prestação dos serviços, especialmente em relação ao funcionamento e à manutenção dos sistemas de esgoto. Eles ajudam a identificar áreas com maiores carências e o impacto da gestão nos resultados (Von Sperling, 2010). Sendo assim, a análise dos dados do Indicador IN024, que avalia o índice de atendimento urbano de esgoto nos municípios atendidos com água, revela um panorama de pouca evolução nos últimos dez anos na região metropolitana de João Pessoa.

Ao longo do período de 2011 a 2021, observa-se que os municípios dessa região, apesar de alguns avanços, ainda enfrentam grandes desafios em relação à universalização do saneamento básico. Em 2011, João Pessoa apresentava índice classificado como mediano com (66,75%) o que significa que, embora parte da

população tivesse acesso ao esgoto, a cobertura era insuficiente para atender a demanda total da população urbana. Já os municípios de Santa Rita, Pedras de Fogo, Bayeux e Cabedelo estavam em situação mais crítica, com índices classificados como ruins, com menos de (50%) da população atendida, refletindo uma grave carência nos serviços de esgotamento sanitário.

Em 2016, o panorama permaneceu essencialmente o mesmo. Os índices de esgoto não apresentaram mudanças significativas, e as cidades de Santa Rita, Bayeux, Cabedelo e Pedras de Fogo continuaram com níveis de cobertura muito abaixo da média. Este cenário evidencia a lentidão no processo de implementação e expansão dos serviços de saneamento, o que pode ser atribuído a diversos fatores, como a escassez de investimentos, a gestão pública ineficaz ou ainda a falta de infraestrutura adequada para alcançar todas as áreas urbanas, especialmente aquelas em áreas periféricas ou mais afastadas. Já João Pessoa, embora mantivesse seu índice mediano, não avançou para a categoria de boa cobertura, o que aponta para uma estagnação do serviço nas áreas que, teoricamente, poderiam ser atendidas mais eficientemente.

Finalmente, em 2021, a situação se manteve em grande parte estática, com os mesmos municípios exibindo as mesmas classificações que nos anos anteriores. João Pessoa subiu para o índice bom, enquanto os demais, como Santa Rita, Bayeux e Cabedelo, continuaram com coberturas ruins. Esse estancamento ao longo de uma década é um indicativo claro de que, apesar de algum esforço em termos de gestão e implementação de políticas públicas, os avanços necessários para garantir a universalização do esgoto urbano ainda são lentos. As diferenças entre os municípios da região metropolitana indicam uma clara desigualdade no acesso aos serviços básicos de saneamento, refletindo disparidades sociais e econômicas que necessitam ser abordadas de forma mais eficaz nas políticas públicas futuras.

Nas Figuras 21, 22 e 23 são apresentados os mapas, sendo importante destacar que alguns municípios estão representados em branco, o que indica a ausência de dados para o Indicador IN024. Essa falta de informações impossibilita uma análise detalhada da realidade desses locais em relação ao atendimento de esgoto urbano. A ausência de dados pode ser atribuída a diversos fatores, como dificuldades no levantamento das informações, falta de monitoramento ou até mesmo a inexistência de registros oficiais para os anos analisados. Sem esses dados, não é

possível avaliar com precisão a cobertura de esgoto nesses municípios, o que representa uma lacuna significativa para entender o panorama completo do saneamento na região metropolitana de João Pessoa.

Figura 21 - índice IN024 no ano de 2011

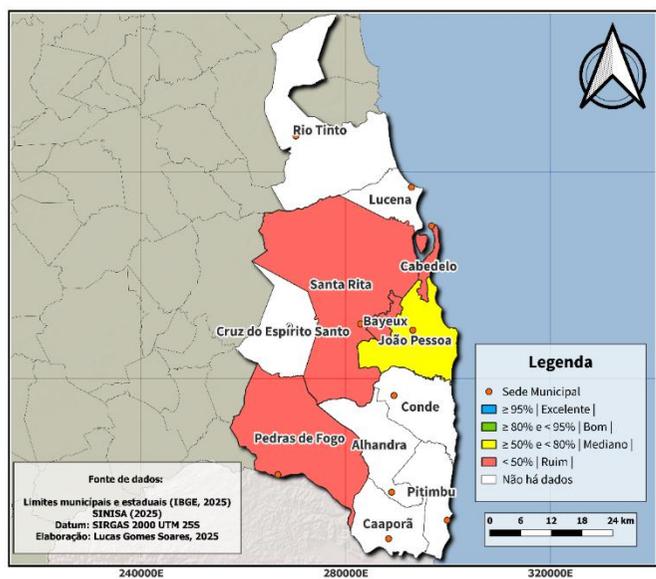


Figura 22- índice IN024 no ano de 2016

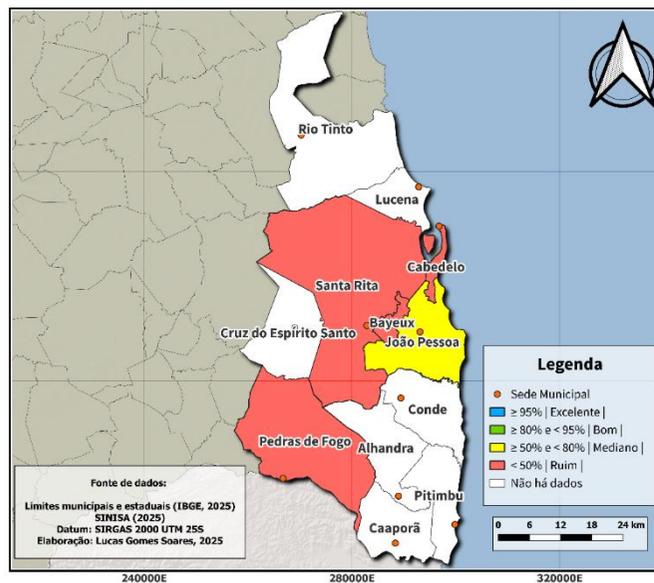
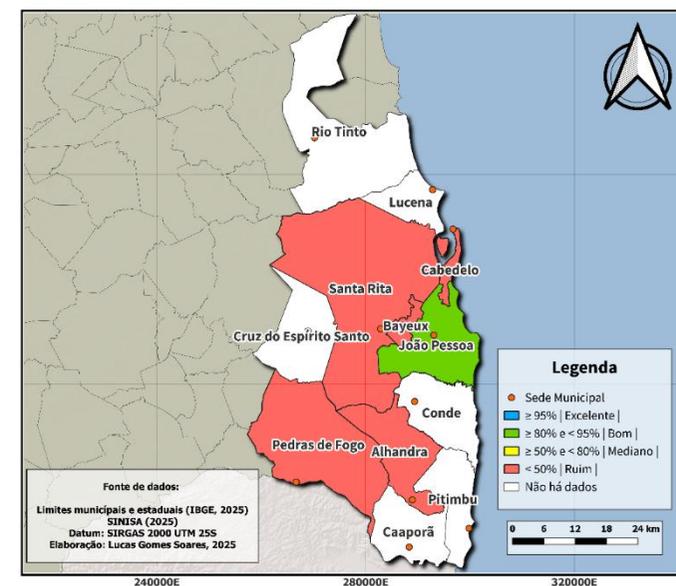


Figura 23 - índice IN024 no ano de 2021



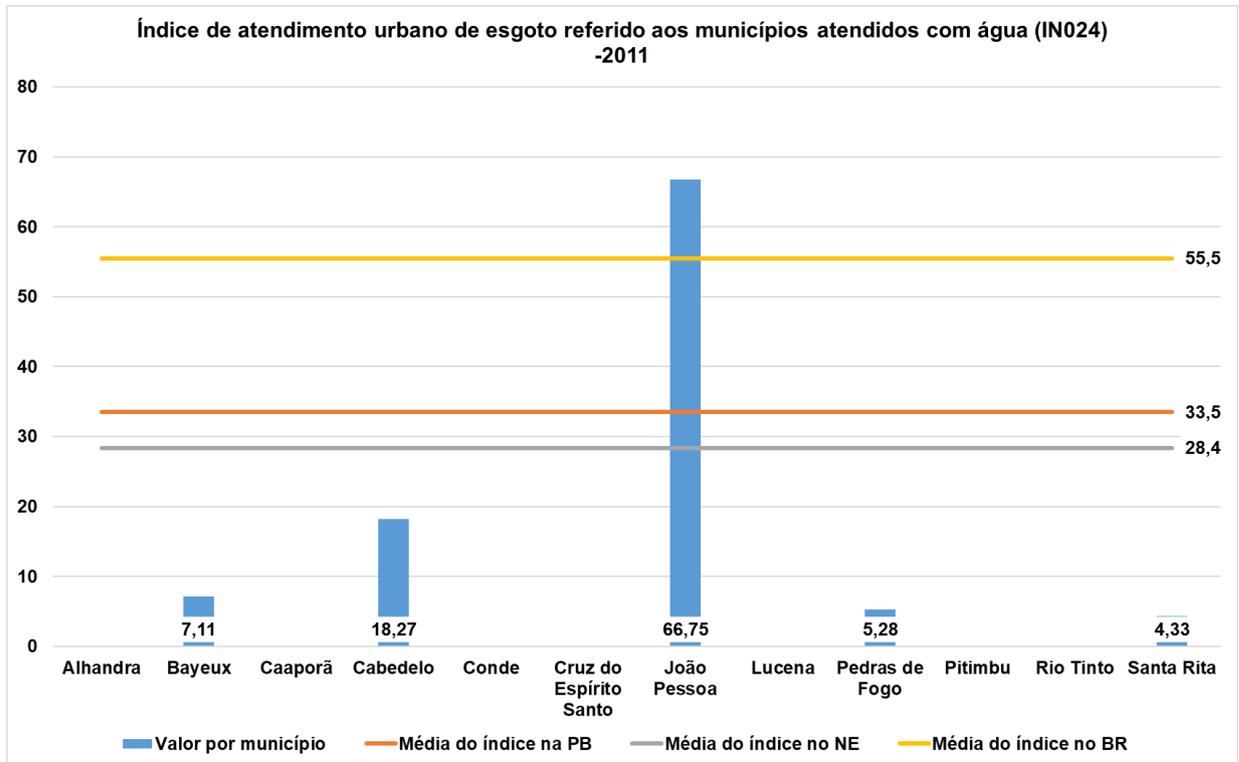
Fonte: elaboração própria, 2025

A análise das Figuras 24, 25 e 26 referentes ao Índice de Atendimento Urbano de Esgoto (IN024) nos anos de 2011, 2016 e 2021 demonstra uma evolução no atendimento de esgoto nos municípios atendidos com água, mas também destaca disparidades entre diferentes localidades. Em 2011, observou-se uma grande variação entre os municípios, com cidades como João Pessoa apresentando um índice de (66,75%), enquanto municípios como Bayeux (7,11%) e Santa Rita (4,33%) estavam muito aquém da média. A média estadual da Paraíba foi de (33,5%), abaixo da média nacional de (55,5%), e da média do Nordeste, que foi de (28,4%), o que evidenciava a necessidade de melhorias no saneamento básico.

Em 2016, o cenário mostrou uma leve melhora nos índices de cobertura de esgoto, com João Pessoa mantendo-se em destaque com (75,06%). No entanto, ainda havia grandes disparidades, como em Pedras de Fogo (9,29%) e Lucena (5,28%). A média do índice na Paraíba subiu para (34,7%), e no Nordeste alcançou (47,22%), com a média nacional chegando a (59,74%). Esses números indicam que, apesar de alguns avanços, o atendimento de esgoto nos municípios da Paraíba ainda estava muito abaixo da média nacional e nordestina, com a necessidade urgente de aumentar os investimentos em infraestrutura de saneamento.

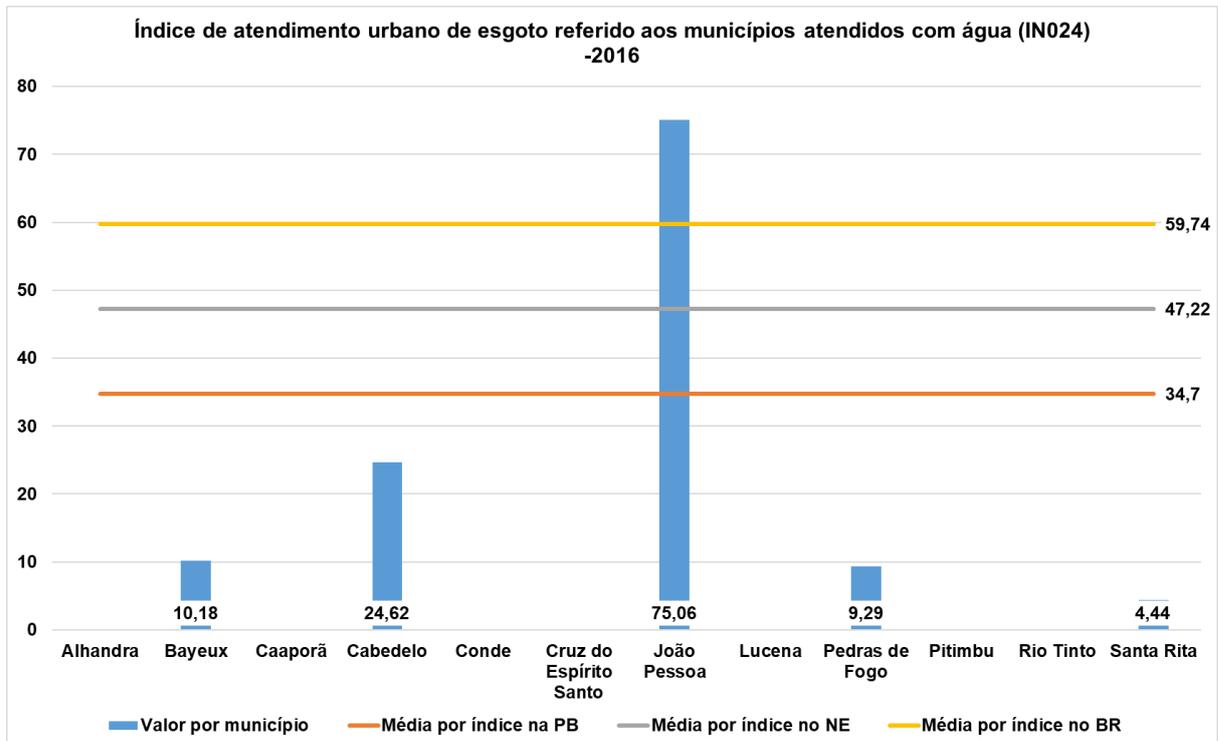
Em 2021, o cenário avançou pouco, com João Pessoa alcançando (83,86%), mas cidades como Santa Rita, que teve seu índice descendo para (3,74%), Pedras de Fogo (9,29%) ainda enfrentando grandes dificuldades no atendimento de esgoto. A média do índice na Paraíba subiu para (39,19%), no Nordeste para (50,08%) e no Brasil para (64,08%), mas, apesar da melhora, a desigualdade no acesso a esgoto urbano continuou sendo um grande desafio. As disparidades nos índices de atendimento refletem a desigualdade no desenvolvimento das infraestruturas de saneamento nos municípios, com as grandes cidades se destacando positivamente, enquanto muitos municípios menores continuam com índices muito baixos.

Figura 24 – Comparação dos valores do índice IN024 em 2011



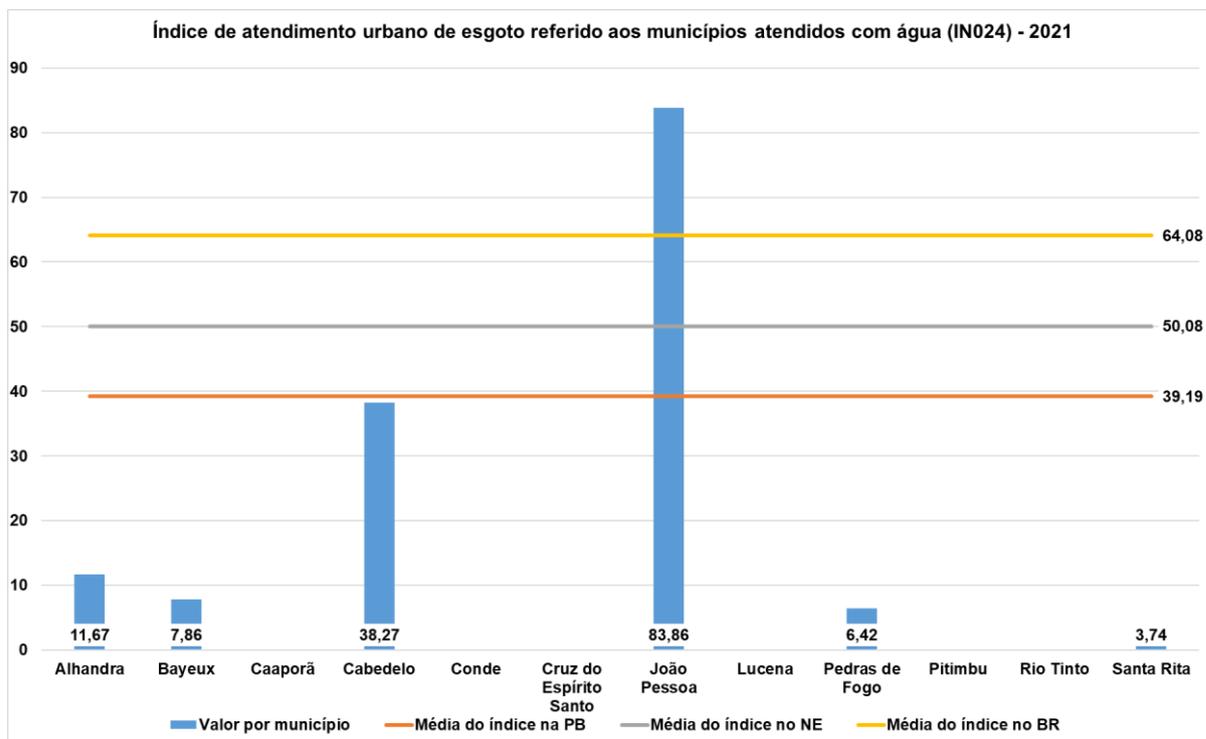
Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 25 – Comparação dos valores do índice IN024 em 2011



Fonte: elaboração própria, 2025

Figura 26 – Comparação dos valores do índice IN024 em 2011



Fonte: elaboração própria, 2025

#### 4.4. Análise do Índice médio de saneamento

Os resultados dos índices médios de saneamento dos municípios estudados estão apresentados no Figura 27 para os anos de 2011, 2016 e 2021 nas cidades de Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Pedras de Fogo e Santa Rita, que foram os únicos municípios com dados disponíveis para os três índices (IN023, IN049 e IN024).

Em Bayeux, o índice de saneamento teve um aumento de (36,91%) em 2011 para (49,10%) em 2016, e registrou outro aumento em 2021, indo para (50,32%). Esta flutuação positiva em 2021 sugere um avanço da cidade em manter o progresso no setor, o que pode ser atribuído a continuidade de projetos e de investimentos em infraestrutura de saneamento ao longo dos anos.

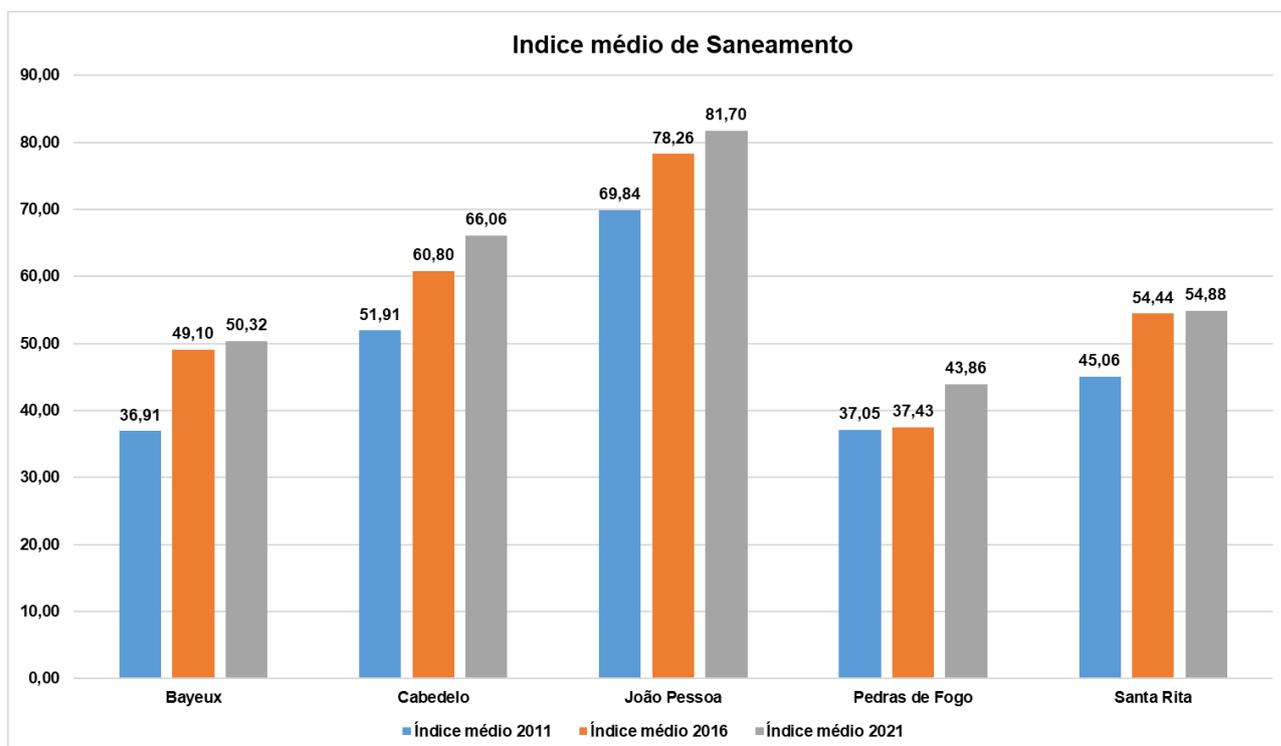
Em Cabedelo, o índice de saneamento subiu de (50,91%) em 2011 para (60,80%) em 2016 e continuou a crescer em 2021, atingindo (66,06%). Esse crescimento consistente indica que a cidade tem avançado no setor, provavelmente devido a investimentos mais contínuos e políticas públicas mais eficazes.

A João Pessoa, capital do estado, apresentou um índice de saneamento de (69,84%) em 2011, que aumentou para (78,28%) em 2016, mas teve um aumento em 2021, para (81,70%). Um aumento relativamente bom.

No caso de Pedras de Fogo, o índice foi o mais baixo entre as cidades, começando com (37,05%) em 2011 e subindo apenas ligeiramente para (37,43%) em 2016, mantendo-se praticamente estagnado, com um aumento expressivo em 2021 para (43,86%). Este cenário evidencia a falta de progresso substancial no setor, o que pode ser atribuído a uma carência significativa de investimentos e à falta de uma política eficaz de saneamento básico.

Por fim, Santa Rita apresentou um índice de (45,06%) em 2011, que subiu para (54,44%) em 2016, e mantendo-se praticamente estagnado, com um aumento expressivo para (54,88%) em 2021. Embora não tenha havido grandes variações, a cidade manteve uma certa estabilidade no seu índice de saneamento, o que pode ser interpretado como a manutenção de uma infraestrutura de saneamento básico funcional, mas sem grandes inovações ou avanços significativos.

Figura 27 – Comparação dos índices de saneamento dos anos de 2011, 2016 e 2021



Fonte: elaboração própria, 2025

Embora o cálculo do indicador médio de saneamento tenha permitido uma visão integrada sobre a situação dos municípios, a sua espacialização não pôde ser realizada de forma consistente. Isso ocorre porque apenas uma parte reduzida dos municípios da RMJP apresentou dados disponíveis para todos os indicadores considerados. Essa ausência de informações em alguns locais compromete a confiabilidade da análise espacial, já que a representação cartográfica poderia transmitir uma realidade distorcida ou incompleta.

De acordo com o IBGE (2024), o Produto Interno Bruto (PIB) refere-se ao total de bens e serviços produzidos em uma determinada localidade ao longo de um ano. Este indicador é apresentado a preços correntes, refletindo os valores agregados dos três principais setores econômicos: Agropecuária, Indústria e Serviços. A partir dessa concepção, é possível inferir que municípios com um PIB mais elevado tendem a ter maior capacidade financeira, o que lhes permite direcionar maiores recursos para investimentos em infraestrutura, como o saneamento. Dessa forma, espera-se que esses municípios obtenham classificações mais altas no Ranking de Saneamento (Klassmann, 2019).

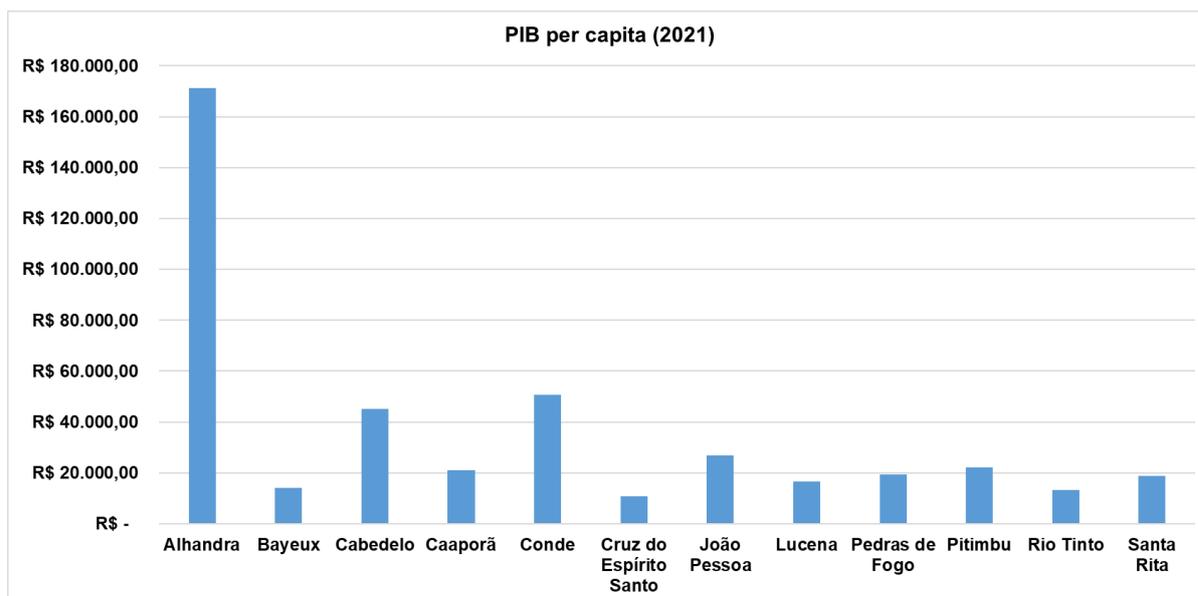
Os dados apresentados na Figura 28 refletem o PIB per capita dos municípios de estudo em 2021, destacando-se uma diferença notável entre eles. Alhandra, por exemplo, se sobressai com um PIB per capita de cerca de R\$ 180.000,00, uma cifra extremamente superior à de outros municípios da região, como Bayeux e Santa Rita, que apresentam valores mais modestos. Essa disparidade sugere uma grande concentração de riqueza em alguns municípios, o que pode estar relacionado ao dinamismo econômico de setores específicos ou a altos investimentos em determinadas áreas.

Por outro lado, municípios com PIB per capita mais baixo, como Pitimbu e Rio Tinto, podem enfrentar desafios econômicos que impactam diretamente o desenvolvimento local, incluindo a infraestrutura e serviços essenciais, como o saneamento. A análise do Índice Médio de Saneamento desses municípios, comparada ao PIB per capita, é importante para entender se a maior capacidade financeira está, de fato, sendo traduzida em uma maior eficiência na gestão de recursos voltados para o saneamento básico. Municípios com PIB elevado podem ter mais condições financeiras para investir em saneamento, mas é necessário observar

se essa relação se confirma nos dados, uma vez que a eficiência na gestão pública também depende de outros fatores além da capacidade financeira.

A relação entre PIB per capita e o Índice de Saneamento, portanto, não é automática, e exige uma análise mais detalhada e considerar vários fatores.

Figura 28 – PIB per capita para Região Metropolitana de João Pessoa no ano de (2021)



Fonte: elaboração própria, 2025

Apesar de Alhandra apresentar um alto PIB per capita, o município não disponibiliza dados referentes ao indicador IN024, o que impede o cálculo do índice médio de saneamento. Contudo, ao analisarmos os indicadores IN023 e IN046, observa-se que, entre 2011 e 2021, os resultados para esses índices foram classificados como "Ruim". Ao construir a classificação dos índices médios de saneamento de 2021, como apresentado na Tabela 2, é possível identificar com mais clareza as áreas que tiveram avanços significativos e aquelas que precisam de atenção. Esse ranking permite uma análise mais precisa das localidades que se destacaram positivamente e das que ainda enfrentam desafios, oferecendo uma base para a definição de políticas públicas direcionadas ao aprimoramento das condições sanitárias nessas regiões.

Tabela 2 - Ranking do Saneamento Básico

Posição	Municípios	Índice médio de saneamento	PIB per capita (R\$) (2021)
1º	João Pessoa	81,70%	R\$ 26.936,78
2º	Cabedelo	66,06%	R\$ 45.182,89
3º	Santa Rita	54,88%	R\$ 18.949,73
4º	Bayeux	50,32%	R\$ 14.016,16
5º	Pedras de Fogo	43,86%	R\$ 19.452,45

Fonte: elaboração própria, 2025

Os municípios de João Pessoa e Cabedelo apresentaram um desempenho positivo ao longo do estudo, com índices de saneamento superiores a (60%), destacando-se em termos de infraestrutura e serviços. No entanto, na 3ª a 5ª posição, com índices abaixo da média (60%), surgem Santa Rita, Bayeux e Pedras de Fogo. A falta de dados completos de outros municípios da região, por outro lado, dificulta uma análise precisa da situação do saneamento básico nesse contexto específico. Para uma avaliação mais detalhada, é fundamental obter informações mais abrangentes, o que permite identificar com maior clareza as áreas que necessitam de intervenção e direcionar estratégias corretivas que promovam a melhoria contínua dos serviços de saneamento.

## 5. CONCLUSÃO

A análise dos dados sobre os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na RMJP, com base nos indicadores de 2011, 2016 e 2021, revelou avanços importantes, mas também expôs desigualdades e desafios persistentes na cobertura e na qualidade desses serviços. Através da utilização de geoprocessamento e SIG, foi possível observar a evolução dos serviços e identificar as áreas com maiores necessidades de intervenção.

Em relação ao abastecimento de água, a cobertura na maior parte da região foi bastante positiva, com João Pessoa e Cabedelo apresentando índices elevados, superiores a 90%, atendendo uma grande parte de suas populações urbanas com água tratada. No entanto, cidades como Pitimbu e Pedras de Fogo ainda enfrentam desafios, com coberturas muito abaixo da média, o que indica a necessidade de investimentos mais focados nessas áreas. Apesar dos avanços, o Índice de Perdas na Distribuição (IN049) mostrou que, embora tenha ocorrido uma redução nas perdas ao longo do período analisado, ainda há um grande desperdício de água em muitos municípios. As perdas nos serviços de distribuição foram reduzidas em cidades como João Pessoa e Cabedelo, mas as cidades periféricas continuam apresentando índices de perdas elevados, especialmente em Pitimbu e Pedras de Fogo, o que exige melhorias na infraestrutura de distribuição.

No que diz respeito ao esgotamento sanitário, os indicadores mostraram uma melhoria gradual na cobertura dos serviços, principalmente em João Pessoa, que atingiu índices próximos a 80% de cobertura de esgoto. No entanto, as áreas mais periféricas, como Pitimbu, ainda enfrentam sérios problemas com a falta de infraestrutura adequada para coleta e tratamento de esgoto, com índices de cobertura muito abaixo da média regional.

As disparidades regionais entre os municípios da RMJP ficaram evidentes durante a análise dos dados. Municípios como João Pessoa, Cabedelo e Bayeux se destacaram pelos melhores índices de saneamento, enquanto Pitimbu, Pedras de Fogo e Cruz do Espírito Santo apresentaram índices de saneamento muito baixos, refletindo uma desigualdade no acesso aos serviços essenciais. Esse cenário destaca a necessidade urgente de políticas públicas que priorizem as áreas mais carentes, com um foco na universalização do acesso ao saneamento básico.

A criação de mapas temáticos, através do software QGIS, foi essencial para uma visualização clara da distribuição dos serviços de saneamento. Essa visualização espacial permitiu identificar de forma mais precisa as áreas que precisam de mais atenção e recursos, facilitando o planejamento de ações específicas para essas regiões. Os mapas ajudaram a destacar as desigualdades regionais, tornando as informações mais acessíveis e compreensíveis para os gestores públicos e a população.

Por fim, a comparação dos dados de 2011, 2016 e 2021 indicou uma evolução positiva, mas também ressaltou que a universalização dos serviços de saneamento ainda enfrenta grandes desafios, especialmente nas áreas mais periféricas e carentes da região. A continuidade dos esforços para melhorar a cobertura e a qualidade dos serviços é essencial, com investimentos focados na expansão e modernização das infraestruturas de abastecimento de água e esgoto, além da implementação de políticas públicas que visem reduzir as desigualdades no acesso aos serviços essenciais.

## 6. REFERÊNCIAS

ALVES, Bruno Rafael. **Utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para espacialização de indicadores de saneamento na região de Guarapuava-PR**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2023. Acesso: 10 agosto 2025.

ANDRADE, Raysla Oliveira. **Novo marco regulatório de saneamento básico: um olhar para o município de Santa Rita-PB**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito). Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa, 2022. Acesso: 28 agosto 2025.

ARAÚJO, Bruno Rhandrer Silva de. **Saneamento e saúde pública: eficiência do saneamento básico e seu impacto na saúde (2019-2021)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Centro Universitário da Grande Dourados, Dourados, 2023. Acesso: 27 agosto 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. [S. l.]: ABES, 2013.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 407 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/05/manual-de-saneamento-Funasa-2006.pdf>. Acesso em: 7 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos *et al.* **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios: saneamento**. Belo Horizonte: UFMG, 2003. 221 p., il. ISBN 85-8266-02-3.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Do SNIS ao SINISA: informações para planejar o abastecimento de água: diagnóstico SNIS-AE 2019**. Brasília: MDR, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 9 ago. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Panorama do saneamento básico no Brasil 2021**. Brasília: MDR, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 9 ago. 2025.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Informações para planejar o abastecimento de água: Diagnóstico SNIS-AE 2019**. Brasília, dezembro de 2020. Acesso em: 9 ago. 2025

BUARQUE, Sérgio C. **Metodologia de planejamento do desenvolvimento local e municipal sustentável**. Brasília: IICA, 2003. Acesso em: 12 ago. 2025

CABEDO JUNIOR, F. C. S.; CUNHA, K. B. S; AGUIAR, A. L. S.; ARAÚJO, F. D. N. **Saneamento: interferência na saúde pública e no desenvolvimento socioeconômico**. Revista da FAESF, v. 2, n. 3, 2018. Acesso em: 7 ago. 2025

CAIRNCROSS, S. **The public health benefits of urban sanitation in low and middle income countries**. Utilities Policy, v. 51, p. 82-88. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.03.001>. Acesso em: 12 ago. 2025

CAGEPA. **CAGEPA é companhia de saneamento com menor taxa de desperdício de água do Nordeste. Agência de Notícias do Governo da Paraíba, João Pessoa, 7 jun. 2018**. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/cagepa-e-companhia-de-saneamento-com-menor-taxa-de-desperdicio-de-agua-do-nordeste/>. Acesso em: 2 set. 2025.

CASTRO, Alaor de Almeida *et al.* **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. In: Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. 1995. p. 221-221. Acesso em: 3 set. 2025.

COSTA, Ilton Garcia da; PIEROBON, Flavio; SOARES, Eliane Cristina. **A efetivação do direito ao saneamento básico no Brasil: do Planasa ao Planasb**. Meritum, Revista de Direito da Universidade FUMEC, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 195-212, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/meritum/article/view/6185>. Acesso em: 10 set. 2025.

CRESPO, Patrício Gallegos. Conceitos Básicos. In: Crespo, Patrício Gallegos. **Sistemas de Esgoto**. Belo Horizonte: Ed. UFMG; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia, 1997. cap. 1,p. 19-35. Acesso em: 8 set. 2025.

DALLA CORTE, Ana Paula. *et al.* **Explorando o QGIS 3.X**. Curitiba: UFPR, 2020. 396 p. Disponível em: [https://forestgis.com/livros/LIVRO\\_EXPLORANDO%20%20QGIS%20Dalla%20Corte%20et%20al%202020.pdf](https://forestgis.com/livros/LIVRO_EXPLORANDO%20%20QGIS%20Dalla%20Corte%20et%20al%202020.pdf). Acesso em: 8 ago. 2025.

DANTAS, Camylla Rachelle Aguiar Araújo *et al.* **Avaliação da prestação dos serviços de água e esgoto em São Luís – MA**. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 1301–1321, 6 dez. 2022. Disponível em:

<https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/81211>. Acesso em: 20 ago. 2025.

**A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil.** Revista de Direito da Faculdade Guanambi, Guanambi, v. 7, n. 02, p. e292, 2020. DOI: 10.29293/rdfg.v7i02.292. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/RDFG/article/view/13947..> Acesso em: 2 set. 2025.

DOS SANTOS, Joelia Silva. **Elaboração de mapas temáticos com estudantes do Ensino Médio através do QGIS.** Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 5, n. 12, 2019. Acesso em: 1 set. 2025.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C. H. **Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil.** Cadernos Saúde Coletiva, v. 19, p.448-453, 2011. Acesso em: 5 set. 2025.

FUNASA. **Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde Decorrentes de Agravos Relacionados a um Saneamento Ambiental Inadequado.** FUNASA, Brasília, 2010. p. 246. Acesso em: 13 ago. 2025.

FREITAS, Fernando Garcia de; MAGNABOSCO, Ana Lelia. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2017. Acesso em: 10 ago. 2025.

GONDIM, G. M. M. **Espaço e saúde: uma interação provável nos processos de adoecimento e morte em populações.** In: MIRANDA, A. C.; BARCELLOS, C.; MOREIRA, J. C., MONKEN, M. Território, ambiente e saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2008. Acesso em: 10 ago. 2025.

GODET, Michel. **Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à ação.** Lisboa: Publicações Dom Quixote, 2006. Acesso em: 10 ago. 2025.

GUERRA, S.; VÉRAS, R. **Novo marco regulatório do saneamento.** *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 196-215, jan./abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.28563>. Acesso em: 9 ago. 2025

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico. Instituto de Tecnologia – UFRJ, 2007.** Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2025

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano. 2ª edição,** Belo Horizonte, Editora UFMG, 2010. Acesso em: 4 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2021.** Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>. Acesso em: 9 ago. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do saneamento básico – entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica.** 2012. 62 p. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/manual-imprensa.pdf>. Acesso em: 7 set. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL; GO ASSOCIADOS. **Estudo sobre perdas de água no Brasil: 2024. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2024.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Estudo-da-GO-Associados-Perdas-de-Agua-de-2024-V2.pdf>. Acesso em: 7 set. 2025.

ITO, Marcia Harumi e FONSECA FILHO, Homero e CONTI, Luis Americo. **Uso do software livre Quantum Gis para ensino de geoprocessamento em nível superior.** Revista Cartografica, n. enero/ju 2017, p. 127-148, 2017Tradução . . Disponível em: [http://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/rca/RCA94\\_Digital.pdf](http://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/rca/RCA94_Digital.pdf). Acesso em: 11 ago. 2025.

JUNIOR, P. C. D. **Curso básico de geoprocessamento para redes de saneamento com a utilização do software livre QGIS. 2018.** 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Especialização em Geoprocessamento) – Escola de Gestão Pública, Prefeitura Municipal do Natal, Natal, 2018. Acesso em: 11 ago. 2025.

KLASSMANN, Nathan Ortiz. **Análise do saneamento básico gaúcho sob a perspectiva do ranking nacional do saneamento. 2019.** 147 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Pública) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Acesso em: 7 ago. 2025.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos Hídricos e Saneamento.** Curitiba: Organic Trading, 2008.

LANA, Luiara Castro de *et al.* **Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS – UERJ.** Revista Brasileira de Geomática, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 260-278, out./dez. 2022. Acesso em: 7 ago. 2025.

LOPES, Ingrid Emanuella Bezerra Saraiva. **O Porto de Cabedelo: suas características e sua importância para a Paraíba e o Nordeste do Brasil.** 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Acesso em: 10 ago. 2025.

LÖBLER, Carlos A.; GONÇALVES, Cristina M R.; LEÃO, Márcio F.; et al. **Geoprocessamento.** Porto Alegre: SAGAH, 2019. *E-book*. p.178. ISBN 9788533500419. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788533500419/>. Acesso em: 09 ago. 2025.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Do SNIS ao SINISA – Abastecimento de Água: Diagnóstico SNIS-AE 2019.** Brasília, DF: Secretaria Nacional de Saneamento, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do->

snis/cadernos-tematicos/DO SNIS AO SINISA AGUA SNIS 2019 REPUBLICACAO compresse d.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.

MIRANDA, Ernani Ciriaco de. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto**. Brasília: MCIDADES, 2007. p. 75-78. Acesso em: 1 set. 2025.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 6. ed., atual. e rev. Rio de Janeiro: ABES, 2016. 524 p. Acesso em: 4 set. 2025

NAKAMURA, A.Z. JUNIOR, P. G. **Geotecnologias aplicadas à construção civil**. Revista Brasil, Engenharia, São Paulo, 2010. Acesso em: 10 set. 2025

PAIVA, R.F.P.; SOUZA, M.F.D.P.D. **Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, v. 34, n. 1, p. e00017316, 2018. Acesso em: 09 ago. 2025.

PEREIRA, Tatiana S. T.; HELLER, Léo. **Planos municipais de saneamento básico: avaliação de 18 casos brasileiros**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 395-404, jul./set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000098824>

PINTO, Alyre Marques; RIBAS, Lídia Maria. **Novo marco legal do Saneamento Básico: uma contribuição para a efetividade do direito à água potável e ao Saneamento no Brasil**. Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro, Aditorium, 2022 Acesso em: 21 ago. 2025.

PRÜSS, A. et al. **Estimando a carga de doenças da água, saneamento e higiene em nível global. Perspectivas de saúde ambiental**, v. 110, n. 5, pág. 537-542, 2002. Acesso em: 25 ago. 2025.

QUEIROZ, Roberlei Aldo; CASTILHO, Ricardo; WIECZORKOWSKI, Stela Franco. **Lei nº 14.026/2020: breves contrastes do novo marco legal do saneamento básico**. Revista Digital do Tribunal de Contas do Estado do Paraná, Curitiba, n. 28, p. 10-26, abr./jun. 2020. Acesso em: 21 ago. 2025.

RISTOW, S. F. P. **Uso de Geotecnologias Livres para Apoio a Gestão de Bacias Hidrográficas: prática com quantum gis (QGIS) - versão 2.2.0**. 2014. 75 f. - Curso de Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - Santa Catarina, 2014. Acesso em: 15 ago. 2025.

RODRIGUES, Mara Costa. **Geoprocessamento**. Franca: Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Corrêa Júnior, 2023. Acesso em: 12 ago. 2025.

RODRIGUES, B. T. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para o mapeamento das línguas negras das praias urbanas de Maceió - AL**. Trabalho de

Conclusão de Curso, Instituto Federal de Alagoas – IFAL. Marechal Deodoro. 2011  
Acesso em: 10 ago. 2025.

SANTOS, Alex da Silva (Org.). **Introdução ao ambiente SIG QGIS**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018. Acesso em: 12 ago. 2025.

SIQUEIRA, M. S., ROSA, R. S., BORDIN, R., NUGEM, R. C. **Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014**. Epidemiologia e Serviços de saúde, v. 26, n. 4, p. 795-806, 2017. Acesso em: 15 ago. 2025.

SILVA, M. J. A. **A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil**. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 27., 2017**, Campinas. . Anais [...]. Campinas: Instituto de Geociências - Unicamp, 2017. p. 146–157. Acesso em: 15 ago. 2025.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO- SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e Esgoto. Brasília: SNIS, 2019**. Disponível em [stwww.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico\\_AE2018.pdf](http://stwww.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf).

SOUSA, A. C. A. de; COSTA, N. do R. **Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 615-634, jul./set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702016000300002>.

SOUSA, Ana Cristina Augusto de. **O que esperar do novo marco do saneamento**. Cadernos de Saúde Pública, v. 36, p. e00224020, 2020. Acesso em: 15 ago. 2025.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **O novo marco legal do saneamento na Paraíba: relatório inicial, fiscalização ano-base 2023, saneamento – água e esgoto**. João Pessoa: TCE-PB, maio 2024. Acesso em: 1 set. 2025.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Alem. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da USP, 1999. 194 p. Acesso em: 10 set. 2025.

TEIXEIRA, J. C., OLIVEIRA, G. S., VIALI, A. M., MUNIZ, S. S.; **Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009**. Eng. sanit. Ambient. v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014. . Acesso em: 10 set. 2025.

TROMBETA, Letícia R A.; OLIVEIRA, Luiz F. R de; PELINSON, Natália S.; et al. **Geoprocessamento**. Porto Alegre: SAGAH, 2019. *E-book*. p.105. ISBN

9786581492120. Disponível em:  
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786581492120/>. Acesso em:  
09 ago. 2025.

VIANA, R. S.; CASTRO, B. P. L.; ROCHA, E. J. T. **Utilização do SIG para a avaliação de indicadores de saneamento na região metropolitana de Fortaleza**. São Paulo, Revista DAE, v. 68, n. 227, p. 88-102, Ed. Esp. nov. 2020. Acesso em: 09 ago. 2025.

VILARINHO, C. M. R.; COUTO, E. de A. **Saneamento básico e regulação no Brasil: desvendando o passado para moldar o futuro**. Revista Digital de Direito Administrativo, Ribeirão Preto, v. 10, n. 2, p. 233-257, 2023. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2319-0558.v10i2p233-257>. Acesso em: 09 ago. 2025.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005

VITALINO, Allisson Carlos. **Novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020): universalização dos serviços, impactos ambientais e reflexos no Estado da Paraíba**. 2025. Acesso em: 09 ago. 2025

VITALINO, Allisson Carlos. **Educação ambiental e saneamento básico na Paraíba: reflexos socioambientais**. *Campo do Saber*, João Pessoa, v. 10, n. 2, p. 23-37, ano. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/campodosaber/article/view/775>. Acesso em: 6 set. 2025.