



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ANÁLISE DA RELAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO COM A SAÚDE PÚBLICA EM ÁREAS URBANAS

DISCENTE: ARLLEN AUGUSTO GOMES SOUZA

ORIENTADOR(A): PROFA.DRA. ALINE CHRISTIAN P. ALMEIDA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

BELÉM (2024)





ARLLEN AUGUSTO GOMES SOUZA

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ANÁLISE DA RELAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO COM A SAÚDE PÚBLICA EM ÁREAS URBANAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Tecnologia pertencente à Universidade Federal do Pará – PPGESA/ITEC/UFPA, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.
Área de concentração: Hidráulica e Saneamento.
Linha de Pesquisa: Planejamento, projetos e infraestruturas hidráulicas de saneamento.

Orientadora: Dra. Aline Christian Pimentel Almeida.

Belém-PA
2024



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

Souza, Arllen Augusto Gomes.

Sistema de Informações Geográficas na análise da relação do saneamento básico com a saúde pública em áreas urbanas / Arllen Augusto Gomes Souza. — 2024.

131 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Aline Christian Pimentel Almeida
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental, Belém, 2024.

1. Sistema de Informações Geográficas. 2. Saneamento Básico. 3.
Saúde Pública. 4. Medidas Estruturantes. 5. Medidas Estruturais. I.
Título.



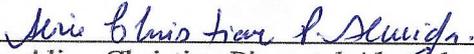
ARLEN AUGUSTO GOMES SOUZA

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA ANÁLISE DA RELAÇÃO DO
SANEAMENTO BÁSICO COM A SAÚDE PÚBLICA EM ÁREAS URBANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Tecnologia pertencente à Universidade Federal do Pará – PPGESA/ITEC/UFPA, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.
Área de concentração: Hidráulica e Saneamento.
Linha de Pesquisa: Planejamento, projetos e infraestruturas hidráulicas de saneamento.

Data de aprovação: 03/12/2024

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Aline Christian Pimentel Almeida – Orientadora
(Membro interno PPGESA / ITEC / UFPA)



Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira
(Membro interno PPGESA / ITEC / UFPA)



Fabrizia de Oliveira Alvino Rayol
(Membro externo UFPA – Campus Belém)



À minha mãe, Débora, que sempre me apoiou e me incentivou, apesar das dificuldades, para que eu pudesse ter uma educação de qualidade.



AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, Nossa Senhora de Nazaré, São Jorge e Santa Rita, por me iluminarem e protegerem de todos os males.

À minha mãe, Débora de Jesus Carvalho Gomes, e minha vó, Maria das Graças Carvalho Gomes, por sempre acreditarem em mim e moverem o mundo para que eu conseguisse alcançar todos os meus objetivos, sejam eles profissionais ou pessoais.

Agradeço, em especial, à minha namorada, futura noiva e esposa, Rebeca Freire Furtado, por me apoiar imensuravelmente, pois nas noites mais escuras e sombrias você estava lá para segurar a minha mão e me fortalecer. Eu sou eternamente grato por você fazer parte da minha vida e digo que sou mais do que sortudo por compartilhar a minha vida com você. Obrigado por todos os ensinamentos, conselhos, conversas, momentos felizes, gargalhadas e companheirismo. Você é minha maior inspiração.

Agradeço à minha sogra, Normicilda Freire (Dona Norma), por todo acolhimento e conselhos, além de me apoiar em meus objetivos.

Agradeço ao meu cunhado, Samuel Freire, e sua esposa, Nannachara Fernandes, por todo apoio na minha jornada acadêmica, profissional e pessoal. Agradeço, especialmente, ao meu cunhado Pedro Samuel Freire (*in memoriam*) pelos momentos alegres e de ensinamentos quando vinha nos visitar.

Agradeço ao meu avô, Francisco Souza, que vem fazendo o papel de pai durante toda a minha trajetória.

Agradeço às minhas tias, tios, avô e pai: Daniele Gomes, Denise Gomes, Andreza Souza, Alan Souza, Adjalma Junior Pereira, Alfredo Gomes e Alex Souza.

Agradeço às minhas primas e primos: Dayane Gomes, Luiz Gabriel, Miguel Pereira, Emilly Gomes, Ana Vitória e Arthur.

Agradeço aos meus amigos, considerados a minha segunda família, por todo apoio em todos os momentos da minha vida: Victor Chagar, Luan Marvão, Letícia Chagas, Laura Ramos, Amanda Araújo, Lucas Máximo, Lorena Folha e André Ferro. Todos vocês sabem o quanto me esforcei e me esforço para alcançar os meus objetivos.

Agradeço à minha avó, Maria de Jesus Souza (*in memoriam*), e minha bisavó, Bernadete Carvalho (*in memoriam*), por todo aprendizado nos momentos que passamos juntos.

Agradeço à minha orientadora, professora Aline Almeida, pela oportunidade no Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento (GPHS) e por todo ensinamento acadêmico, profissional e pessoal, principalmente durante a jornada de elaboração da dissertação.



Agradeço ao professor José Almir pelos ensinamentos com a sua vasta experiência na área do saneamento e hidráulica e pelas conversas no âmbito acadêmico, profissional e pessoal.

Agradeço aos professores que tive na UFPA, desde a graduação até o Mestrado, por facilitarem o ensinamento de conteúdos complexos e motivar a turma para que todos alcançassem seus objetivos.

Agradeço aos amigos que se fazem presente na minha vida: Rafaela Rios, Marley Yan, Antônio Neto e Saullo Rodrigues.

Agradeço aos meus amigos de trabalho Bruce Moraes, Eliane Aleixo, Elaine Blanco, Natália Santiago, Mayra Aragão, Ismael Miranda, Vagner Alves, Arijonas Araújo, Cláudio Silva, Lucas Caldas, Thyago Gomes, Karollyne Machado, Samara Lisboa, Thaiany Cardoso, Kelly Ferreira, Maria Anunciação e Annete Klautau, por acompanharem a minha jornada árdua em administrar trabalho e mestrado, além do apoio e conselhos profissionais.

Agradeço, também, aos engenheiros Sergio Camargo e Antonino Amorim por me proporcionarem uma oportunidade no mercado de trabalho dentro da empresa Sanevias Consultoria & Projetos e confiarem em meu trabalho.



“Raio se libertou
Clareou muito mais
Se encantou pela cor lilás
Prata na luz do amor
Céu azul
Eu quero ver o pôr do sol
Lindo como ele só
E gente pra ver e viajar
No seu mar de raio”.

(Djavan)



RESUMO

Identifica os principais problemas relacionados ao saneamento básico e saúde pública no Distrito Administrativo do Guamá (DAGUA), em Belém-PA, com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). A metodologia do estudo foi desenvolvida em quatro etapas: na primeira, foram identificados os principais problemas de saneamento básico no DAGUA; após isso, com o auxílio de mapas de pontos em SIG, foram levantados e espacializados os números de casos confirmados de doenças relacionadas ao saneamento básico, como a Dengue, Chikungunya, Doenças Diarreicas Agudas (DDA) (2017-2018), Vírus Zika, Leptospirose, Febre Amarela e Hepatite Vírus-A, no período de 2015 a 2022, no banco de dados da Secretaria Municipal de Saúde de Belém (SESMA); na terceira etapa, estabeleceu-se o comparativo entre a falta de saneamento básico e os problemas de saúde pública na área de estudo por meio de mapas coropléticos com auxílio do SIG; na última etapa, foram propostas medidas estruturantes e estruturais para o DAGUA. Os resultados constatados foram os seguintes: a necessidade de manutenção nas unidades de tratamento e nas redes de distribuição de água, uma vez que muitas estão expostas e com encaminhamento dentro de canais de drenagem que recebem efluentes in natura; o cenário de déficit de atendimento para coleta e tratamento do esgotamento sanitário em todos os bairros pertencentes ao DAGUA; a presença de pontos de alagamentos e com áreas suscetíveis a alagamentos; e resíduos sólidos dispostos em locais irregulares, o que contribui para a proliferação dos roedores, doenças e instabilidade na periodicidade da coleta dos resíduos. Além disso, no que tange à saúde pública, observa-se que o bairro do Guamá é o mais afetado em todos os tipos de doenças, porém as DDA foram as que apresentaram maior quantidade de casos, embora as informações cedidas sejam apenas dos anos de 2017 e 2018. Assim, o relacionamento entre os indicadores de doenças e as condições de saneamento na área de estudo, mostrou que a falta de saneamento adequado é a causa do aumento no número de ocorrências das doenças analisadas. A fim de melhorar a relação entre saneamento e saúde pública, nesta pesquisa, foram propostas medidas estruturantes e estruturais. Portanto, o desenvolvimento deste estudo possibilitou, por meio do SIG, analisar a relação entre saneamento básico e saúde pública no DAGUA, com intuito de ajudar na tomada de decisão do gestor público, atender o corpo social e proporcionar melhor qualidade de vida para a população.

Palavras-Chave: Sistema de Informações Geográficas; Saneamento Básico; Saúde Pública; Medidas Estruturantes; Medidas Estruturais.



ABSTRACT

Identifies the main problems related to basic sanitation and public health in the Guamá Administrative District (DAGUA), at Belém-Pa, counting with the help of Geographic Information System (GIS). The research methodology was developed into four stages: in the first, the main basic sanitation problems in DAGUA were identified; after that, with the help of GIS point maps, the number of confirmed cases of diseases related to basic sanitation such as Dengue fever, chikungunya, Acute Diarrhoeal Diseases (DDA) (2017-2018), THE Zika virus, Leptospirosis, Yellow fever, Hepatitis, A-viruses were surveyed and spatialized from 2015 to 2022 in the database of the Belém Municipal Health Department (SESMA); in the third stage a comparison was made between the lack of basic sanitation and the public health problems in the research area, and these were spatialized using GIS choropleth maps; in the last stage, structuring and structural measures were proposed for DAGUA. The results were as follows: the need for maintenance in the treatment units and in the water networks distribution, since many are exposed and routed into drainage channels that receive *fresh* effluent; the scenario of a lack of service for sewage collection and treatment in all the neighborhoods belonging to DAGUA; the presence of flooding points and areas susceptible to flooding; and solid waste disposed of in irregular places, which contributes to the proliferation of rodents and diseases and instability in the periodicity of waste collection. In addition, regarding public health, it can be seen that the Guamá neighborhood is the most affected by all types of diseases, but DDA were the ones with the highest number of cases, although the information provided is only for the years 2017 and 2018. Thus, the relationship between disease indicators and sanitation conditions in the research area showed that the lack of adequate sanitation may be the cause of the increase in the number of occurrences of the diseases analyzed. In order to improve the relationship between sanitation and public health, this research proposed structuring measures and structural measures. Therefore, the development of this research made it possible, through GIS, to analyze the relationship between basic sanitation and public health in DAGUA, in order to better serve the social body and provide a better quality of life.

Keywords: Geographical Information Systems; Basic Sanitation; Public Health; Structuring Measures; Structural Measures.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Condições que podem alterar a qualidade da água	29
Figura 2 – Palafitas e a situação do esgotamento sanitário	30
Figura 3 – Alagamentos causados em áreas urbanas	31
Figura 4 – Destinação irregular de resíduos sólidos	32
Figura 5 – Estrutura do SIG	35
Figura 6 – Taxa de casos confirmados com a COVID-19	37
Figura 7 – Distribuição da população em 2000.....	38
Figura 8 – Camada da Hemorrede visualizada no Web Mapa do ArcGIS Online.....	39
Figura 9 – Dashboard interativo	40
Figura 10 – <i>Dashboard</i> para monitoramento da COVID-19 no mundo.....	41
Figura 11 – Painel interativo de indicadores de acesso ao saneamento básico	42
Figura 12 – Etapas da pesquisa.....	46
Figura 13 – Notícias publicadas nos veículos de comunicação sobre o saneamento no DAGUA	50
Figura 14 – Situação das unidades dos setores que abastecem o DAGUA	53
Figura 15 – Redes de abastecimento de água tratada em situação de vulnerabilidade.....	56
Figura 16 – Identificação dos principais problemas de abastecimento segundo as plataformas digitais.....	57
Figura 17 – Registro fotográfico da situação do esgotamento no DAGUA	59
Figura 18 – Registro fotográfico do cenário da drenagem urbana no DAGUA.....	62
Figura 19 – Situação dos resíduos sólidos em Belém.....	63
Figura 20 – Registro fotográfico do acúmulo de resíduos na área de estudo.....	65
Figura 21 – Identificação dos problemas de resíduos sólidos segundo os canais midiáticos ..	66
Figura 22 – Medidas estruturantes realizadas no município e na área de estudo.....	89
Figura 23 – Medidas estruturantes e seus desafios para área de estudo	91
Figura 24 – Proposta para representação do envolvimento social.....	95
Figura 25 – Propostas para a qualidade no atendimento com saneamento básico	96
Figura 26 – Proposta de <i>Dashboard</i> para o monitoramento do saneamento básico e saúde pública no DAGUA	98
Figura 27 – Fluxo de informações que poderão conter no relatório mensal das unidades de saúde	99
Figura 28 – Diretrizes para a saúde ambiental	101



Figura 29 – Estação de monitoramento da qualidade do ar	102
Figura 30 – Controle social na garantia do direito à saúde	103
Figura 31 – Medidas estruturais e seus desafios para área de estudo	105
Figura 32 – Medidas estruturais realizadas no município e na área de estudo	119



LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Representação do mapa coroplético	36
Mapa 2 –Localização da área de estudo.....	45
Mapa 3 – Identificação dos setores de abastecimento pertencentes ao DAGUA.....	51
Mapa 4 – Situação do esgotamento sanitário no DAGUA.....	58
Mapa 5 – Mapeamento dos canais pertencente ao DAGUA.....	60
Mapa 6 – Mapeamento da DIRS próximo aos canais e pontos de coleta seletiva	64
Mapa 7 – Número de casos confirmados de Dengue no DAGUA (2015-2022).....	67
Mapa 8 – Número de casos confirmados de Chikungunya no DAGUA (2015-2022)	68
Mapa 9 – Número de casos confirmados de Vírus Zika no DAGUA (2015-2022)	70
Mapa 10 – Número de casos confirmados de Febre Amarela no DAGUA (2015-2022).....	70
Mapa 11 – Número de casos confirmados de Hepatite A no DAGUA (2015-2022)	72
Mapa 12 – Número de casos confirmados de Leptospirose no DAGUA (2015-2022)	73
Mapa 13 – Número de casos confirmados de Doenças Diarreicas Agudas no DAGUA (2017-2018)	74
Mapa 14 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Dengue 2015-2022).....	77
Mapa 15 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Chikungunya 2015-2022)	79
Mapa 16 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Vírus Zika 2015-2022)	81
Mapa 17 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Febre Amarela 2015-2022).....	82
Mapa 18 – Deficiência no abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Hepatite Vírus A 2015-2022)	83
Mapa 19 – Deficiência na drenagem urbana, resíduos sólidos e esgotamento sanitário no aumento do número de doenças (Leptospirose 2015-2022).....	85
Mapa 20 – Deficiência no abastecimento de água e esgotamento sanitário no aumento do número de doenças (Doenças diarreicas agudas 2017-2018).....	86



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das doenças e suas principais medidas de controle para a água, esgoto, drenagem e resíduo	33
Quadro 2 – Proposta para os programas de monitoramento no DAGUA.....	92
Quadro 3 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Abastecimento de Água do DAGUA	107
Quadro 4 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário do DAGUA.....	109
Quadro 5 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Drenagem Urbana do DAGUA.....	110
Quadro 6 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Manejo de Resíduos Sólidos do DAGUA	111
Quadro 7 – Ampliação, revitalização, substituição e manutenção dos componentes do saneamento básico para o DAGUA	112



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela resumo da relação dos problemas de saneamento básico e os casos confirmados de doenças	76
Tabela 2 – Atividades previstas no PPA (2022-2025) no município de Belém.....	90
Tabela 3 – Medidas estruturais do PPA para a infraestrutura urbana e saneamento básico com metas, ações e projetos para o município de Belém e área de estudo.....	114
Tabela 4 – Medidas estruturais do PPA para a saúde pública com metas, ações e projetos para o município de Belém e área de estudo.....	117



LISTA DE SIGLAS

BET	Bacia de Evapotranspiração
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAGUA	Distrito Administrativo do Guamá
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PD	Plano Diretor
PESB	Plano Estadual de Saneamento Básico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPA	Plano Plurianual
RAP	Reservatório Apoiado
REL	Reservatório Elevado
RI	Região de Integração
RMB	Região Metropolitana de Belém
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SEMAS	Secretaria Municipal de Saúde
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SESMA	Secretaria Municipal de Saúde
NEP	Núcleo de Extensão e Pesquisa



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	Geral.....	20
2.2	Específicos.....	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	Componentes do saneamento básico	22
3.1.1	Sistema de Abastecimento de Água (SAA).....	23
3.1.2	Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)	24
3.1.3	Drenagem e manejo das águas pluviais	25
3.1.4	Manejo de Resíduos Sólidos	26
3.2	Saúde pública e a falta de saneamento básico	27
3.3	Sistema de Informações Geográficas (SIG)	34
3.3.1	Mapa coroplético e de distribuição de pontos.....	35
3.3.2	Mapas interativos	38
3.4	Medidas estruturantes ou não estruturais.....	40
3.4.1	<i>Dashboard</i> Interativo.....	41
3.5	Medidas estruturais.....	43
4	METODOLOGIA.....	44
4.1	Área de estudo	44
4.2	Etapa 01 – Identificação dos principais problemas de saneamento básico no DAGUA.....	46
4.3	Etapa 02 – Emprego do SIG para o levantamento do número de casos confirmados de doenças relacionadas ao saneamento básico.....	47
4.4	Etapa 03 – Utilização do SIG na relação entre saneamento básico e a saúde pública	48
4.5	Etapa 04 – Auxílio do SIG no desenvolvimento de propostas de medidas estruturantes e estruturais	48
5	RESULTADOS	50
5.1	Etapa 01 – Etapa 01 – Identificação dos principais problemas de saneamento básico no DAGUA.....	50
5.1.1	Abastecimento de água	51
5.1.2	Esgotamento sanitário.....	58
5.1.3	Drenagem urbana	60



5.1.4	Resíduos sólidos	62
5.2	Etapa 02 – Emprego do SIG para o levantamento do número de casos confirmados de doenças relacionadas ao saneamento básico	66
5.3	Etapa 03 – Utilização do SIG na relação entre saneamento básico e a saúde pública	75
5.4	Etapa 04 – Auxílio do SIG no desenvolvimento de propostas de medidas estruturantes e estruturais	88
5.4.1	Medidas Estruturantes	89
5.4.1.1	Medidas estruturantes para o saneamento básico	92
5.4.1.2	Medidas estruturantes para a saúde pública	98
5.4.2	Medidas Estruturais	105
5.4.2.1	Medidas estruturais para o saneamento básico	107
5.4.2.2	Medidas estruturais para a saúde pública	112
5.4.2.3	Propostas de medidas estruturais previstas para o DAGUA estabelecidos no PPA (2022-2025)	113
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123



1 INTRODUÇÃO

O planejamento urbano e territorial atua de maneira eficaz em um ou vários níveis, a exemplo do nacional, regional e metropolitano, municipal e intraurbano (bairro ou vizinhança). A Organização Mundial da Saúde (OMS) (2023) afirma que este planejamento reduz os riscos à saúde, promove o bem-estar e uma vida saudável e, conseqüentemente, ajuda a reduzir a crescente desigualdade em saúde.

No contexto histórico brasileiro, a preocupação com o planejamento e a necessidade de implantação de políticas públicas ligadas ao saneamento básico e à saúde pública foram dadas a partir da circunstância ligada desde a abolição e reforma com o presidente da época, Rodrigues Alves, que colaborou com projetos urbanísticos a fim de modificar a imagem brasileira no cenário internacional. O plano de reurbanização incluía uma campanha em massa de saneamento e o combate às doenças por meio de projetos de urbanização, como a ampliação de vias, canteiros e remoção de moradias irregulares. Deste modo, deu-se início ao processo de favelização, afastando a população menos favorecida para locais isolados (Dandara, 2022).

Com isso, o processo acelerado de urbanização e a insuficiência de planejamento contribuíram para o grande adensamento em áreas impróprias para instalação de residências, o que aumentou os riscos de deslizamentos, alagamentos, inundações e, principalmente, doenças associadas à falta de saneamento básico e políticas públicas de saúde. De acordo com Almeida *et al.* (2021), os problemas citados afetam e interferem de forma diferente nas cidades de pequeno, médio e grande porte, elevando as dificuldades sanitárias e ambientais dos municípios brasileiros.

Com o histórico apresentado, em 2007 é sancionada a Lei n°. 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, contendo quatro componentes, como: Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana. Com a publicação da atualização do Marco Legal do Saneamento, a partir da Lei n° 14.026, de 15 de julho de 2020, os contratos de prestação de serviço devem atender 99,00% da população com água potável e 90,00% dos habitantes com coleta e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033.

Apesar dos dados publicados em documentos oficiais da União, o cenário real apresenta dificuldades, visto que 15,80% da população total brasileira não tem atendimento com abastecimento de água e os resíduos sólidos possuem deficiente de cobertura de 10,07%, circunstância mais crítica quando se menciona o esgotamento sanitário, com 55,81% de déficit (Brasil, 2021a).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os óbitos por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), no período de 2008 a 2019, correspondem a cerca de 0,90% do total de óbitos no país, com média de 11.332 mortes (Brasil, 2021b). Quando os dados são apresentados por município, é ainda mais evidente a dificuldade de alcance do cenário de atendimento proposto pela Lei nº 14.026/2020, pois muitas cidades não possuem investimentos adequados destinados às melhorias do saneamento.

É importante destacar que o sistema de saneamento é parâmetro para o exercício da inclusão social, da prevenção e, principalmente, no controle de doenças. Desse modo, os temas saneamento e saúde pública estão relacionados, pois na ausência de salubridade, elevam-se as incidências de determinadas enfermidades, como nos casos de taxas de internações da diarreia, que muitas vezes ocorrem devido à carência de saneamento básico nos municípios.

Em contexto regional, o Norte do Brasil é o mais afetado no atendimento total com sistema de esgotamento sanitário, com déficit de 86,02%; seguido da drenagem e manejo das águas pluviais com 85,50%; déficit na cobertura de manejo dos resíduos sólidos com 20,98%; e do abastecimento de água com déficit de 40,03% (Brasil, 2021a). Conforme os dados das quatro situações, é possível compreender que o atendimento se encontra muito abaixo quando comparado com o percentual nacional.

Além disso, vale pontuar que o município de Belém, capital do estado do Pará, há anos ocupa as últimas posições no ranking do saneamento e, no ano de 2024, sua colocação está em 93º, estando atrás do município de Ananindeua, também pertencente à Região Metropolitana de Belém (RMB). Dito isto, para a capital paraense, o não atendimento com água é de 22,49%, esgotamento sanitário com 82,73%, manejo de águas pluviais de 52,20% e manejo de resíduos sólidos com 4,00%.

Portanto, a fim de facilitar a identificação das problemáticas relacionadas ao saneamento básico a saúde pública, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) atua nesses setores com o objetivo de facilitar a identificação das problemáticas, auxiliar na tomada de decisão do gestor público por meio da espacialização dos resultados por cidade, bairro ou distritos administrativos, para que os déficits em ambos os setores das áreas urbanas sejam reduzidos.



2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho serão apresentados nos itens a seguir.

2.1 Geral

Identificar os principais problemas relacionados ao saneamento e saúde pública no DAGUA com auxílio de SIG, propondo medidas para melhoria dos serviços básicos de saúde e saneamento.

2.2 Específicos

- I. Analisar a situação dos sistemas de saneamento básico e das doenças no distrito administrativo do Guamá;
- II. Utilizar o SIG para elaborar mapas do número de casos confirmados das doenças;
- III. Relacionar o número de casos confirmados de doenças com o cenário atual do saneamento básico; e
- IV. Propor medidas para as melhorias nos serviços de saneamento básico e saúde pública no DAGUA a partir do SIG.



3 REVISÃO DE LITERATURA

A partir do que é estabelecido na Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, o saneamento básico é o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais do abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos.

De acordo com Carneiro *et al.* (2017), os investimentos para a evolução do atendimento da população com saneamento básico representam uma das políticas públicas de maior prosperidade de impacto positivo que se tem nos dias atuais. Essa questão deve ser vinculada à saúde pública, à preservação do meio ambiente, ao desenvolvimento social e local, a fim de assegurar o direito social que cada cidadão possui em receber atendimentos básicos e de qualidade do Estado.

O saneamento básico envolve diversos setores da política e possui uma rede ampla de acesso. Porém, em muitos casos, as áreas mais periféricas das cidades são as mais afetadas com a carência desses serviços, o que contribui, cada vez mais, para a elevação do número de doenças. Essa desigualdade de acesso pode se dar em decorrência das áreas isoladas, falta de investimento, capacidade diversa dos domicílios de pagarem o custo de ligação e as tarifas mensais pela utilização dos serviços (Saiani *et al.*, 2013).

Ademais, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) publicados no ano de 2022 e referentes ao ano anterior, indicam que aproximadamente 33 milhões de brasileiros não têm acesso ao serviço de abastecimento de água, com percentual de 14,30% das crianças e adolescentes sem água; com esgotamento sanitário, é visível o cenário mais crítico, pois quase 93 milhões de brasileiros (44,00%) não têm acesso à coleta de esgoto e 3,10% das crianças e adolescentes não possuem banheiro em suas residências (Instituto Trata Brasil, 2022).

Com isso, as doenças causadas pela ausência de saneamento afetam a rotina dos trabalhadores brasileiros, visto que, no ano de 2019, 1,7 milhões de habitantes indicaram ter se afastado de suas atividades em razão de doenças de veiculação hídrica, sendo 43,374 milhões de casos de afastamento pela carência deste serviço e com taxa de incidência de 206,9 casos por mil habitantes ao longo de todo 2019 no Brasil (Instituto Trata Brasil, 2020).

Devido a essa problemática da saúde pública e da poluição do meio natural, o corpo social, técnico e político buscou encontrar soluções de saneamento para o abastecimento de água potável, coleta e tratamento dos esgotos, coleta e tratamento dos resíduos sólidos e para a drenagem urbana.

Para Silva (2020), o crescimento urbano desordenado nos centros urbanos e os usos e ocupações do solo inadequadamente, têm ocasionado graves problemas para os recursos ambientais, pois, em determinadas localidades, a população que fica às margens dos mananciais utiliza o recurso hídrico indevidamente, muitas vezes, com contribuição de efluentes in natura. Diante disso, a omissão de planejamento e gestão pública contribuem para a precariedade do saneamento básico ou para inexistência deste serviço em localidades periféricas.

3.1 Componentes do saneamento básico

O abastecimento de água potável é formado pelas atividades de infraestrutura que visam atender, dentro dos padrões de potabilidade, toda a população, com a captação até a ligação residencial de cada domicílio. De acordo com Sousa (2001a, 2001b e 2001c), o sistema de abastecimento de água é formado por diferentes unidades, cada uma delas com função única e distinta, contendo: captação superficial ou subterrânea, elevação de água bruta e tratada, transporte ou adução, tratamento, armazenamento, distribuição e ligação domiciliar.

Em relação ao esgotamento sanitário, deverá conter instalações operacionais de coleta, transporte e tratamento dos efluentes sanitários gerados a fim de atender aos padrões de lançamento até o corpo receptor. O despejo inadequado desses efluentes sem tratamento adequado, tendo como destino final os corpos hídricos e o solo, podem acarretar em malefícios à saúde humana, impactos ambientais e socioeconômicos (Funasa, 2004).

A drenagem e o manejo de águas pluviais visam o transporte, detenção ou retenção para reduzir as vazões de cheias por meio de instalações operacionais para que se evite problemas nos dispositivos e reduza as incidências de alagamento nas grandes cidades brasileiras. Para Fátima e Cabral (2013), a grande parte dos problemas ocasionados pela ineficiência da drenagem ocorre devido a alguns aspectos, como a falta de conhecimento técnico sobre o assunto, projeção de concepção inadequada, ausência de planejamento e controle do sistema, e carência de técnicos qualificados para gerenciar o sistema.

Por sua vez, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos são constituídos pelas atividades operacionais de coleta, varrição, transporte, transbordo, tratamento e disposição final em aterros sanitários de forma ambientalmente adequada somente para materiais considerados rejeitos (Goldemeier e Jablonski, 2005).

No Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020), são estabelecidas metas até 2033 para o serviço de água pra atender 99,00% da população e, para o setor de esgoto, o percentual é de 90,00%. Assim, o cenário apresentado pela lei é questionado

pelas equipes técnicas do setor, pois em muitas localidades o valor definido se encontra muito distante da realidade dos municípios brasileiros.

3.1.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA)

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) tem como finalidade a extração de água do meio natural, transportando o fluido até o aglomerado urbano, atendendo aos padrões exigidos pelas legislações vigentes (Tsutiya, 2005).

Ademais, o SAA é visto como um agrupamento de obras, instalações e serviços que tem como objetivo captar, transportar e distribuir água a qualquer comunidade, seja ela urbana ou rural, para fins de consumo humano.

Esse sistema deve ser proposto por uma equipe técnica qualificada, pois é caracterizado como infraestrutura que servirá de apoio à sociedade ao longo dos anos e carece de conhecimento topográfico da região para que seja possível reduzir custos com o bombeamento da água até determinado ponto.

Todas as unidades do SAA (captação, sistema de bombeamento, reservação, tratamento e distribuição) são fundamentais para que o atendimento seja garantido. Cada etapa possui finalidade específica e pode necessitar de operação durante vinte e quatro horas, com qualquer interferência e devendo ser realizada por uma equipe especializada.

O SAA integrado é formado por diferentes unidades, que têm função única e distinta (Souza, 2001a, 2001b e 2001c). O SAA isolado é aquele que abastece os bairros mais afastados, setores ou localidades, e que possui descrição simplificada de todos os processos de tratamento e distribuição de água (Brasil, 2005).

O abastecimento de água ocorre por meio da captação subterrânea (poços) ou superficial (rios, lagos, açudes, represas e outros). Cada área possui sua necessidade e tenta solucionar tal problemática adaptando para o seu bairro, cidade ou estado. Com isso, é necessário realizar estudo de concepção para garantir qual alternativa de abastecimento é considerada viável para o projeto.

Em localidades que não possuem atendimento com água fornecida pela prestadora de serviço, os moradores optam em realizar captação de água de maneira individual, seja por meio de coleta de água da chuva, a chegada do carro pipa para armazenar água em um determinado período, perfurando poços rasos e a coleta de açudes e igarapés que, muitas vezes, podem acarretar em diversos problemas para a saúde humana.

3.1.2 Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)

O esgoto, em sua maior parte, é formado pelo acúmulo de água e pela presença de matéria orgânica, presente no efluente (Jordão *et al.*, 1995). Portanto, o esgoto sanitário é constituído de esgoto sanitário e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986).

Logo, é possível identificar elevadas concentrações de poluentes e patógenos, os quais são prejudiciais à saúde humana, principalmente, quando lançados de forma in natura no recurso hídrico.

O sistema de esgoto sanitário é definido pelo conjunto de tubulação, instalações e equipamentos, os quais são destinados para a coleta, o transporte, condicionamento e encaminhamento para determinada disposição final ambientalmente adequada (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986). Vale compreender que existem dois tipos de sistema: o unitário e o separador absoluto. Em localidades cujo investimento no setor de esgoto é baixo, é utilizado o sistema unitário em que ocorre o armazenamento do efluente sanitário e da água pluvial, em contrapartida, o separador absoluto segrega essa massa do líquido.

De acordo com Volschan *et al.* (2009), os sistemas apresentados possuem vantagens e desvantagens no que tange a parte técnica, econômica e ambiental. O sistema coletivo possui maior complexidade e detalhamento em todo o seu processo, pois conta com um sistema convencional, ou seja, Estação de Tratamento de Esgoto (ETEs) de grande porte.

O sistema de esgoto coletivo é uma infraestrutura utilizada no ambiente urbano, possuindo unidades e fases de tratamentos que atendam a todos os padrões exigidos pelas normas vigentes para que esse efluente possa ser lançado em um corpo receptor. Além disso, para que seja denominado coletivo, é necessário ser composto por rede coletora, estação de tratamento e lançamento final.

No que tange ao sistema individual, existem diversos tipos de procedimentos que podem ser adotados para essas localidades que, em muitos casos, são implantados em áreas isoladas, isto é, distante dos centros urbanos.

O sistema individual tem como objetivo o atendimento unifamiliar, tendo como dispositivos de tratamento o tanque séptico, o filtro anaeróbio e, logo em seguida, a infiltração no solo por meio de sumidouro. Não existe rede coletora interligando o sistema, ou seja, cada residência é responsável por implantar o seu tratamento individual, o que dificulta o controle e a proteção do meio ambiente.

Em áreas afastadas dos centros urbanos é necessário optar por tratamento individual, como o tanque séptico, vala de infiltração e alternativas sustentáveis como a Bacia de Evapotranspiração (BET). No entanto, algumas comunidades não possuem capital suficiente para realizar a implantação do sistema, por isso, o efluente é lançado sem tratamento no manancial mais próximo dos banheiros.

A partir disso, o despejo inadequado dos efluentes sem o devido tratamento e destinado para os corpos hídricos e solos, possui potencial em acarretar em malefícios para a saúde pública, impactos ambientais e socioeconômicos (Brasil, 2004).

É necessário obedecer a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, como também a Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente. Os tipos de tratamento das ETEs, em todas as etapas, devem seguir os parâmetros estabelecidos nas legislações vigentes de lançamento de esgoto, bem como a capacidade do corpo hídrico em receber esse efluente tratado.

3.1.3 Drenagem e manejo das águas pluviais

A estrutura da drenagem urbana é composta por dispositivos hidráulicos para captação e escoamento das águas pluviais nos centros urbanos (Azevedo Netto *et al.*, 2015). De acordo com Nylander (2019), o sistema de drenagem é dividido em duas infraestruturas: microdrenagem (sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e tubo de ligação) e em macrodrenagem (canais, grandes galerias, bacias de acumulação, reservatórios, estações de bombeamento e comporta).

As unidades do sistema de drenagem são destinadas para melhorar escoamento ou armazenar a água pluvial, para evitar problemas de alagamentos, inundações ou enchentes em determinada região. Essas estruturas são implantadas e projetadas para assegurar o melhor escoamento das águas em loteamentos, ruas e praças nos períodos de baixa e alta precipitação.

Desse modo, o funcionamento adequado necessita da boa operação de cada unidade responsável pelo manejo da água pluvial para evitar alagamentos em áreas que são mapeadas e se encontram em localidades de vulnerabilidade.

Nesse contexto, os mecanismos utilizados na drenagem auxiliam na redução de possíveis alagamentos que poderão ocorrer em áreas periféricas e até mesmo nas áreas centrais do município. Esse processo ocorre devido ao acúmulo de sedimento no canal, aglomerado de

resíduos sólidos, lançamento de esgoto, bem como o dimensionamento inadequado dos dispositivos de drenagem que reduzem a secção do fluxo d'água.

De acordo com Guimarães *et al.* (2009), essa problemática é agravada em períodos de chuvas intensas e, principalmente, quando se tem convergência com maré alta, tendo como os mais afetados a população residente em áreas mais baixas, isto é, as periferias dos centros urbanos.

3.1.4 Manejo de Resíduos Sólidos

Os serviços de resíduos sólidos têm política específica, no caso da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010, que estabelece parâmetros, direitos e deveres da sociedade, indústria, comércio, União, estado e municípios em relação à responsabilidade da produção, geração e consumo dos resíduos.

O gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros é fundamental para a sustentabilidade social, econômica e ambiental desse componente do saneamento básico. Nos dias atuais, é necessária a extinção dos lixões, porém, alguns municípios brasileiros optaram em utilizar o aterro sanitário como destinação final.

Deste modo, o poder público deve encarar a geração de resíduos como um problema ambiental e socioeconômico, pois é um obstáculo para a saúde pública (Gomes *et al.*, 2012). Os resíduos sólidos urbanos, como os resíduos de saúde, industrial, entre outros, representam riscos para a saúde da população em consequência da má coleta e armazenamento inadequado, pois vão contra as normas reguladoras e legislações vigentes.

A geração dos resíduos está baseada na produção de produtos que muitas vezes não possuem logística reversa, reciclagem ou reaproveitamento; acondicionamento tem como função principal acondicionar, ou seja, armazenar os materiais para que posteriormente seja realizada a coleta desses materiais em conjunto com o transporte, podendo ser destinados para uma estação de transbordo que funciona como uma conexão para que outro veículo o transporte para o tratamento e, assim, os resíduos tenham sua disposição final ambientalmente adequada.

O gerenciamento adequado dos resíduos não é considerado uma técnica fácil, entretanto, é um processo contínuo que requer atualizações técnicas-científicas e, principalmente, adequações com as normas vigentes (Gonçalves *et al.*, 2011). Ademais, de acordo com Brasil (2010), a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de cada produto que seja produzido, comprado e utilizado, tendo como alternativa a reutilização, reciclagem, redução e outros.



3.2 Saúde pública e a falta de saneamento básico

A disparidade no que diz respeito ao saneamento básico em território brasileiro é espantosa, uma vez que algumas regiões e municípios possuem maior percentual de atendimento nos quatro componentes do saneamento básico do que outras. Apesar do avanço na legislação ambiental e de saneamento, com a publicação do Novo Marco Legal do Saneamento e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a realidade brasileira ainda apresenta elevados déficits nos serviços de saneamento em todo o território nacional, sejam eles nos centros urbanos ou rurais (Santiago *et al.*, 2020).

Esse cenário é destacado pelas diversidades regionais e pela diferença entre o número de domicílios que possuem acesso ao abastecimento de água e outros que detêm acesso à rede coletora de esgotos. Além disso, o perfil de renda é parâmetro determinante para a situação real dos problemas relacionados entre saneamento e saúde pública. As problemáticas são evidentes nos centros urbanos e, quando apresentados dados da zona rural, o panorama se mostra longe da meta de universalização dos componentes de saneamento (Castro *et al.*, 2019).

A partir disso, o número de doenças começou a alavancar devido ao elevado adensamento urbano e aos baixos índices de atendimento com serviços de saneamento, em especial, nas áreas com menores rendas per capita. Ao longo do tempo foi possível compreender a propagação das doenças relacionadas com saneamento e essa classificação auxiliou nas tomadas de decisão no planejamento estratégico e nas mitigações no campo da saúde pública (Heller, 1997).

As doenças relacionadas à falta de saneamento básico são aquelas causadas por patógenos transmitidos pelos dejetos dos seres humanos, em geral, as fezes, permitindo compreender e mapear quais medidas sanitárias são necessárias para redução ou extinção desta realidade em muitos locais que não possuem saneamento básico. Em alguns lugares ainda são utilizadas fossas negras, muitas vezes, próximas dos mananciais que servem para consumo, limpeza dos alimentos e banho dos moradores.

Os dados referentes ao atendimento da população com abastecimento de água ultrapassam os 80,00%, porém, dentro do déficit ainda consta uma parcela da sociedade sem acesso a esse serviço básico (Brasil, 2021a). O atendimento urbano é de 93,46%, o que não significa que a qualidade do serviço representa tal percentual, já que em muitos casos ocorre a distribuição de água, mas os parâmetros de potabilidade estão aquém do que é estabelecido pela legislação em vigor (Brasil, 2021a).

No que tange à saúde pública, o cenário de poluição compromete os mananciais que são utilizados para captação e exploração da água, necessitando de sistemas de tratamento mais eficientes para essas situações. Com a exposição desses reservatórios naturais a insegurança hídrica acaba se potencializando, favorecendo os casos de doenças de transmissão hídrica. Cairncross e Feachem (1990) definem as transmissões relacionadas à água como:

- **Transmissão hídrica:** ocorre quando o patógeno se encontra na água que é ingerida;
- **Transmissão relacionada com a higiene:** identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica;
- **Transmissão baseada na água:** caracterizada quando o patógeno desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático;
- **Transmissão através de um inseto vetor:** na qual insetos, que procriam na água ou cuja picadura ocorre próximo a ela, são os transmissores.

Essa transmissão pode ocorrer pelas estratégias desenvolvidas pelos moradores que residem em áreas isoladas para captação de água, muitas vezes, não eficientes e fora das normas de potabilidade exigidas no Anexo XX da Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021.

Para assegurar a qualidade da água que será ingerida, a fonte de abastecimento deverá estabelecer controle e tipos de processos de tratamento, desde a sua origem até alcançar a rede de distribuição e o ramal predial dos moradores, por meio de monitoramento dos parâmetros de controle quantitativo e qualitativo e, assim, evitar propagação de doenças de transmissão hídrica (Von Sperling, Verbyla & Oliveira, 2020).

A operação do abastecimento de água é de fundamental importância para garantir os parâmetros de atendimento às legislações, pois indicadores com valores positivos refletem diretamente na saúde pública, conseqüentemente, na redução na ocorrência de doenças (Araújo *et al.*, 2021). Na Figura 1 são representados meios que podem corroborar para alteração da qualidade da água:

Figura 1 – Condições que podem alterar a qualidade da água



Fonte: Dino (2022), Portal da Cidade (2022) e Autor (2023).

As fissuras em tubulações provocam o contato da água com o solo em determinados trechos da rede e podem contribuir para a contaminação, principalmente em trechos em que o caminhamento da água ocorre dentro dos canais que recebem contribuição de esgoto in natura. As incrustações também são responsáveis pela alteração da qualidade da água e contribuem para que essa contaminação afete a saúde pública de todos os moradores no entorno que utilizam esse recurso.

A contaminação dos recursos hídricos afeta a classe com menor poder aquisitivo do país, que, muitas vezes, não possuem abastecimento de água potável adequado, prejudicando a saúde das pessoas por meio da ingestão direta no consumo de alimentos, na higiene pessoal, no lazer, agricultura, piscicultura, entre outros. Esse problema contribui para que determinados municípios estejam na lista dos piores índices de saneamento do Brasil.

Além dos métodos conhecidos de alteração da qualidade da água, popularmente divulgados nas mídias, também existe preocupação nos grandes centros urbanos devido ao descarte de medicamentos de maneira inadequada. Alguns estudos, como é o caso de Mantolo *et al* (2015), apontam que as águas residuais são as principais fontes de contaminação de outras matrizes ambientais, como igarapés, rios e solos devido ao descarte hospitalar incorreto destes produtos, bem como expelir as substâncias que antes estavam dentro do organismo para o meio.

Outra preocupação está relacionada com as Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA), originadas pela ingestão de alimentos e/ou água contaminadas por meio de um sistema de abastecimento pouco eficiente no tratamento ou em sua rede de distribuição. Sirtoli *et al.* (2018) afirma que diversos fatores corroboram para a emergência dessas doenças, como: progressivo aumento da população, grupos populacionais vulneráveis e/ou mais expostos, crescimento urbano desordenado e a necessidade de fabricação de alimentos em grande escala.

O processo de urbanização desencadeou ocupações em lugares de riscos, sendo muitas vezes em morros e em áreas próximas aos corpos hídricos, retirando a mata ciliar ao retorno.

As residências em palafitas são exemplos deste cenário de apropriação do solo e que não existe saneamento básico adequado, principalmente quando se fala de esgotamento sanitário.

Devido à ausência de rede coletora de esgoto, os dejetos são encaminhados ao corpo hídrico mais próximo sem nenhum tipo de tratamento, contribuindo para acelerar o processo de contaminação de determinado curso d'água. Lima *et al* (2020) afirma que o processo de eutrofização está diretamente ligado ao procedimento de contaminação, por serem ambientes de vazão lenta, contribuindo para a proliferação de algas, cianobactérias e bactérias aeróbias, e por estarem em um ambiente com acúmulo excessivo de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, em decorrência do lançamento do esgoto *in natura*. Na Figura 2 são apresentadas imagens relacionadas às habitações que convivem em áreas precárias e sem esgotamento sanitário:

Figura 2 – Palafitas e a situação do esgotamento sanitário



Fonte: Estadão (2021), Vizoni (2015) e MPPA (2019).

Nas imagens apresentadas na Figura 2 é evidente as condições sanitárias vividas pelos moradores de palafitas da Região Norte do país, facilitando a propagação de vetores como ratos, mosquitos, insetos, entre outros. A coloração da água sofre alteração dependendo da localidade, quanto mais próximo das habitações mais intensa é a sua cor devido à presença de esgoto sem tratamento e o cenário de acúmulos de resíduos ao seu entorno. Com a falta de conhecimento dos indivíduos, as crianças utilizam o corpo hídrico como lazer e, em elevadas precipitações, ocorre o aumento do nível do rio, quando a população pode ter contato direto com a água contaminada, prejudicando a saúde de cada ser humano.

No caso dos sistemas de drenagem urbana, existe um déficit de indicadores publicados nas plataformas da União, dos estados e dos municípios devido aos baixos investimentos previstos nesse setor. De acordo com dados do SNIS (2021a), a área urbana possui somente 13,40% de atendimento com este serviço em todo território nacional e o valor fica ainda mais crítico quando se observa por municípios, principalmente, aqueles localizados no Norte do país.

O baixo percentual de acesso a este serviço básico tem trazido grandes prejuízos, em especial, aos moradores das periferias das cidades que sofrem com problemas relacionados à saúde por eventos extremos que ocasionam alagamentos, enchentes e inundações (Fátima *et al.*, 2013). Por se tratar de manejo de água pluvial, a utilização da rede de drenagem para o

encaminhamento do esgoto in natura faz com que o cenário de equilíbrio seja alterado, facilitando o aumento dos casos de doenças relacionadas à carência de manutenção e melhorias nos sistemas de drenagem.

Logo, a carência de manutenção combinada com o processo de operação com baixa eficiência nas unidades da drenagem acabam provocando alagamento no meio urbano, o que torna o ambiente propício para a proliferação de vetores, afetando a qualidade de vida da população.

Na Figura 3 é possível visualizar que saneamento e saúde estão amplamente associados, isto é, quando algum dispositivo de saneamento falha, a saúde pública fica exposta.

Figura 3 – Alagamentos causados em áreas urbanas



Fonte: Santos (2020), G1 Globo (2020) e Freitas (2023).

O que antes serviria apenas para receber o escoamento da água da chuva e transportá-la até determinado corpo hídrico, nos países em desenvolvimento a situação real é diferente, pois existe contribuição do esgotamento sanitário in natura nos canais e bocas de lobo, o que afeta o sistema de drenagem e o curso d'água nele existente. Com isso, quando ocorrem eventos críticos, o nível d'água tende a subir, provocando o transbordamento e alagamento das áreas ao entorno, e a partir dessa situação o ambiente se torna propício para proliferação de vetores.

A importância do gerenciamento adequado de resíduos sólidos está associada à poluição ambiental e visual das cidades brasileiras. Para reduzir esses impactos existem mecanismos para reutilização, redução, repensar, reciclar, entre outros, para diversos produtos, contribuindo para a menor circulação de mercadorias sendo direcionadas aos aterros sanitários. Muitos desses itens podem ser direcionados para centros ou cooperativas que realizam a destinação final ambientalmente adequada.

Desse modo, devido ao elevado acúmulo de resíduos, as prestadoras de serviços, em determinados casos, possuem dificuldades para atender ao grande volume de resíduos gerados pelos moradores, o que irá contribuir para uma coleta deficitária. Esse cenário gera acúmulo de resíduos em pontos conhecidos pelos moradores, o que facilita a propagação e surgimento de vetores, propiciando o aumento de número de casos de doenças como a leptospirose, *A. aegypti*,

entre outros (Silva, 2019). Heller (1997) confirma que a proliferação de vetores e disseminação de microrganismos acarreta na transmissão de infecções.

O acúmulo desses resíduos (Figura 4) espalhados pelos centros urbanos possuem impacto ambiental, visual, no turismo e, principalmente, na saúde pública de cada bairro, município e estado. De acordo com Lovato e Silva (2014), os tomadores de decisão precisam investir e melhorar a gestão dos resíduos sólidos, pois esta questão precisa ser tratada com urgência, em especial, nas regiões metropolitanas.

Os resíduos são gerados nas residências, em pequenos empreendimentos como comércios, escritórios e outros, cuja separação adequada do que pode ser reciclado e reaproveitado não é realizada. Diante disso, o volume do material promove acúmulo em pontos que são conhecidos pelos moradores, pois é visto como terreno sem uso.

Figura 4 – Destinação irregular de resíduos sólidos



Fonte: Aragão (2015), Rodrigues (2016) e Cavallari (2022).

Assim, observa-se que, pela coleta de resíduos não ser expressiva nessas áreas, conseqüentemente, os números de casos de doenças tendem a aumentar, sendo muitas vezes corroborado com outros fatores, em especial, a falta de determinados componentes básico do saneamento.

A partir do que foi discutido em todos os componentes do saneamento básico, no Quadro 1 são apresentadas as doenças de preocupação primária de saúde pública em relação à falta ou carência de um abastecimento de qualidade; coleta, transporte e tratamento de esgoto; manutenção do sistema de drenagem urbana e tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

Quadro 1 – Classificação das doenças e suas principais medidas de controle para a água, esgoto, drenagem e resíduo

Categoria	Infecção	Via dominante de transmissão	Principais medidas de controle
1 – Doenças feco-orais não bacterianas	- Enterobíase - Infecções enteroviróticas - Himenolepíase - Amebíase - Giardíase - Balantidíase	- Pessoal - Doméstica	- Abastecimento doméstico de água - Educação sanitária - Melhorias habitacionais (SAA)
2 – Doenças feco-orais bacterianas	- Febre tifóide e paratífóide - Salmonelose - Disenteria bacilar - Cólera - Diarréia por E.coli - Enterite campylobacteriana	- Pessoal - Doméstica - Água - Alimentos	- Abastecimento doméstico de água - Educação sanitária - Melhorias Habitacionais (SAA)
3 – Helmintos do solo	- Ascariíase - Tricuríase - Ancilostomíase - Estrongiloidíase	- Jardins - Campos - Culturas agrícolas	- Instalação de fossas - Tratamento das excretas antes da aplicação no solo (ES)
4 – Teníases	- Teníases	- Jardim - Campos - Pastagem	- Instalação de fossas - Tratamento das excretas antes da aplicação no solo (ES)
5 – Helmintos hídricos	- Esquistossomose e outras doenças provocadas por Helmintos	- Água	- Instalação de fossas - Tratamento das excretas antes do lançamento da água (ES)
6 – Doenças transmitidas por insetos	- Filariose e todas as infecções mencionadas nas categorias 1 a 5, dos quais moscas e baratas podem ser Vetores - Leptospirose - Demais doenças relacionadas à moradia, à água e às excretas, cuja transmissão ocorre por roedores	- Vários locais contaminados por fezes, nos quais insetos procriam	- Identificação e eliminação dos locais adequados para procriação (DU e RS)

Fonte: Cairncross e Feachem (1990) e Heller (1997).

Essas doenças são alavancadas pelas precariedades dos SAA, SES, DU e do RS nas cidades brasileiras. Problemas de alagamentos, acúmulo de resíduos, água sem tratamento, esgoto exposto nas sarjetas, entre outros, afetam a qualidade de vida da população.

Diante disso, uma das principais ferramentas utilizadas no mapeamento, identificação, quantificação de casos confirmados e, principalmente, criação de banco de dados, é o geoprocessamento, que permite a visualização espacial das áreas mais afetadas com determinadas doenças. Assim, a partir da utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), os tomadores de decisão poderão entender o cenário de cada localidade e adotar medidas específicas para cada setor.

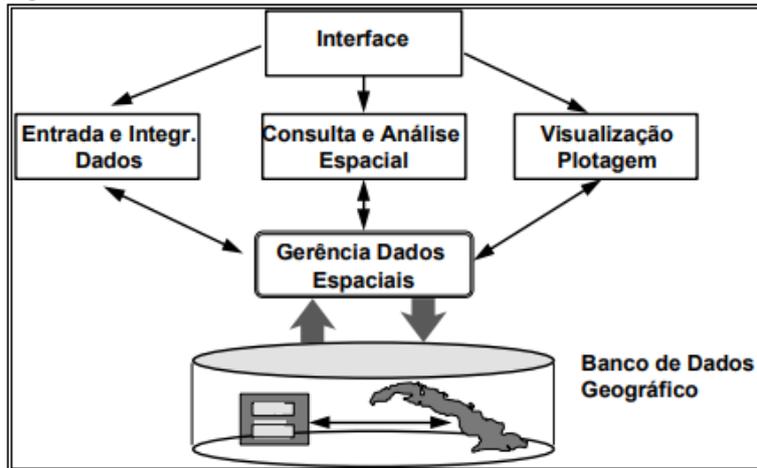
3.3 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é utilizado para coletar, armazenar, analisar, gerenciar e apresentar dados geoespaciais. Ele integra diversas formas de informação com a localização geográfica para facilitar a tomada de decisões em várias áreas, bem como auxiliar no processo de tratamento de informações georreferenciadas a partir de computação de dados geográficos, os quais armazenam a geometria e os atributos dos dados (Carvalho; Câmara, 2004).

De modo geral, o geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de técnicas computacionais necessárias para manipular informações espacialmente referidas, sendo aplicado na saúde pública, saneamento básico e outros sistemas, pois permite o mapeamento de doenças, a avaliação de riscos, o planejamento de ações de saúde e a avaliação de redes de atenção.

É necessário entender a arquitetura da estrutura dos *softwares* até alcançar a criação dos dados vetoriais que serão utilizados nos mapas. O usuário precisa da interface do programa para que seja possível inserir os dados de entrada para integração das informações, depois será realizado o processamento gráfico e de imagens, a penúltima etapa é a visualização e plotagem para finalizar com a criação do banco de dados. A estrutura do sistema pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 – Estrutura do SIG



Fonte: Carvalho; Câmara (2004).

A utilização desse recurso facilita a tomada de decisão dos gestores públicos, além de proporcionar o armazenamento e organização dos dados coletados. Os sistemas de saúde, por exemplo, que armazenam grande quantidade de dados de diversos tipos de doenças, necessitam estabelecer índices para facilitar a tomada de decisão e melhorar a gestão. Com o auxílio dos *softwares* que utilizam o SIG, é possível disponibilizar os dados para o maior número possível de usuários a fim de disseminar a informação.

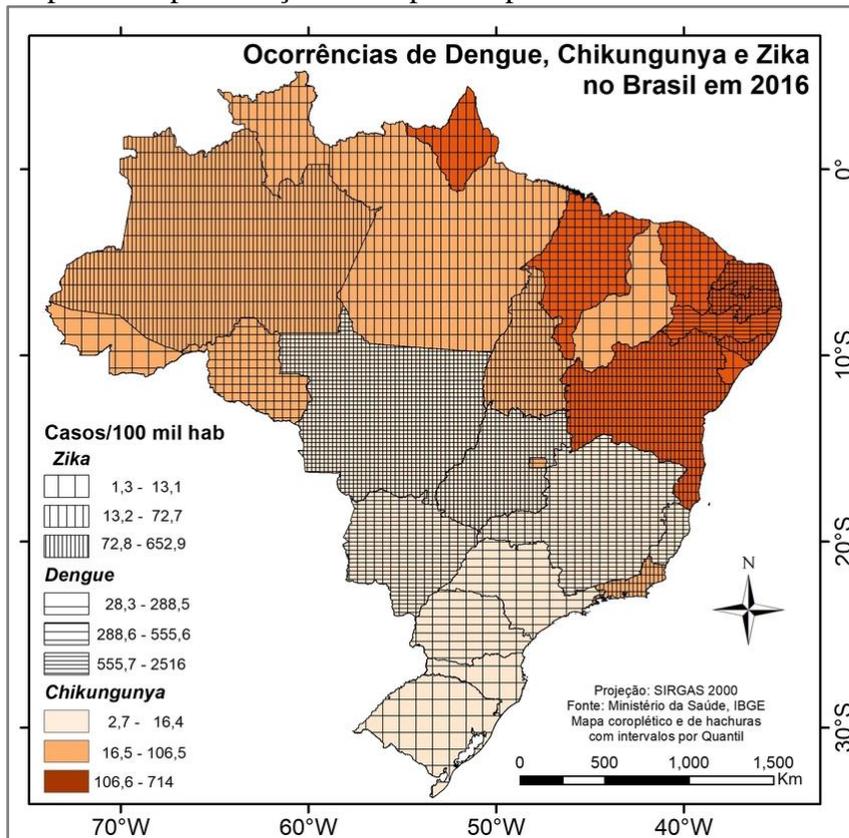
A espacialização georreferenciada de dados permite a apresentação de informações por meio de mapas temáticos (coroplético), gráficos e/ou listas.

3.3.1 Mapa coroplético e de distribuição de pontos

A utilização do mapa coroplético com o auxílio do SIG se originou a partir da demonstração dos problemas em mapeamentos populacionais, em 1938, pelo geógrafo americano John Kirtalnd Wright (Sluter *et al.*, 2011). Nesse tipo de situação, o valor aplicado a uma variável está uniformemente distribuído ao longo do limite das áreas, sejam elas: bairros, municípios, países e outros.

Com isso, o objetivo primordial deste recurso é representar os números de casos de doenças, por exemplo, sobre áreas já delimitadas vetorialmente, permitindo a visualização da dimensão de determinado dado utilizado. No Mapa 1 é apresentado um mapa como exemplo da transformação de um banco de dados de valores para ilustração, facilitando o entendimento para todos os membros da sociedade.

Mapa 1 – Representação do mapa coroplético

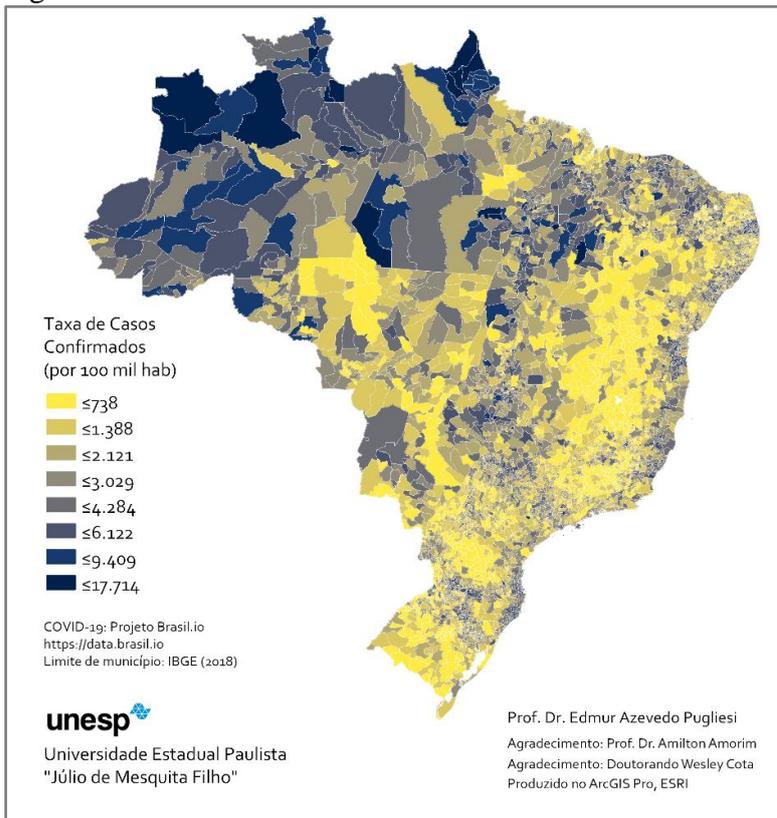


Fonte: VASCONCELOS *et al.* (2017).

Uma planilha eletrônica ou banco de dados pode ser inserida e trabalhada em conjunto com os dados vetoriais georreferenciados de determinada localidade, acrescentando informação para cada item correspondente e, como resultado final, pode ser obtido um mapa contendo informações que facilitem a visualização do problema pertencente àquele espaço. A identificação por meio de ilustração se torna mais eficiente e dinâmica quando comparada com planilhas.

Em contexto global, no período da Covid-19 (Figura 6) esse recurso foi bastante utilizado nas mídias para a apresentação das regiões mais atingidas, juntamente com as cidades e países com maiores incidências de casos e mortes.

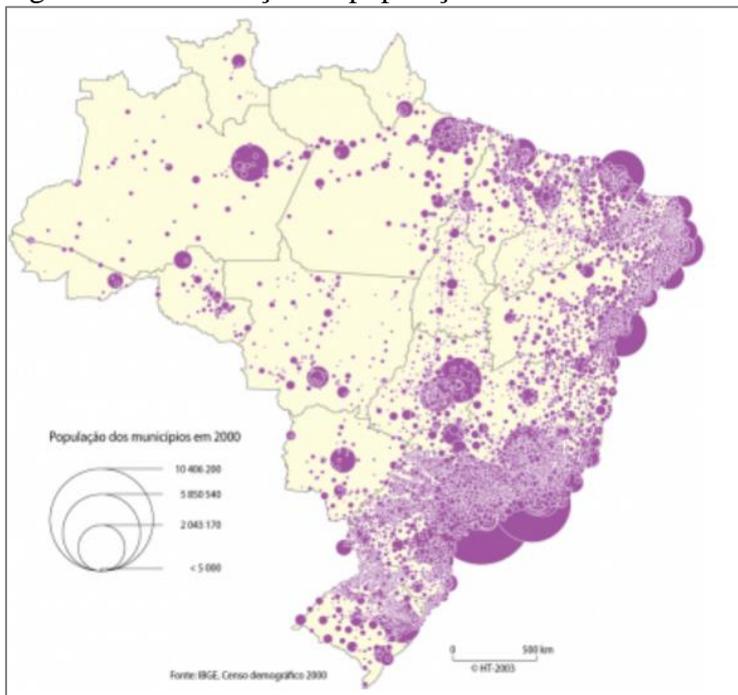
Figura 6 – Taxa de casos confirmados com a COVID-19



Fonte: UNESP (2020).

Essas informações auxiliam na tomada de decisão, pois facilitam a visualização de certos aspectos para os gestores públicos. Em relação ao mapa de distribuição ou densidade de pontos, estes representam por meio da dimensão da circunferência a maior concentração seja de população, quantidade de doenças e outros. Esse tipo de mapa facilita a identificação dos bairros, cidades ou estados que possuem uma maior ou menor densidade de determinado indicador. Na Figura 7 é apresentado um exemplo da distribuição das informações.

Figura 7 – Distribuição da população em 2000



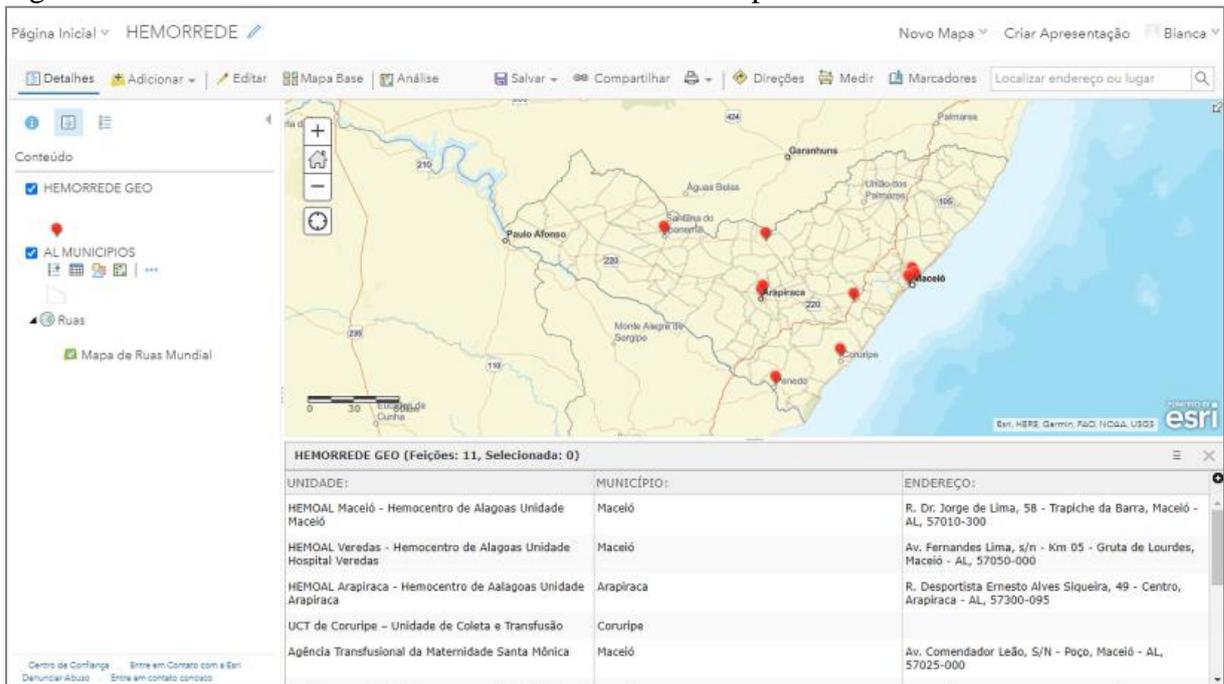
Fonte: Archela *et al.* (2008).

Com isso, esses mecanismos de visualização são fundamentais para estabelecer o planejamento dentro de secretarias ou empresas.

3.3.2 Mapas interativos

O geoprocessamento possui interesse em diversos setores, como a saúde pública e saneamento básico, uma vez que permite uma visão abrangente da saúde dos indivíduos no contexto social, histórico, político, cultural e ambiental que estão inseridos (Ribeiro *et al.*, 2017). O dashboard vem sendo utilizado dentro do geoprocessamento com intuito de facilitar a visualização dos dados, criação de banco de dados e tomada de decisão, sendo todas as funções podendo ser modificadas em tempo real. De acordo com Araújo (2005), esse tipo de sistema, *WebMap*, *WebGIS* e *Dashboards*, por exemplo, oferece oportunidade de criar repositórios que permitam operações de consultas e de atualizações da informação geográfica em qualquer território, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Camada da Hemorrede visualizada no Web Mapa do ArcGIS Online



Fonte: Silva (2021).

Os mapas interativos funcionam em plataformas digitais, muitas vezes, sem a necessidade de baixar qualquer software. Esses mapas têm a finalidade de facilitar o manuseio das informações online, porém, o autor precisa pagar mensalidade para hospedar os dados e eles se tornarem visíveis para todos. A vetorização dos dados e a extensão *shapefile* são fundamentais quando são objetos mais restritos a uma localidade, como bairros, ruas e comércios, pois a maioria dos dados disponibilizados dependem de plataformas governamentais para atualizar tais elementos.

Para a construção de mapas interativos, como os *Dashboards*, alguns critérios precisam ser seguidos para que o método seja alimentado de maneira correta e forneça informações eficazes. De acordo com Carrad (2022), é necessário:

- Importação de dados;
- Definição dos objetivos do Dashboard;
- Definição das variáveis envolvidas;
- Preparação dos dados;
- Construção do modelo; e
- Operacionalização.

A partir da criação e levantamento de informações básicas até a operacionalização do sistema, o exemplo na Figura 9 apresenta o *dashboard* que contém as principais informações.

Figura 9 – Dashboard interativo



Fonte: Carrad (2022).

Com o desenvolvimento de várias técnicas que facilitam a tomada de decisão do poder público, cabe aos gestores utilizarem esses mecanismos e os aplicarem em suas ações, a fim de melhorar o atendimento. Segundo Martins, Pinto e Silva (2022), a eficácia desses indicadores depende de processos comunicacionais efetivos que envolvam governos, sociedade e mercado.

Os autores destacam a importância dos indicadores para a comunicação pública com os membros da sociedade e sua transparência com os dados voltados para o saneamento básico e saúde pública. Portanto, a implementação desses mecanismos facilita a identificação das medidas estruturais e estruturantes necessárias para a tomada de decisão do gestor público.

3.4 Medidas estruturantes ou não estruturais

De acordo com Brasil (2023), as medidas estruturantes ou não estruturais estão relacionadas ao planejamento, gestão e sustentabilidade, importantes na prestação dos serviços de saneamento básico e/ou saúde pública nos municípios brasileiros, baseando-se na análise dos indicadores, alcances de metas e busca de constante aprimoramento e eficiência para o atendimento.

As ações estruturantes são fundamentais para proporcionar uma melhor sustentabilidade ambiental, econômica e social na infraestrutura existente do saneamento básico e nas unidades de saúde, desde que o poder público se condicione para captar investimentos e distribuir nesses territórios que apresentam déficit no planejamento estratégico, o que dificulta a real necessidade

daquela localidade. Essas medidas podem ser adotadas em diversos eixos e de formas diferentes, e uma das mais comuns é a aplicação de plataformas interativas que possuem um banco de dados de informações que são filtradas para melhor identificação do público-alvo.

A integração das políticas públicas é um grande desafio, visto que os órgãos não possuem comunicação interna e automatizada entre as plataformas digitais para verificar qual unidade de saúde necessita de mais recursos, médicos e outros equipamentos, assim, gera um enfraquecimento e sobrecarrega os trabalhadores daquela localidade.

3.4.1 *Dashboard* Interativo

A ferramenta *Dashboard* é de fundamental importância na disseminação de informações relacionadas ao saneamento básico e saúde pública. Por conseguinte, esse mecanismo se torna um importante recurso de gestão, possibilitando a melhor visualização e tomada de decisão dos gestores públicos.

O *Dashboard* pode ser definido como uma diversidade de informações em um único painel de controle de maneira concentrada, podendo ser elaborado por meio de várias ferramentas distintas, não sendo uma aplicação exclusiva de um único software, porém, utilizando o recurso de diversas outras plataformas em uma só (Bombarda *et al.*, 2020).

As principais vantagens de uma plataforma interativa apresentam as seguintes características:

- Visualização compacta das informações de saneamento básico e saúde pública;
- Auxílio na tomada de decisão dos gestores públicos;
- Monitoramento do déficit de atendimento com os componentes do saneamento básico;
- Captação de recursos;
- Quantidade de leitos, casos confirmados de doenças, números de enfermidades e outros;
- Automação no processo;
- Filtragem de informações; e
- Banco de dados.

Durante o período da pandemia da COVID-19, observou-se o crescimento de plataformas que disponibilizavam os números de infectados em tempo real. Exemplo disso, a World Health Organization (2020) elaborou um *Dashboard* interativo com os dados de espalhamento da doença nos países, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – *Dashboard* para monitoramento da COVID-19 no mundo



Fonte: World Health Organization (2020).

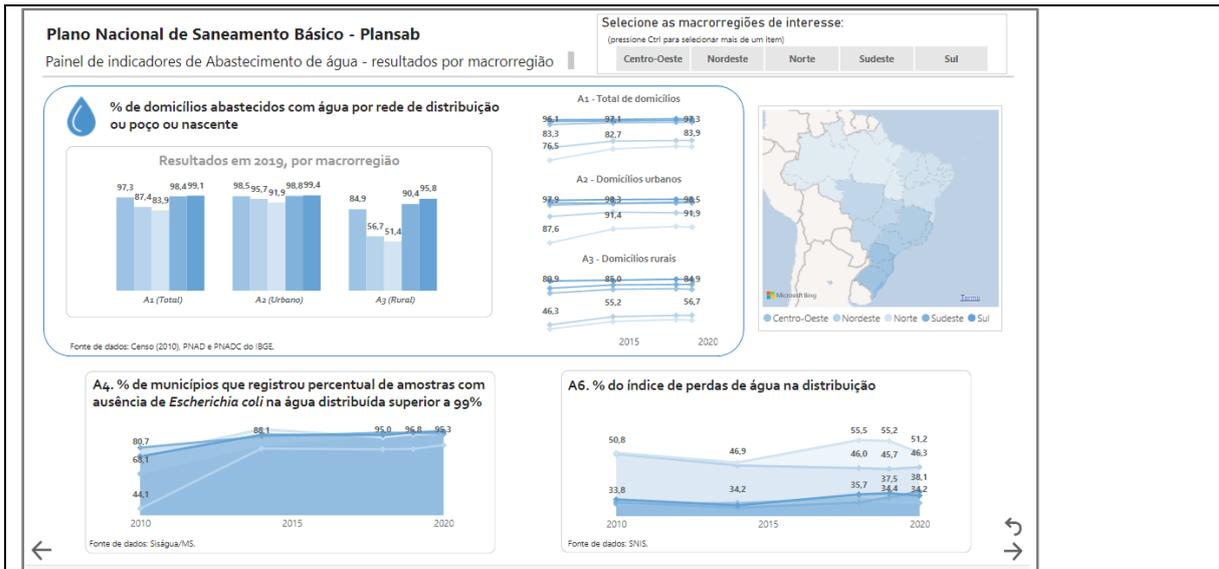
A escolha da ferramenta depende do nível de familiaridade e das necessidades específicas do projeto. Algumas das ferramentas mais utilizadas para criar *dashboards* incluem:

- Microsoft Power BI: Popular para visualizações interativas e integração com diversas fontes de dados;
- Tableau: Oferece grande flexibilidade em visualizações e é altamente interativo;
- Google Data Studio: Integrado com outras ferramentas do Google, é uma opção gratuita e acessível; e
- Excel: Para soluções mais simples, o Excel ainda é uma ferramenta poderosa com suas funcionalidades de tabelas dinâmicas e gráficos.

Não distante, o Ministério das Cidades está utilizando esse tipo de navegação a fim de facilitar o manuseio dos dados e o entendimento para os pesquisadores, jornalistas e tomadores de decisões, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Painel interativo de indicadores de acesso ao saneamento básico





Fonte: Brasil (2024).

3.5 Medidas estruturais

De acordo com Silva *et. al* (2021), as medidas estruturais estão associadas às ações de controle das estruturas físicas para um determinado eixo temático, como, por exemplo, o saneamento básico e a saúde pública, que em muitas localidades não possuem essas infraestruturas e em outras já ocorrem a implementação de obras de abastecimento de água, esgoto sanitário, macrodrenagem e custos de operação dos sistemas de manejo das águas pluviais, resíduos sólidos, criação de unidades de saúde e outros.

A fim de validar tal conceito, o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) traz como definição que as medidas estruturais são aquelas que apoiam a infraestrutura do setor, tais como a execução de obras e aquisição de equipamentos para o abastecimento de água potável; esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2023).

Com o Novo Marco do Saneamento já mencionado anteriormente, os setores da engenharia e arquitetura estão sofrendo mudanças quando relacionado ao saneamento básico no país, sobretudo pelas experiências de regionalização implementadas e a transferência dos serviços para o setor privado, o que traz implicações diretas sobre o cumprimento das metas originalmente estabelecidas pelo Plansab. Além disso, esta legislação possui alguns estraves, principalmente quando se reduz a importância das ações estruturantes e aumenta o destaque para as medidas estruturais. Com isso, são necessárias ações nas estruturas físicas para melhor atender todos os consumidores que utilizam de todos os serviços básicos, sejam eles de saneamento ou saúde pública.

4 METODOLOGIA

O presente estudo é do tipo bibliográfico, pois foi elaborado a partir da coleta de dados em documentos da Secretaria Municipal de Saúde (SESMA) de Belém, com caráter quantitativo para quantificar as informações apresentadas nos relatórios de número de casos confirmados para os anos de 2015-2022:

- a) Dengue;
- b) Chikungunya;
- c) Vírus Zika;
- d) Leptospirose;
- e) Febre Amarela;
- f) Hepatite Vírus-A;
- g) Doenças Diarreicas Agudas (2017 e 2018)¹.

Essas doenças foram associadas à carência de saneamento no DAGUA. Os períodos foram definidos de acordo com os anos disponíveis e os valores de casos confirmados na SESMA.

A partir disso, o presente capítulo contém a área de estudo, os procedimentos metodológicos e as etapas desenvolvidas ao longo da pesquisa para a execução dos objetivos pretendidos. Isso possibilitou o mapeamento dos bairros do município de Belém, estado do Pará, que possuem maiores número de casos confirmados de doenças causadas pela falta de saneamento básico.

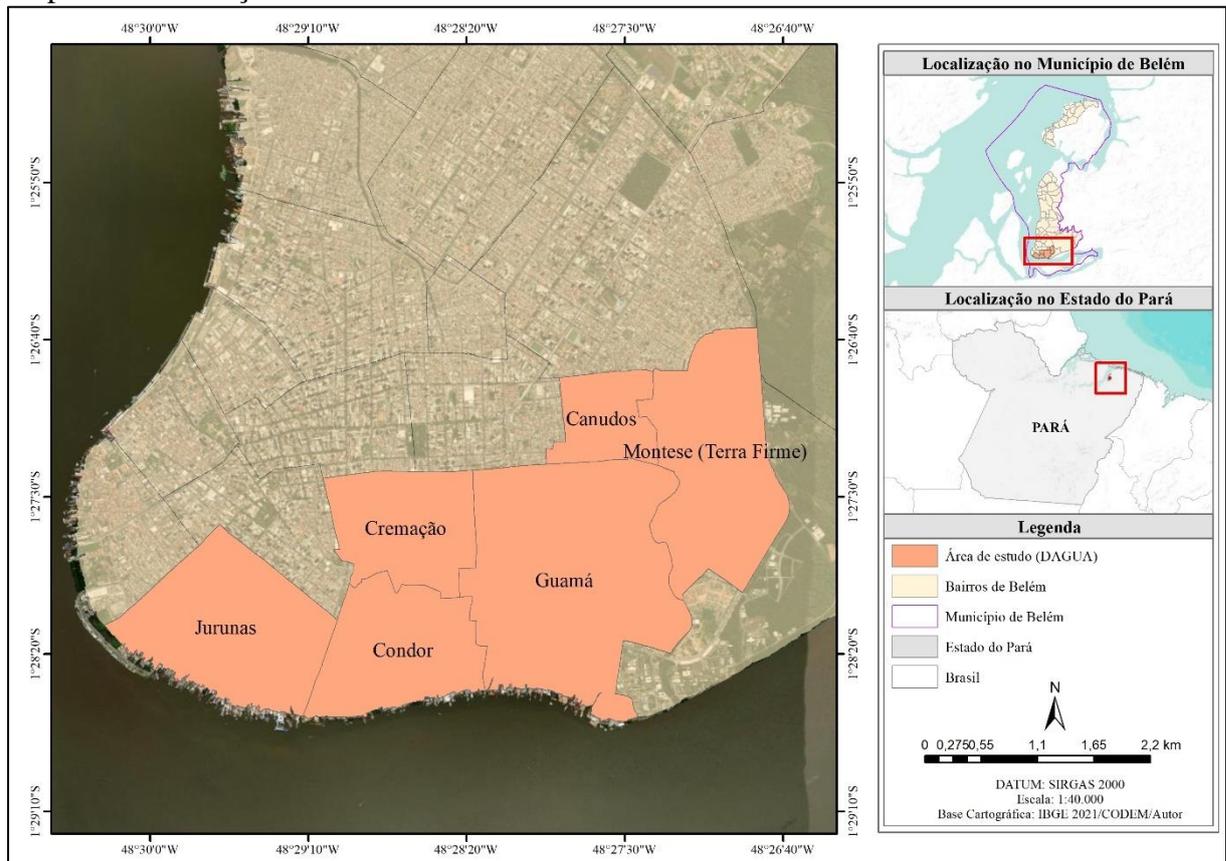
4.1 Área de estudo

O DAGUA, que engloba os bairros de Canudos, Condor, Cremação, Guamá, Jurunas e Montese (Terra Firme), pertencentes ao município de Belém, capital paraense, foi escolhido como área de estudo (Mapa 2) devido a sua elevada concentração demográfica, em especial, o bairro do Guamá, o que motivou a execução deste trabalho.

O município está inserido na Região de Integração (RI) Guajará, mesorregião metropolitana de Belém e microrregião de Belém, tendo sua coordenada sede em latitude de 1°27'18" Sul e longitude 48°30'9" Oeste (Fapespa, 2022).

¹ A SESMA forneceu as informações que continham no seu banco de dados no período de 2017 e 2018 para as doenças diarreicas agudas, foi levantado o questionamento sobre os outros anos, porém o setor responsável informou que os dados disponíveis foram os repassados.

Mapa 2 –Localização da área de estudo

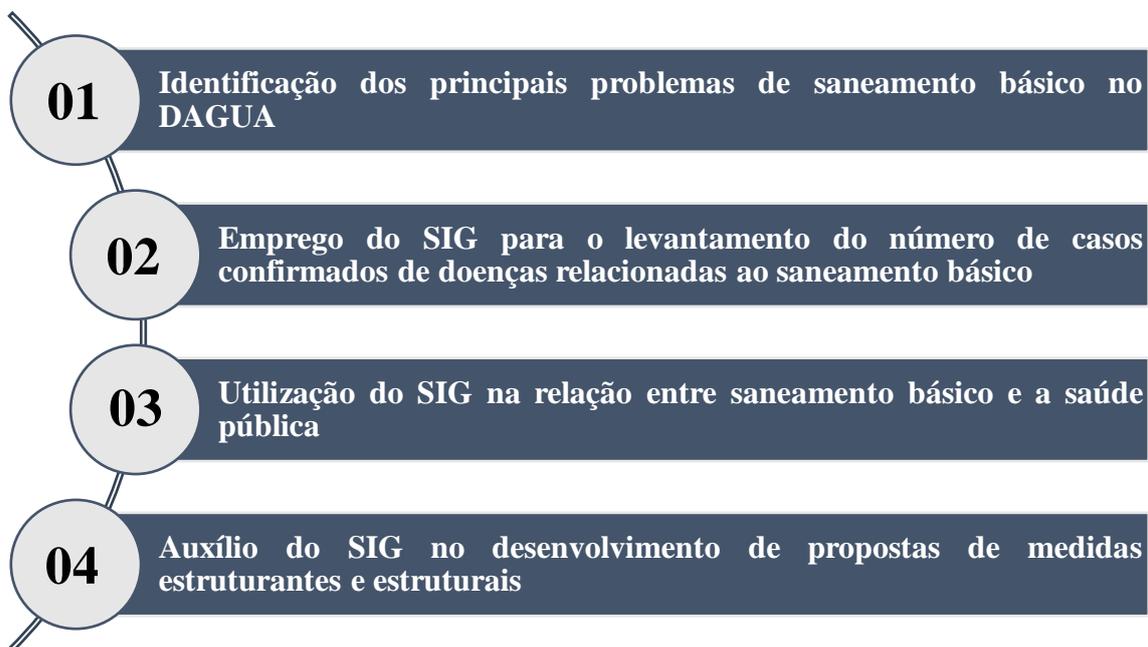


Fonte: Autor (2024).

O município em que a área de estudo pertence possui limites municipais com a Baía do Marajó (Norte); municípios de Ananindeua, Santo Antônio do Tauá e Santa Bárbara do Pará (Leste); município do Acará (Sul) e Baía do Guajará (Oeste). A capital paraense possui extensão territorial de 1.059,466 km², população estimada em 1.506.420 habitantes no ano de 2021 (Brasil, 2021c).

Os distritos administrativos realizam o agrupamento dos bairros da cidade, ajudando no planejamento estratégico e diagnosticando os bairros que necessitam de investimento na saúde pública, saneamento básico e infraestrutura, bem como o crescimento populacional e distribuição de renda. Na Figura 12 são apresentadas as etapas da pesquisa.

Figura 12 – Etapas da pesquisa



Fonte: Autor (2024).

As etapas da pesquisa serão detalhadas durante os itens destinados para cada fase, bem como serão apresentados os materiais e métodos que serão utilizados e desenvolvidos.

4.2 Etapa 01 – Identificação dos principais problemas de saneamento básico no DAGUA

Na primeira fase da pesquisa foi realizado o levantamento e análise da atual situação do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana) nos bairros pertencentes ao DAGUA do município de Belém.

O cenário é resultante dos registros fotográficos realizados *in loco*, dados disponibilizados em plataformas oficiais e informações coletadas do PMSB do município de Belém.

- No abastecimento de água, foram levantados dados a partir das visitas técnicas nos setores da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) para verificar a disposição das redes de água, realizar o registro fotográfico das unidades de distribuição e tratamento de água e pesquisas nas plataformas midiáticas sobre a falta de água e a sua qualidade nas casas dos moradores, a fim de identificar as principais complicações;
- Para o esgotamento sanitário, a identificação ocorreu por meio de consultas nos cadastros das redes coletoras e das ETEs que atendem a área de estudo que foram repassados pela COSANPA;

- c) No que tange à drenagem urbana, os pontos suscetíveis a alagamentos e as áreas de riscos apresentados no PMSB de Belém e na plataforma da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) facilitam na identificação das principais problemáticas para esse componente; e
- d) Em relação aos resíduos sólidos, os pontos de coleta seletiva disponibilizados na plataforma digital da Prefeitura foram mapeados para identificar se estão presentes na área de estudo. Ademais, as publicações nos veículos midiáticos sobre o cenário atual dos resíduos sólidos em Belém auxiliaram na identificação dos principais problemas que estão relacionados à coleta, tratamento e disposição final dos resíduos.

Os dados e as informações foram necessários para delimitar a área de estudo e embasar o levantamento do saneamento básico dos bairros em estudo. As informações cartográficas foram coletadas nas plataformas digitais do IBGE, no subitem malhas cartográficas para a delimitação do município e estado, a divisão administrativa do município de Belém se encontra disponível na sede da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM) e pelo endereço digital da prefeitura.

O levantamento do saneamento em campo e a separação dos dados cartográficos do atual cenário do saneamento básico, as informações foram manuseadas e georreferenciadas por meio dos *softwares* AutoCAD 2018, ArcMap 10.5 e QGIS 3.26.3, com base no *DATUM SIRGAS* 2000, a fim de elaborar os mapas temáticos com destaque para as principais abordagens em cada sistema.

Com os registros *in loco* e seus respectivos pontos mapeados, foi possível apresentar a situação real do cenário do saneamento básico pertencente ao DAGUA, e quais são os bairros que possuem maior deficiência desses serviços, podendo causar maior impacto na qualidade de vida do meio social e ambiental.

4.3 Etapa 02 – Emprego do SIG para o levantamento do número de casos confirmados de doenças relacionadas ao saneamento básico

Para a segunda etapa, a análise deste item ocorreu a partir da utilização do SIG para levantar dados de casos confirmados das doenças relacionadas ao saneamento básico nos bairros pertencentes ao DAGUA. Os dados para elaboração do estudo foram solicitados por meio de ofício e abertura de processo no Núcleo de Extensão e Pesquisa (NEP) pertencente à Secretaria Municipal de Saúde (SESMA) de Belém. A partir disso, os dados e doenças por

bairros foram repassadas pela Departamento de Vigilância a Saúde (DEVS) no período de 2015-2022.

As DDA possuem período diferente das demais, pois os dados repassados pela SESMA são apenas do período de 2017 e 2018. Logo, optou-se em utilizar esses dados devido a importância dessa doença que é comum em comunidades periféricas e sem saneamento básico.

Com o fornecimento dessas informações, foi construído o banco de dados para cada patologia em estudo. A primeira etapa da organização ocorreu com auxílio do *Excel* para que, posteriormente, os dados vetoriais fossem inseridos no *software* ArcGIS. As informações inseridas na base de dados foram georreferenciadas e incorporadas em base cartográfica para possibilitar a construção dos mapas de pontos em cada cenário das doenças apresentadas.

4.4 Etapa 03 – Utilização do SIG na relação entre saneamento básico e a saúde pública

Nesta etapa, o SIG foi fundamental na comparação dos dados levantados na primeira etapa com o banco de dados da SESMA na segunda etapa, para verificar os bairros que são mais afetados com a carência de saneamento básico e valores de casos confirmados das respectivas doenças. A partir disso, foram elaborados mapas com auxílio dos *softwares* ArcGIS e QGIS, para relacionar os problemas de saneamento básico encontrados com a quantidade de casos confirmados por bairro das seguintes doenças: dengue, Chikungunya, Doenças Diarreicas Agudas, Vírus Zika, leptospirose, febre amarela e Hepatite Vírus-A. A coloração mais intensa foi utilizada para aquelas localidades com número de casos confirmados elevados.

A utilização deste recurso visa facilitar a tomada de decisão dos gestores públicos para minimizar tal incidência dessas doenças e promover o melhor bem-estar de toda a população daquela localidade. No comparativo, somente foram utilizados os componentes do saneamento que estão diretamente associados ao aumento do número de casos confirmados, por isso, não se utilizou todos os eixos pertencente ao saneamento básico.

4.5 Etapa 04 – Auxílio do SIG no desenvolvimento de propostas de medidas estruturantes e estruturais

Por fim, nesta última etapa, o SIG auxiliou nas propostas de medidas estruturantes e estruturais. Para as medidas estruturantes, as propostas estão atreladas a programas, capacitação e aperfeiçoamento dos gestores públicos, para que os tomadores de decisão possam identificar,



a partir dos dados e mapas fornecidos, quais são os pontos mais vulneráveis com o saneamento básico e a saúde pública e, assim, consigam arrecadar e investir nessas áreas mais que vivenciam esse cenário de insalubridade.

A implantação de *Dashboard* é uma alternativa viável para que os gestores públicos utilizem esses recursos para tomar as decisões necessárias para o saneamento básico e saúde pública no DAGUA. Com este recurso, é notória a compactação de informações e visualização por meio de mapas interativos o cenário que se encontra os bairros pertencentes a esse estudo.

No que tange às medidas estruturais, no trabalho foram propostas ações para intervenções físicas nas áreas a serem atendidas com sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos. Essas obras necessitam de investimentos por parte do poder público para atender o que é previsto na Lei 14.026, de 15 de julho de 2020.

Assim, com o detalhamento dos eixos/programas temáticos pertencentes ao PPA (2022-2025), foram apresentadas medidas cabíveis para amenizar a precariedade do saneamento básico e reduzir os casos de doenças associadas ao saneamento, a fim de assegurar a melhor qualidade de vida da população e redução dos casos de doenças para a área do DAGUA.

5 RESULTADOS

5.1 Etapa 01 – Etapa 01 – Identificação dos principais problemas de saneamento básico no DAGUA

O DAGUA possui maior adensamento urbano devido à elevada concentração de habitantes por metro quadrado, de acordo com os dados disponibilizados pela SESMA. Verificou-se que, no ano de 2018, a população estimada era de 337.181 habitantes para os seis bairros, a maior quando comparada com os demais distritos.

Devido a esse cenário, muitas vezes, a população convive em moradias inadequadas, insalubres, com ausência de saneamento básico e dificuldade ao acesso dos serviços básicos de saúde. Por conta disso, determinada parcela do corpo social apresenta quadros básicos, médios e graves de patologias relacionadas à qualidade da água para consumo humano, exposição com esgoto a céu aberto, contato direto com as águas em período de alagamentos e acúmulo de resíduos sólidos nas redondezas.

A partir dessas problemáticas, verificou-se que o saneamento no DAGUA apresenta deficiências no atendimento e qualidade dos serviços, principalmente, quando comparado aos demais componentes estabelecidos pela Lei nº 11.445/2007. Diante disso, em toda extensão territorial estabelecida pela CODEM foram mapeados e realizados levantamentos fotográficos, apresentando os setores de abastecimento, ligações irregulares de esgoto, canais de drenagem e disposição irregular de resíduos. As informações apresentadas acima podem ser comprovadas com as publicações de notícias sobre o saneamento nos bairros do estudo, conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Notícias publicadas nos veículos de comunicação sobre o saneamento no DAGUA

<p>01/02/2016 16h05 - Atualizado em 01/02/2016 16h34</p> <p>Moradores reclamam da falta de saneamento no bairro do Guamá</p> <p>População da passagem Beira Rio sofre com a falta da rede de esgoto. Prefeitura diz que vai visitar o local na próxima semana.</p>	<p>Comunidade denuncia descarte irregular de lixo nos bairro do Telégrafo e Guamá, em Belém</p> <p>Prefeitura de Belém informou que jogar lixo domiciliar ou entulho, independentemente, em via pública, é crime ambiental e gera multa e até prisão.</p> <p>Por G1 PA - Belém 25/08/2020 17h00 - Atualizado há 3 anos</p>
<p>23/05/2016 16h15 - Atualizado em 23/05/2016 16h16</p> <p>Moradores do Jurunas denunciam a falta de saneamento no local</p> <p>População da travessa Honório José dos Santos sofre com a lama e mato alto. Prefeitura diz que já está programada a limpeza da rede de drenagem.</p>	<p>Abastecimento de água é interrompido no Jurunas, em Belém, nesta terça, 24</p> <p>Confira os pontos do bairro que serão afetados.</p> <p>Por G1 Pará 24/05/2022 18h08 - Atualizado há um ano</p>

Moradores da passagem Nova, na Terra Firme, reclamam da falta de saneamento básico

No período chuvoso, alagamentos e o esgoto a céu aberto levam prejuízo para as residências da área.

Por G1 PA — Belém
04/01/2018 18h00 · Atualizado há 5 anos



Moradores do bairro de Canudos reclamam do fornecimento irregular de água

Casas na travessa Nina Ribeiro estão com problema no fornecimento de água há três meses. Cosanpa informou que local deve receber uma nova rede de distribuição no primeiro semestre de 2019.

Por G1 PA — Belém
23/11/2018 19h09 · Atualizado há 4 anos



Fonte: G1 Globo (2023).

Diante das publicações em relação às condições sanitárias na área de estudo, será apresentada a situação atual do DAGUA, no município de Belém, em relação aos quatro componentes do saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos.

5.1.1 Abastecimento de água

O abastecimento de água no DAGUA é prestado pela COSANPA, que possui estratégia de atendimento delimitada por Unidade de Negócio (UN). A área de estudo é constituída pelos seguintes setores de abastecimento de água: 4º, 6º, 7º e 8º (Mapa 3), os quais são especializados por todo o território, possuindo unidade de reservação, tratamento e distribuição da água tratada para as residências pertencente à zona de abrangência de cada setor.

Mapa 3 – Identificação dos setores de abastecimento pertencentes ao DAGUA



Fonte: Autor (2024).

É válido comentar que a delimitação da UN-SUL não corresponde ao distrito administrativo criado pelo município de Belém. Com isso, alguns setores não são totalmente atendidos e outros recebem contribuição de setores que estão fora da zona delimitada. Portanto, para o estudo, foram considerados somente os seguintes setores:

- 4º Setor: Guamá, parte da Cremação e parte da Condor (todos pertencentes à área de estudo);
- 6º Setor: São Brás, Canudos, Fátima, parte do Marco, parte da Terra Firme, parte do Guamá, parte da Pedreira e parte do Umarizal (somente os bairros de Canudos, Terra Firme e Guamá pertencem à área de estudo);
- 7º Setor: Terra Firme e Universitário (somente o bairro da Terra Firme pertence à área de estudo); e
- 8º Setor: Jurunas, Condor, Cremação e parte da Batista Campos (somente o bairro da Batista Campos não pertence ao DAGUA).

Assim, os principais problemas relacionados ao abastecimento de água na área de estudo se encontram em toda a distribuição da água pelas redes ao longo do território, visto que, em muitas localidades, existem redes de água que passam por dentro de canais, expostas, com vazamentos e fissuras. Logo, essa situação afeta a qualidade da água que passou por processo de tratamento, o que interfere no aumento de doenças de veiculação hídrica por conta dessa falha no sistema.

Essa problemática se torna ainda maior quando os setores responsáveis pelo abastecimento não realizam manutenções e limpezas periódicas, mesmo exigidas pela secretaria ambiental como condicionante na licença de operação. Com isso, as unidades de tratamento e distribuição de água necessitam de inspeções técnicas constantes por serem responsáveis pelo transporte da água que será ingerida por grande parcela da sociedade.

Dentre as duas unidades, a distribuição se encontra mais suscetível a sofrer alterações antrópicas ou naturais, alterando a potabilidade da água para consumo humano. Diante disso, foi realizado o levantamento fotográfico de todos os setores com suas respectivas unidades que abastecem o DAGUA, a fim de identificar as problemáticas que podem intervir na prestação do serviço, bem como na alteração da qualidade da água. Na Figura 14 é apresentado o registro fotográfico das unidades dos setores que são responsáveis pelo atendimento da área de estudo.

Figura 14 – Situação das unidades dos setores que abastecem o DAGUA

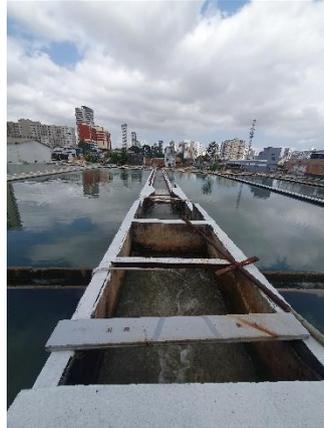
Continua



6° Setor



Adução de Água Bruta (AAB) –
Vem da EAB Utinga



Decantador (ETA São Brás)



Filtro que se tornou
caixa de passagem
(ETA São Brás)



Filtro (ETA São Brás)



Filtros em funcionamento
(ETA São Brás)



Tambor de
armazenamento de cloro
para desinfecção
(ETA São Brás)



Elevatória de Água Tratada (EAT)
– Vem da ETA Bolonha



RAP em funcionamento e REL
sem funcionamento



EAT – Vem da ETA São
Brás e segue para
distribuição dos demais
setores

Conclusão

7º Setor		
<p>Poço 01 (Captação de água)</p>	<p>Poço 02 (Captação de água)</p>	<p>Poço 03 (Captação de água)</p>
<p>Aerador</p>	<p>Filtros</p>	<p>RAP e REL</p>
8º Setor		
<p>AAT que vem da ETA Bolonha – Chegando no RAP</p>	<p>Estação elevatória</p>	<p>REL</p>
<p>Depósito</p>		

Fonte: Autor (2024).

É importante entender o funcionamento e as unidades existentes nos setores, principalmente, aquelas necessitadas de melhorias. Esse tipo de cenário afeta todo o sistema de abastecimento, desde as paradas esporádicas, distribuição e a qualidade da água para a população.

A principal problemática está presente na rede de distribuição, já que, muitas vezes, a equipe operacional não possui total controle dos vazamentos, de redes antigas, ligações clandestinas e outras problemáticas que possam surgir durante o fornecimento da água tratada até as residências.

A Figura 15 demonstra o quão perigoso é o encaminhamento de uma rede de água tratada dentro de um canal de drenagem. Essa situação fica ainda mais crítica quando é comprovado que os esgotos in natura são lançados nesse dispositivo, embora deva ser exclusivamente das águas pluviais. Essas redes estão expostas e propícias, em momento de extravasamento do canal, em adentrar por meio de fissuras e contaminar todo o abastecimento de um setor ou de diversos setores.

Figura 15 – Redes de abastecimento de água tratada em situação de vulnerabilidade



Fonte: Autor (2024).

No registro fotográfico é notória a coloração mais escura da água no canal. É evidente que, nesse trecho, ocorre lançamento de esgoto sem tratamento constante por um longo período, trazendo forte odor, acúmulo de sujeira e aparecimento de roedores, o que contribui para a criação de focos de novas doenças naquela área.

Outro mecanismo de comprovação dos problemas relacionados à água nos bairros pertencentes ao DAGUA pode ser verificado nas plataformas digitais dos principais canais de comunicação da cidade, conforme apresenta a Figura 16.

Figura 16 – Identificação dos principais problemas de abastecimento segundo as plataformas digitais

<p>Bairro do Guamá, em Belém, fica sem água neste domingo (5) e segunda (6)</p> <p>O fornecimento de água deve retornar apenas ao meio dia desta segunda (6).</p> <p>Por g1 Pará — Belém 05/06/2022 10h46 - Atualizado há um ano</p>	<p>Bairros de Belém ficam sem água nesta quarta-feira, 2; saiba quais</p> <p>Terra Firme, Canudos e Marco terão o serviço interrompido. A cidade de Marapanim também terá abastecimento de água suspenso.</p> <p>Por g1 Pará — Belém 02/08/2023 09h56 - Atualizado há 9 meses</p>
<p>'Só dá para lavar o chão', diz denúncia sobre a água que abastece o bairro do Guamá, em Belém</p> <p>Moradores afirmam que a água tem cheiro forte e coloração amarelada</p> <p></p> <p>Carolina Mota 25.11.22 10h09</p>  <p><small>Em: Na imagem, um balde cheio de água com coloração amarelada. / Foto: O Realizar / Água com odor forte (Foto: O Realizar / Água com odor forte)</small></p>	

Fonte: G1 Pará (2022), G1 Pará (2023) e O Liberal (2022).

A paralisação no SAA é uma situação que pode desencadear uma crise significativa em qualquer comunidade, por problemas de manutenção, falhas técnicas, desastres naturais ou problemas administrativos. Sendo assim, a interrupção no fornecimento de água potável impacta profundamente o dia a dia das pessoas e coloca em risco a saúde pública.

Com isso, a paralisação do SAA, principalmente, sem aviso prévio, afeta diretamente atividades essenciais como beber, cozinhar, tomar banho, lavar roupas e limpar alimentos. Em poucas horas sem água, as condições de higiene começam a se deteriorar, aumentando o risco de infecções e doenças. As escolas, hospitais e outras instituições públicas enfrentam enormes desafios operacionais, comprometendo o atendimento à população.

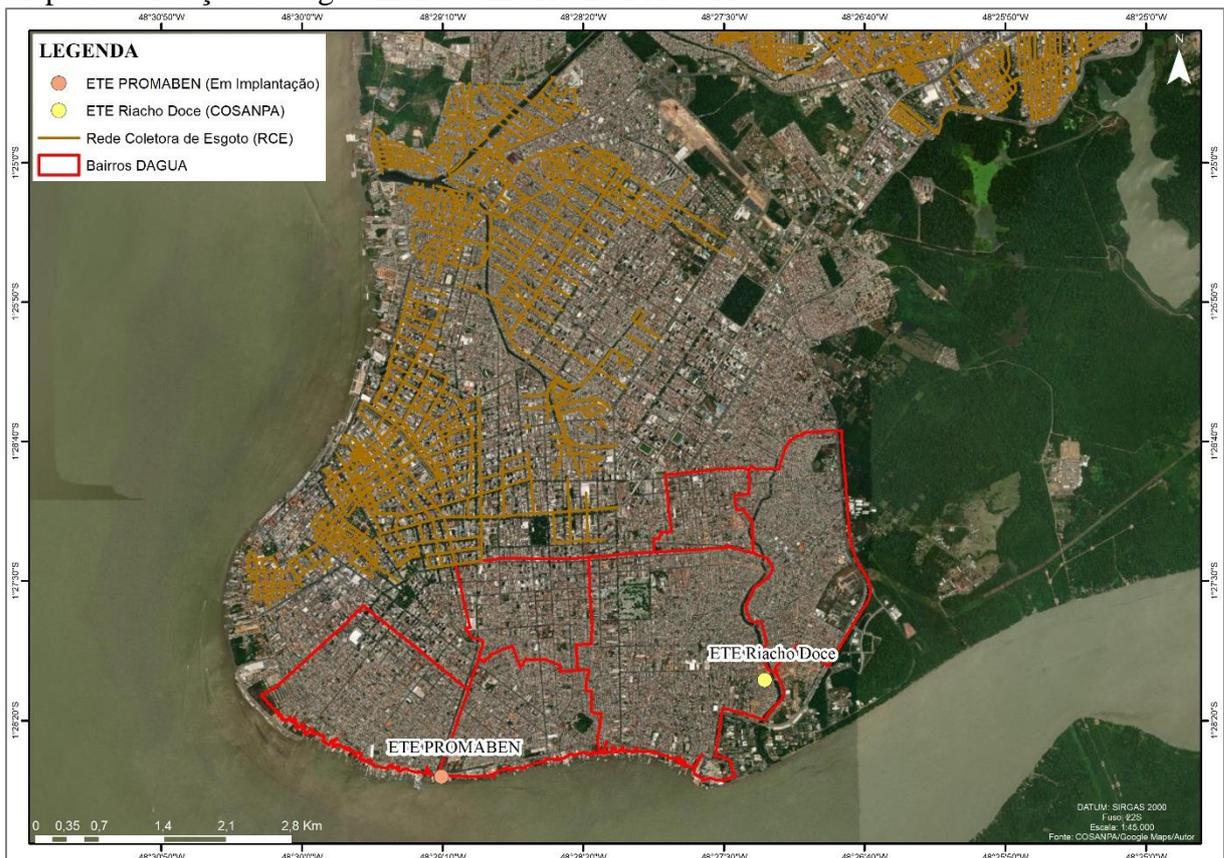
A interrupção no fornecimento de água potável pode levar ao consumo de água de fontes não seguras, como poços contaminados, rios ou tanques improvisados, expondo as pessoas a uma série de doenças de veiculação hídrica.

5.1.2 Esgotamento sanitário

Esse componente do saneamento ainda é considerado um problema para a capital paraense, principalmente, no DAGUA. Apesar dos investimentos crescentes no setor de abastecimento de água, o esgoto sanitário não recebeu a devida importância, visto que a prestadora de serviço pouco menciona a evolução no processo de instalação de redes coletoras e implantação de ETE ao longo de seu território de atendimento.

Na área de estudo é possível verificar que existe uma ETE já instalada e outra em processo de implantação na área. É importante mencionar que as estações não são projetadas para atender toda a área da pesquisa, com isso, torna-se evidente que bairros com maior adensamento urbano, consequentemente, possuem uma elevada geração de esgoto, conforme pode ser observado no Mapa 4.

Mapa 4 – Situação do esgotamento sanitário no DAGUA



Fonte: Autor (2024).

É possível identificar que os bairros pertencentes à área de estudo não são contemplados com as redes coletoras de esgoto, o que corrobora para o lançamento in natura nos corpos hídricos, em canais e, muitas vezes, no próprio meio-fio das ruas. Em situações críticas como em dias de elevadas precipitações, o lançamento inadequado de esgoto nos canais potencializa

o contato da população com o esgoto a céu aberto, trazendo riscos à saúde com o aumento significativo de doenças.

Na ausência de sistema coletivo de esgotamento sanitário, uma das formas menos danosas para o meio ambiente e para a saúde pública é utilizar tanque séptico como tratamento individual, visto que é um mecanismo de baixo investimento e reduz de maneira considerável a carga orgânica para o corpo hídrico. No entanto, apesar dessa alternativa, para que ela seja cumprida de maneira adequada é necessário que os moradores realizem manutenções dispostas na ABNT n° 7229 de 2024, que trata acerca de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, para que a eficiência continue dentro do estabelecido pelas legislações vigentes.

Outra problemática, além do lançamento de esgoto in natura no meio ambiente, é a utilização de fossa rudimentar em muitos domicílios localizados na área urbana do município de Belém, a partir do levantamento realizado pelo IBGE em 2010, em razão desse tipo de tratamento ser comumente utilizado em locais afastados (áreas rurais). Essa situação demonstra que, mesmo em grandes centros urbanos, ainda existem famílias que utilizam esse tipo de tratamento, prejudicando o lençol freático, corpo hídrico ao entorno e moradores nas redondezas que possuem captação de água por meio de poços rasos, aumentando a vulnerabilidade com os riscos de contaminações por meio de coliformes ou outro tipo de alteração na potabilidade da água.

Apresentadas essas conjunturas, com levantamento de campo (Figura 17) é possível identificar o lançamento de esgoto doméstico bruto dentro do limite do DAGUA.

Figura 17 – Registro fotográfico da situação do esgotamento no DAGUA





Fonte: Autor (2024), e Google Maps (2023).

5.1.3 Drenagem urbana

Enquanto que nos bairros do DAGUA as redes coletoras de esgoto não foram implantadas, as redes de drenagem estão presentes, porém sem o devido mapeamento que possa ser disponibilizado pela Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN). Durante todo o processo de zoneamento e crescimento do município de Belém, as águas pluviais estavam contidas no projeto devido à grande quantidade de recursos hídricos pertencente a essa área, isto é, necessitava-se pensar em direcionar o escoamento da água para um corpo receptor a fim de minimizar os problemas de alagamento, inundações ou enchentes.

Para isso, houve a necessidade de implantação de macro e microdrenagem em todo o território de Belém. Algumas obras contemplam os bairros da área de estudo, sendo elas: Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova (PROMABEN) e a macrodrenagem do canal do Tucunduba. Os investimentos nesse setor auxiliam a reduzir e minimizar os alagamentos que atingem uma parcela considerável da população nos bairros do DAGUA, principalmente, as moradias que vivem em situações precárias de saneamento e estão sujeitas a atingirem um caso de enfermidade.

O DAGUA possui em toda a sua extensão territorial aproximadamente 8 canais (canal da Mundurucus, canal do antigo Igarapé Caraparú, canal da Gentil, canal da Cipriano, canal da Nina Ribeiro, canal da 14 de Março e Quintino Bocaiúva, canal do Tucunduba e canal da 3 de Maio), conforme pode ser observado no Mapa 5, sendo o de maior extensão e que possui contribuição da maioria das canalizações existentes, o do Tucunduba.

Mapa 5 – Mapeamento dos canais pertencente ao DAGUA



Fonte: Autor (2024).

É importante o mapeamento de unidades que compõem o saneamento básico, em especial, mapas ligados à macro drenagem, pois o poder público consegue atuar nessas áreas, orientando, dando subsídios e arrecadando recursos para investir nas melhorias dos dispositivos de drenagem a fim de evitar alagamento, ligações irregulares de esgoto nos canais, poços de visita ou sarjetas, entupimento de bocas de lobo, entre outros.

Por conta da elevada especulação imobiliária, no centro urbano de Belém a população mais carente opta em encarar sua realidade em bairros mais adensados, onde os insumos e os custos são menores quando comparado com a área nobre da cidade. No entanto, muitos desses locais são esquecidos, possuem déficit de saneamento e grande parte das moradias são construídas próximo a áreas alagáveis ou sobre os rios, nas chamadas palafitas. A Figura 18 apresenta a situação da drenagem urbana na área de estudo.

Figura 18 – Registro fotográfico do cenário da drenagem urbana no DAGUA



Fonte: Autor (2024). e G1 PARÁ (2023).

Essa problemática atinge os diversos níveis da sociedade, desde a população localizada na periferia e nos centros urbanos, porém os mais afetados são aqueles que enfrentam esses desafios em seu cotidiano, sobretudo em situações de elevadas precipitações em que ocorre o extravasamento da água nos dispositivos de drenagem devido ao acúmulo de resíduos e falta de manutenção, expondo a saúde daquela população.

5.1.4 Resíduos sólidos

A responsabilidade da coleta e o transporte dos resíduos sólidos é da empresa Ciclus Amazônia, terceirizada da Prefeitura do Municipal de Belém, e em relação à destinação final ambientalmente adequada (Aterro Sanitário de Marituba) a obrigação é da Guamá Tratamento de Resíduos. A problemática dos resíduos sólidos se agravou entre os anos de 2023 e 2024 por conta da gestão das prefeituras que pertencem ao consórcio, além de outras divergências. Assim, a Guamá Tratamento de Resíduos confirmou o encerramento do seu funcionamento na data estipulada (Figura 19), porém, os municípios de Belém, Ananindeua e Marituba não tinham definido o novo local ambientalmente adequado para o destino final dos rejeitos.

Por conta do ocorrido, o município de Belém sofreu com a falta de coleta e transporte desse resíduo em razão da ausência de um local para ele ser destinado. Com isso, em todos os bairros, principalmente, os pertencentes ao DAGUA, os moradores sofreram com a coleta não-frequente dos rejeitos, ocasionando acúmulo em pontos conhecidos e em novos pontos.

Figura 19 – Situação dos resíduos sólidos em Belém

<p>Aterro sanitário de Marituba encerrará em 100 dias; nenhuma solução foi proposta para o destino do lixo</p> <p>Ministério Público apontou falta de comprometimento das prefeituras para organizar novo espaço.</p> <p>Por g1 Pará/TV Liberal — Belém 24/05/2023 16h12 · Atualizado há um ano</p>
<p>Crise do lixo em Belém: Prefeitura pede prorrogação do aterro de Marituba até fevereiro de 2025</p> <p>Sem soluções para o destino do lixo, gestão de Belém pede nova prorrogação do aterro, que recebe cerca de 500 toneladas de resíduos ao ano e já esgotou a capacidade de funcionamento.</p> <p>Por g1 Pará — Belém 29/11/2023 15h05 · Atualizado há 9 meses</p>
<p> TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DO PARÁ</p> <p>Mantida decisão que homologou prorrogação de funcionamento de aterro de Marituba</p>

Fonte: G1 Pará (2023), TJPA (2023).

Sabe-se que o acúmulo de resíduos é um problema de saneamento grave que afeta muitas comunidades, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas e em regiões com infraestrutura inadequada de gestão de resíduos. Esse problema traz diversas consequências negativas, tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente.

A partir disso, buscou-se informações em relação ao trajeto da coleta dos resíduos no município de Belém e, especificamente, na área de estudo. Porém, na plataforma digital da SESAN, constam informações somente sobre os pontos de coleta seletiva. Logo, para a identificação dos problemas para esse componente, foram mapeados pontos de Disposição Irregular de Resíduos Sólidos (DIRS) em áreas próximas aos canais, visto que são considerados locais de maior concentração, conforme apresentado no Mapa 6.

Mapa 6 – Mapeamento da DIRS próximo aos canais e pontos de coleta seletiva



Fonte: Autor (2024).

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), em parceria com o Instituto Alachaster, possui diversos ecopontos instalados em estruturas semelhantes a contêineres, com 30 metros quadrados. Essa iniciativa incentiva o uso da moeda verde, isto é, cada pessoa que fizer a entrega de resíduo recebe um valor, como R\$ 3,00, R\$ 5,00. Conforme o peso, esse valor será creditado no aplicativo para que o utilize com os próprios comerciantes do bairro onde mora. No entanto, somente algumas unidades adotaram esta iniciativa. Os ecopontos estão prontos para receber materiais plásticos e, ainda, óleo de cozinha, entre outros resíduos.

Durante o levantamento de campo e por meio do *Google Earth*, fica evidente que são criados pontos para disposição inadequada dos resíduos domésticos, industriais e entulhos. Observa-se, também, que esses locais são próximos de canais ou em quarteirões que possuem muros extensos sem nenhuma funcionalidade para a urbanização.

A presença desses resíduos nas áreas públicas afeta os dispositivos de drenagem, principalmente, em dias de chuvas em que esses materiais são levados para as bocas de lobo ou canais, causando entupimento dessas unidades e tendo como resultado o processo de alagamento naquela área. Na Figura 20 são apresentados os registros fotográficos do

levantamento em campo, além das imagens retiradas do *Google Earth* no período de 2022 e 2023.

Figura 20 – Registro fotográfico do acúmulo de resíduos na área de estudo

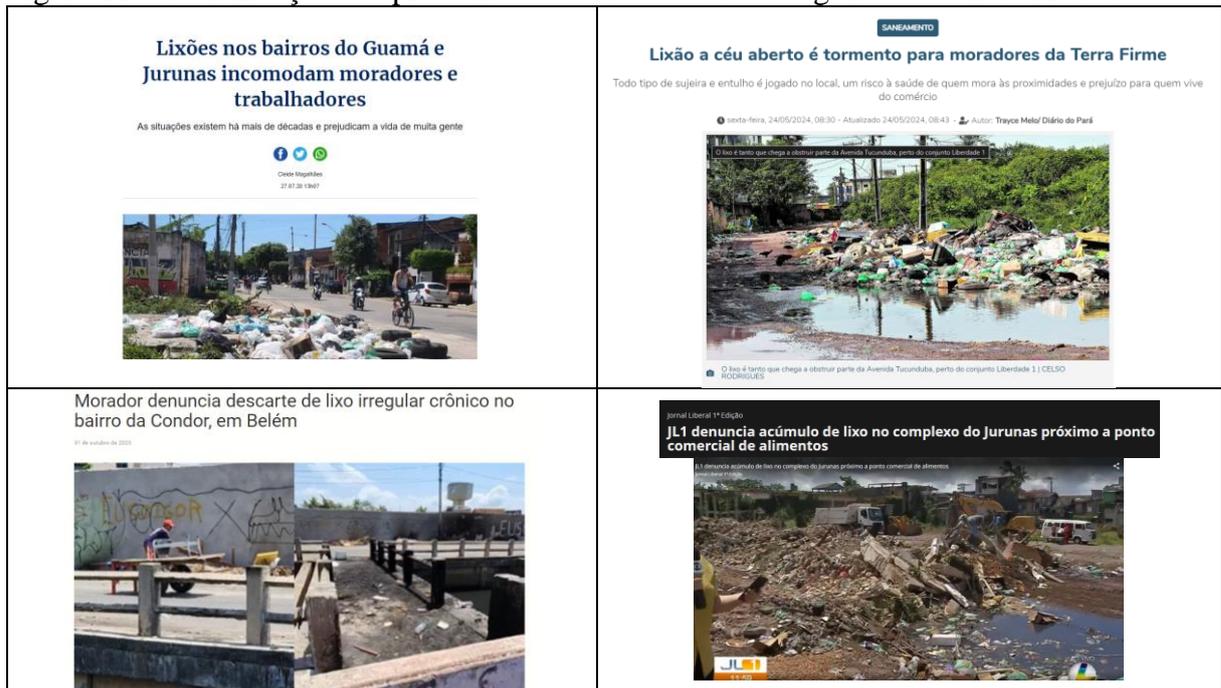


Fonte: Autor (2024) Google Earth (2022 e 2023).

Além do mais, o resíduo acumulado se torna foco de proliferação de vetores como mosquitos, ratos e baratas, e esse material mal gerenciado pode contaminar corpos d'água e o solo, afetando a qualidade da água potável, pois o lixo em decomposição libera metano, um gás de efeito estufa mais potente que o dióxido de carbono e as áreas com esses tipos de problemas tendem a ser menos valorizadas.

Outra comprovação em relação à problemática dos resíduos sólidos ocorre por meio da publicação nas plataformas digitais das grandes mídias, com base na denúncia de moradores e entrevista no local afetado. Na Figura 21 são apresentados os problemas de saneamento do componente básico resíduo sólido na área do DAGUA.

Figura 21 – Identificação dos problemas de resíduos sólidos segundo os canais midiáticos



Fonte: O Liberal (2020), DOL (2024), BTMAIS (2023) e JL1 (2023).

O descarte inadequado de resíduos são problemas críticos de saneamento, com implicações sérias para a saúde pública, o meio ambiente e a qualidade de vida das comunidades. As causas são as seguintes: falta de infraestrutura, pois muitas áreas não têm sistemas adequados de coleta e tratamento de lixo, levando ao descarte irregular; falta de conscientização sobre os impactos do lixo e sobre práticas corretas de descarte, o que contribui para comportamentos inadequados; o rápido crescimento urbano que, muitas vezes, ultrapassa a capacidade dos sistemas de gestão de resíduos e, em algumas regiões, a economia informal lida com resíduos de forma ineficaz e não regulamentada.

Ademais, muitas dessas áreas estão suscetíveis ao acúmulo de rejeitos, propensas à proliferação de vetores, bem como a capacidade de contaminação de fontes de água e alimentos, levando a surtos de doenças.

O bairro de Canudos foi o melhor atendido com os três componentes do saneamento básico devido a sua menor extensão, facilitando a implantação desses serviços. No que tange ao esgotamento sanitário, esse não se encontra presente em nenhum bairro da área de estudo.

5.2 Etapa 02 – Emprego do SIG para o levantamento do número de casos confirmados de doenças relacionadas ao saneamento básico

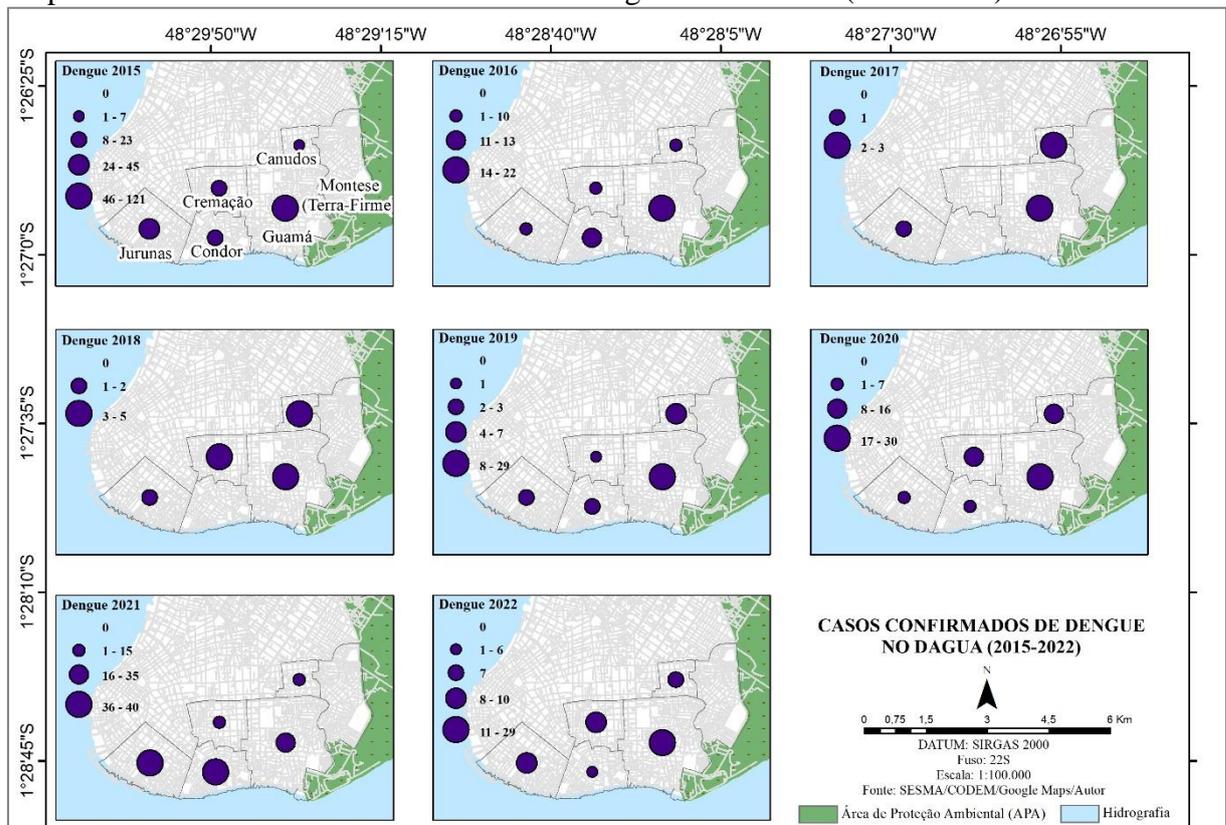
A partir dos dados fornecidos pela SESMA, criou-se um banco de dados referente às doenças como Dengue, Chikungunya, Doenças Diarreicas Agudas (2017-2018), Vírus Zika,

Leptospirose, Febre Amarela e Hepatite Vírus-A. A partir disso, houve o desenvolvimento de mapa de pontos por meio do *software ArcGIS 10.5*, identificando o número de casos confirmados das doenças por bairro. É importante destacar que o período utilizado se deu entre 2015- 2022, com exceção da DDA.

Os dados apresentados foram coletados nas unidades de saúde e repassados para o banco de dados da secretaria com toda a identificação dos pacientes, porém, neste estudo, o foco principal é apenas identificar a quantidade de casos confirmados por bairro em cada ano, a fim de verificar a evolução ou redução das doenças, bem como investigar por qual motivo determinado ano teve maior discrepância quando comparado com os demais.

O primeiro panorama tem como destaque o número de casos confirmados com Dengue (Mapa 7). A utilização de mapa de densidade de pontos é importante na identificação dos bairros com maior e menor número de doenças. Além do mais, essa metodologia facilita a identificação dos bairros que possuem maiores casos de doenças, auxiliando na melhor tomada de decisão para aplicação de medidas estruturais e/ou estruturantes naquela localidade.

Mapa 7 – Número de casos confirmados de Dengue no DAGUA (2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

O aumento significativo dos casos de dengue em Belém, no ano de 2015, especificamente, nos bairros pertencentes ao DAGUA, pode ser atribuído a uma combinação

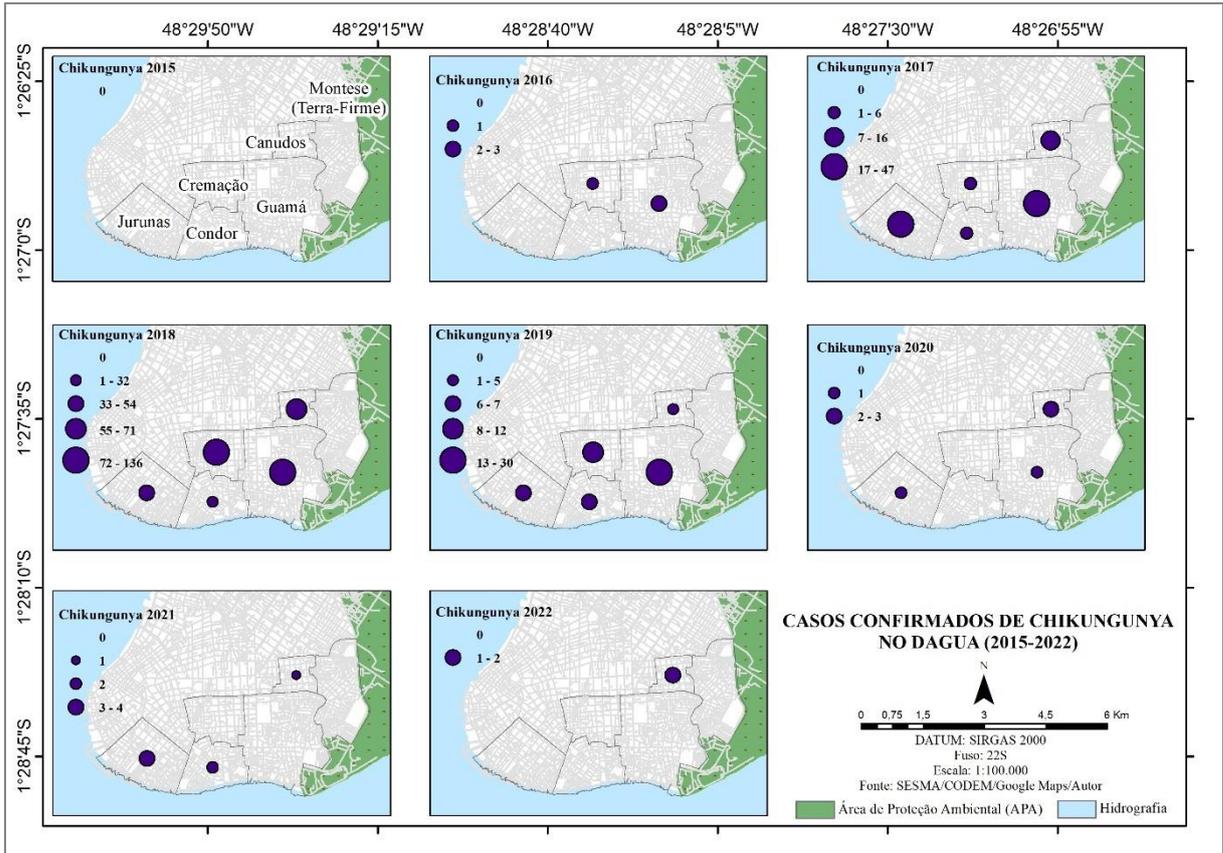


de fatores ambientais, sociais e biológicos. Além do mais, a cidade onde a área de estudo se encontra possui um clima quente e úmido, condições ideais para a proliferação do *Aedes aegypti*, mosquito transmissor da dengue. Por conta disso, nesse período, chuvas intensas podem ter ocorrido, o que cria ambientes propícios para a reprodução do mosquito, como poças de água parada.

Assim como a Dengue, a Chikungunya, o Vírus Zika e a Febre Amarela são transmitidos pela picada do artrópode hematófago, conhecido como *Aedes aegypti*. Os arboviroses são mantidos em ambiente silvestre, podendo ocorrer também em ambientes urbanos, o que vem acontecendo com muito mais frequência por conta da flexibilização nas legislações de Áreas de Proteção Ambiental (APA) para o surgimento de novas moradias e empreendimentos.

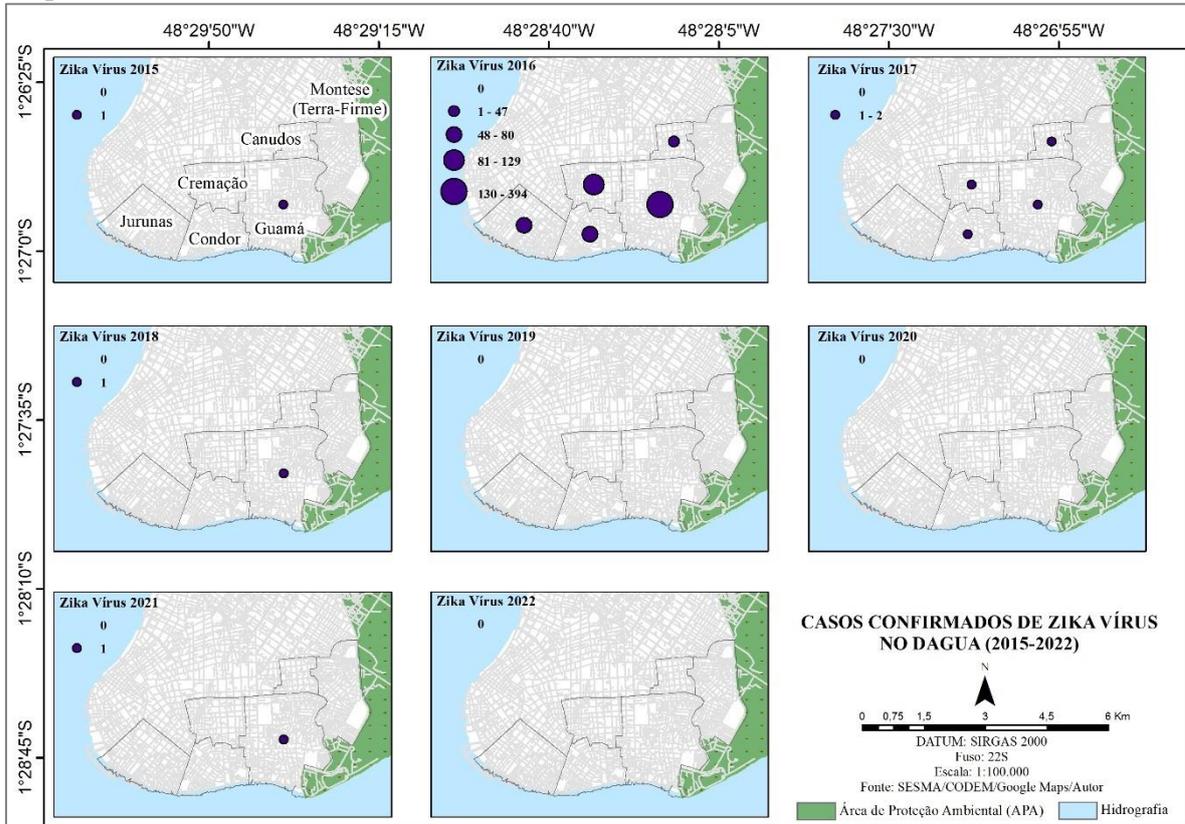
A utilização dos mapas de pontos ajuda na identificação de focos de doenças nos bairros da área de estudo. Com isso, a marcação é apresentada como “*hospots*” que são consideradas áreas de elevadas densidades, isto é, aumento do raio da circunferência em bairros com número elevado de casos. Tal identificação permite o planejamento focado em áreas críticas, como regiões com alta demanda por serviços ou concentração de problemas. No Mapa 8, Mapa 9 e Mapa 10 os números de casos confirmados das doenças mencionadas acima são espacializados, respectivamente.

Mapa 8 – Número de casos confirmados de Chikungunya no DAGUA (2015-2022)



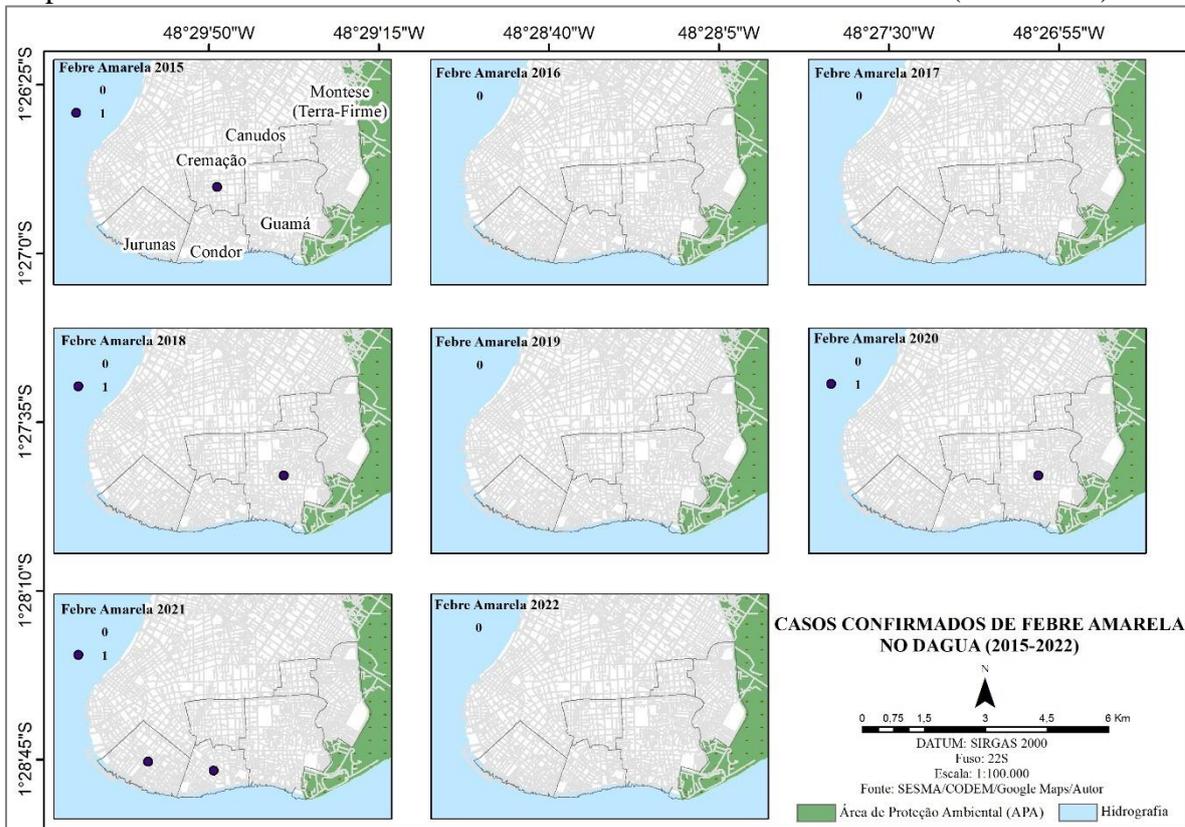
Fonte: Autor (2024).

Mapa 9 – Número de casos confirmados de Vírus Zika no DAGUA (2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

Mapa 10 – Número de casos confirmados de Febre Amarela no DAGUA (2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

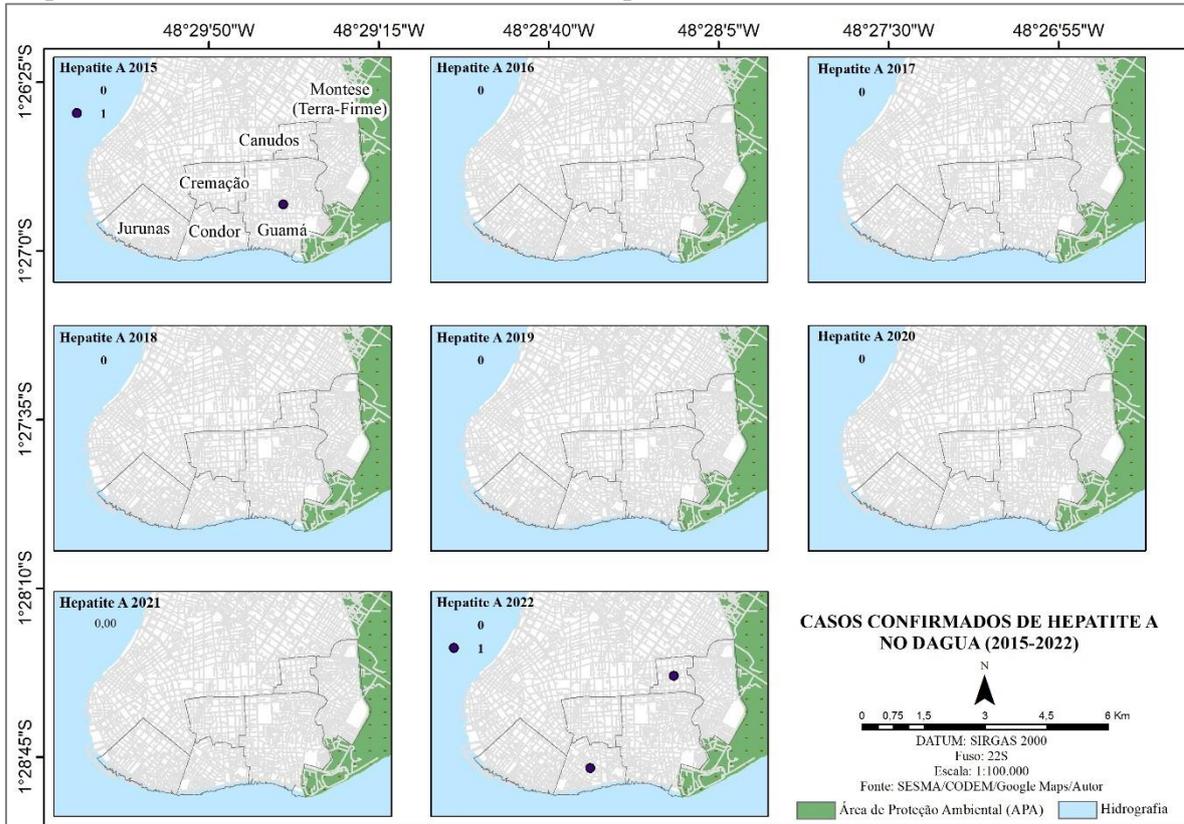
Observa-se que, ao longo dos anos, ocorre um determinado crescimento no número de casos de doenças e, depois, a tendência é que os casos venham a reduzir. Isso ocorre porque no período da epidemia de determinada doença o planejamento inicial é demorado e a estruturação das unidades de saúde são deficitárias. A partir do aumento significativo dos casos e lotações dessas unidades, os tomadores de decisões estabelecem medidas a fim de minimizar esses impactos, como:

- Aumento das campanhas educativas sobre a importância de eliminar criadouros de mosquitos, como água parada em pneus, vasos de plantas, garrafas, entre outros recipientes;
- Programas de educação nas escolas e comunidades para ensinar as pessoas a prevenir a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*;
- Aumento na frequência e eficiência da coleta de resíduos, evitando o acúmulo que pode servir como criadouros de mosquitos;
- Melhoria na infraestrutura de drenagem para evitar a formação de poças de água parada em áreas urbanas;
- Acesso rápido a diagnósticos precisos e tratamento adequado para reduzir a propagação das doenças;
- Fortalecimento da vigilância epidemiológica para detectar e responder rapidamente aos surtos; e
- Campanhas de vacinação em massa contra a febre amarela, especialmente em áreas endêmicas.

Outra doença pertencente ao trabalho é a Hepatite A, causada pelo vírus da hepatite A (HAV), um vírus RNA da família *Picornaviridae*. Esse vírus é resistente ao calor e a produtos de limpeza, permitindo sua sobrevivência em ambientes com precariedades em suas infraestruturas sanitárias e ambientais.

Devido à resistência do agente patogênico, o modo de transmissão ocorre com maior facilidade por via feco-oral com a ingestão de alimentos ou água contaminados por meio das fezes de pessoas já contaminadas. Esse tipo de situação ainda ocorre em áreas com infraestruturas sanitárias precárias. O contato pessoal também é uma das alternativas de proliferação do vírus e alimentos contaminados. No Mapa 11 se observa os casos confirmados de Hepatite A por meio dos mapas de pontos utilizando o SIG, os quais são amplamente utilizados para a análise espacial e tomada de decisão, a fim de integrar os níveis de informações.

Mapa 11 – Número de casos confirmados de Hepatite A no DAGUA (2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

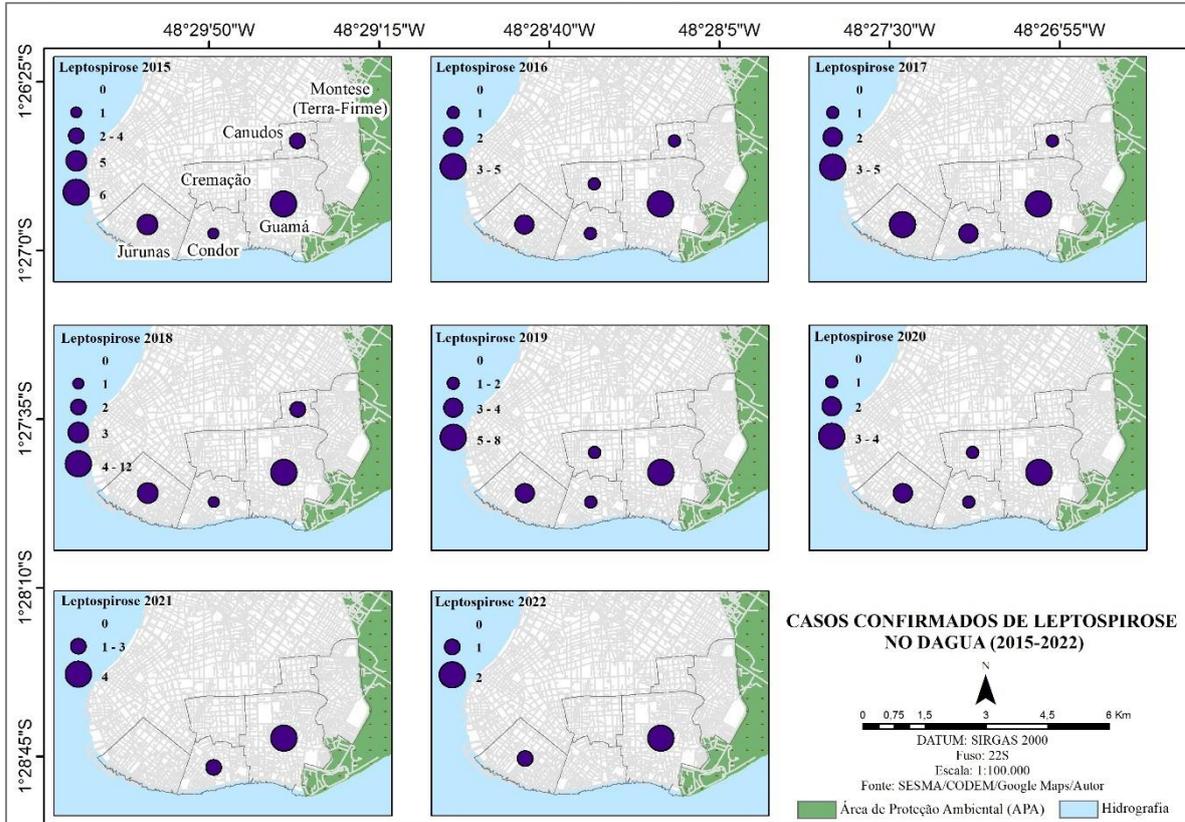
Para esse cenário é observada a quantidade insignificante de casos confirmados para a Hepatite A. Esses valores podem ser justificados devido à baixa procura pelas unidades de saúde, mesmo o DAGUA abrangendo bairros periféricos estes ainda se encontram em uma capital, isto é, as iniciativas com campanhas para reduzir essa doença tendem a ser eficazes ou os sintomas são confundidos com outras doenças.

Em relação a Leptospirose, essa é uma infecção bacteriana causada por espiroquetas do gênero *Leptospira*. Observa-se que a proliferação dessa doença está diretamente associada à salubridade do local onde o paciente reside. Sendo assim, essas bactérias são transmitidas principalmente por meio do contato com água, ou solo contaminado e com a urina de animais infectados, especialmente roedores.

Ademais, as habitações precárias com acúmulo de lixo e sem infraestrutura adequada de esgoto facilitam a proliferação de roedores, áreas urbanas densamente povoadas e com drenagem deficiente são particularmente vulneráveis durante inundações, que espalham a bactéria *Leptospira*, trabalhadores em contato com água ou solo contaminado, como agricultores, operários de esgoto e trabalhadores de construção civil estão em maior risco e a falta de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados pode aumentar a exposição à bactéria. No Mapa 12 se observa os casos confirmados de Leptospirose que foram

desenvolvidos a partir da metodologia dos mapas de pontos com auxílio do SIG, possibilitando a identificação espacializada das doenças por bairro.

Mapa 12 – Número de casos confirmados de Leptospirose no DAGUA (2015-2022)

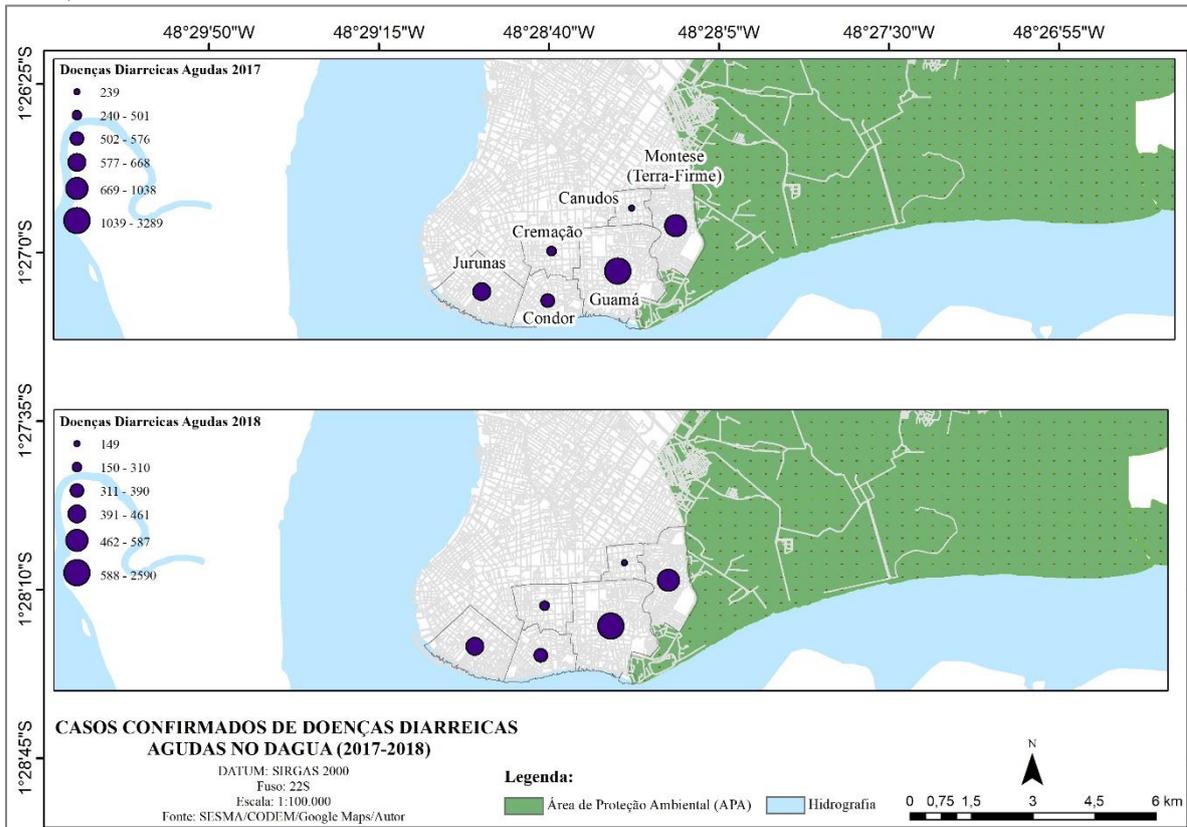


Fonte: Autor (2024).

No que tange a Doença Diarreica Aguda (DDA), esta apresenta valores elevados quando comparado com as demais enfermidades. Essa patologia pode ser causada por diferentes microrganismos infecciosos (bactérias, vírus e outros parasitas, como os protozoários) que geram a gastroenterite, afetando o estômago e o intestino. A infecção é causada por consumo de água e alimentos contaminados, contato com objetos contaminados e também pode ocorrer pelo contato com outras pessoas, por meio de mãos contaminadas, e no contato de pessoas com animais.

Além disso, algumas situações facilitam a propagação da contaminação, como: ingerir água sem tratamento; consumir alimentos sem procedência, leite e derivados in natura sem ferver ou pasteurizar, produtos cárneos, pescado e mariscos crus ou mal cozidos, frutas e hortaliças sem higienização adequada, falta de higiene pessoal e viagens a locais cujas condições de saneamento são precárias. No Mapa 13 são apresentadas as informações de número de casos confirmados de DDA para o período de 2017 e 2018.

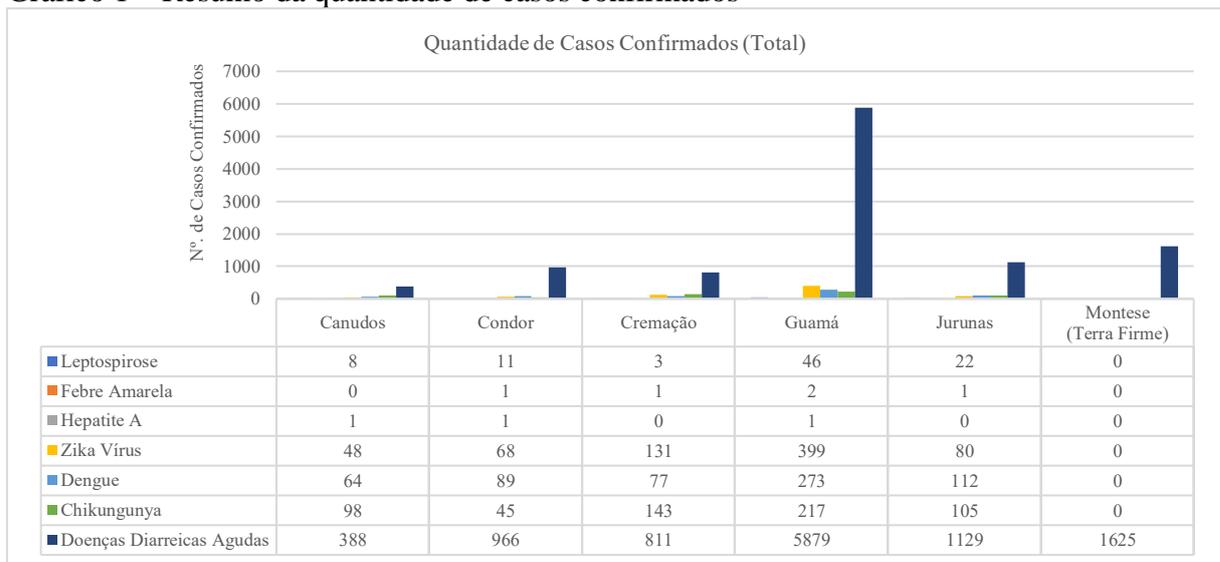
Mapa 13 – Número de casos confirmados de Doenças Diarreicas Agudas no DAGUA (2017-2018)



Fonte: Autor (2024).

A partir do levantamento anual dos casos confirmados das doenças pertencentes ao estudo, o Gráfico 1 apresenta o resumo da quantidade por bairros.

Gráfico 1 – Resumo da quantidade de casos confirmados



Fonte: Autor (2024).

É possível visualizar, a partir dos dados fornecidos pela SESMA, que o bairro que mais necessita de um olhar estratégico é o Guamá. Em razão de ser considerado o mais adensado e a estrutura de saúde existente não conseguir suprir o atendimento para os moradores pertencentes àquela área e os que vem de outros bairros, são necessárias ações e medidas para que a situação não venha a ser ainda mais agravada.

Com isso, é importante destacar que o trabalho se desenvolveu com base no número de casos confirmados, fornecido pela SESMA. Assim, quando se trata de número de suspeita, é evidente que o quantitativo será muito superior ao se comparar com aquelas enfermidades que foram tidas como reais. Por isso, em determinadas doenças, observa-se a quantidade baixa dos números confirmados, pois muitas vezes existe a suspeita, porém, após o diagnóstico, o quadro clínico pode ser direcionado para outra patologia.

Outra possibilidade para algumas doenças apresentarem confirmação baixa em relação ao número de casos é a automação para a alimentação do banco de dados não ocorrer de maneira eficiente e adequada, podendo prejudicar na atualização desses valores ou serem alimentados somente em períodos endêmicos para cada situação.

5.3 Etapa 03 – Utilização do SIG na relação entre saneamento básico e a saúde pública

A ausência de infraestrutura de saneamento eficaz está diretamente associada a uma série de problemas de saúde, incluindo doenças diarreicas, infecções parasitárias, desnutrição e doenças respiratórias. Essas condições não apenas aumentam a mortalidade e a morbidade, especialmente entre crianças, mas também impõem uma carga significativa sobre os sistemas de saúde e comprometem o desenvolvimento socioeconômico das comunidades afetadas.

A análise da relação entre a falta de saneamento básico e os problemas de saúde pública revelou resultados alarmantes. A ausência de infraestrutura adequada de saneamento continua a ser um fator determinante para a alta incidência de várias doenças infecciosas, com impactos desproporcionais em populações vulneráveis, especialmente crianças. Com isso, a partir da Tabela 1 é possível identificar a correlação realizada entre as doenças com os principais problemas de saneamento.

Tabela 1 – Tabela resumo da relação dos problemas de saneamento básico e os casos confirmados de doenças

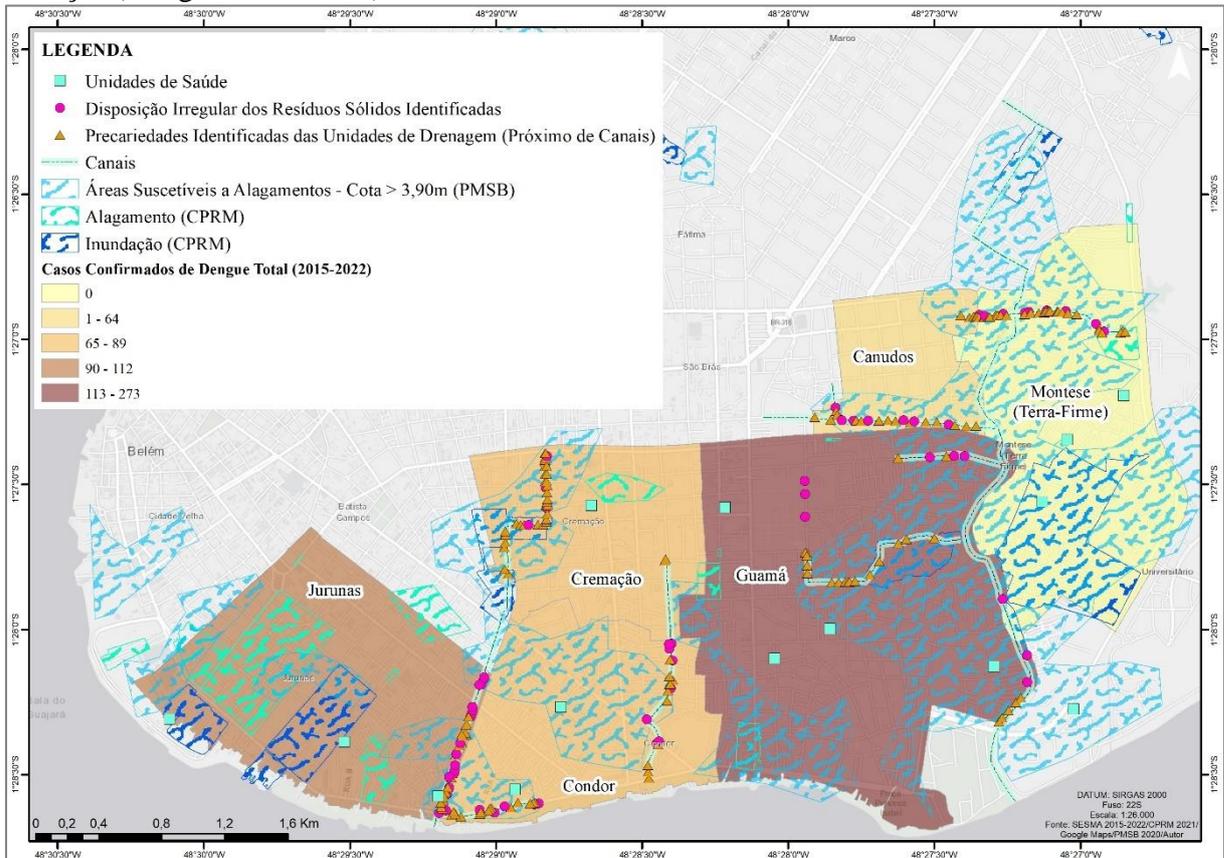
Doenças	Componente do Saneamento Básico
Dengue	Drenagem Urbana Resíduos Sólidos
Chikungunya	
Vírus Zika	
Febre Amarela	
Hepatite Vírus A	Abastecimento de Água Resíduos Sólidos Esgotamento Sanitário
Leptospirose	Drenagem Urbana Resíduos Sólidos Esgotamento Sanitário
Doenças Diarreicas Agudas	Abastecimento de Água Esgotamento Sanitário

Fonte: Autor (2024).

As quatro primeiras doenças possuem relação, pois são transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* ou por outra espécie de mosquito que seja silvestre, portanto, estão agrupadas com os mesmos componentes do saneamento básico para elaboração dos mapas coroplético. Em relação às demais doenças, essas também foram elencadas com os componentes de saneamento que mais estão associadas ao aumento do número de casos dessas enfermidades. É importante mencionar que determinados componentes não fizeram parte da comparação nas doenças, pois não é suficiente para provocar o aumento do número das doenças.

A Dengue é uma das doenças que comprometem a saúde e a qualidade de vida da população, pois o *Aedes aegypti* se reproduz em água parada, comum em áreas com saneamento inadequado, onde há acúmulo de lixo, entulhos e recipientes descobertos que podem concentrar água, bem como a sua proliferação é facilitada pela falta de infraestrutura de saneamento, coleta irregular de lixo e armazenamento inadequado de água. No Mapa 14 é possível identificar a relação entre casos confirmados da respectiva doença e os componentes que estão associados ao aumento do número de enfermidades.

Mapa 14 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Dengue 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

Com o auxílio do SIG, é possível identificar os bairros que mais sofrem com a carência da drenagem urbana e dos resíduos sólidos. A partir disso, a vetorização das manchas de alagamento, inundação e áreas suscetíveis a alagamentos permitem um melhor planejamento dos tomadores de decisão em atuar naquela localidade e evitar o aumento dos casos confirmados de Dengue.

Para embasar a análise da relação entre saneamento e saúde para os casos de Dengue, utilizou-se de dois componentes do saneamento, sendo os resíduos sólidos com o mapeamento de locais de acúmulo de resíduos e entulhos, bem como a drenagem urbana com o levantamento de áreas suscetíveis a alagamentos, inundação e a identificação de pontos críticos. Assim, a partir da observação, constatou-se que o bairro do Guamá é o mais afetado, com um intervalo de 113 a 273 casos confirmados; em segundo, o bairro do Jurunas, com quantidade variando de 90 a 112 casos confirmados; os bairros da Cremação e da Condor assumem a terceira posição dentro da mesma margem de 65 a 89; Canudos fica em quarto lugar com 1 a 64 casos confirmados e, por último, fica o bairro do Montese (Terra-Firme) com 0 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

A falta de sistema de drenagem eficiente leva ao acúmulo de água em vias públicas, terrenos baldios e áreas residenciais. Esses pontos de acúmulo de água tornam os locais favoráveis para a reprodução do mosquito. Além disso, mesmo em áreas com sistemas de drenagem, a falta de manutenção pode resultar em obstruções causadas por lixo, folhas e outros detritos, levando ao acúmulo de água. É válido salientar que, em muitas áreas urbanas, a infraestrutura de drenagem é insuficiente ou mal projetada, resultando na dificuldade de lidar com grandes volumes de água durante chuvas intensas, cuja consequência são os alagamentos.

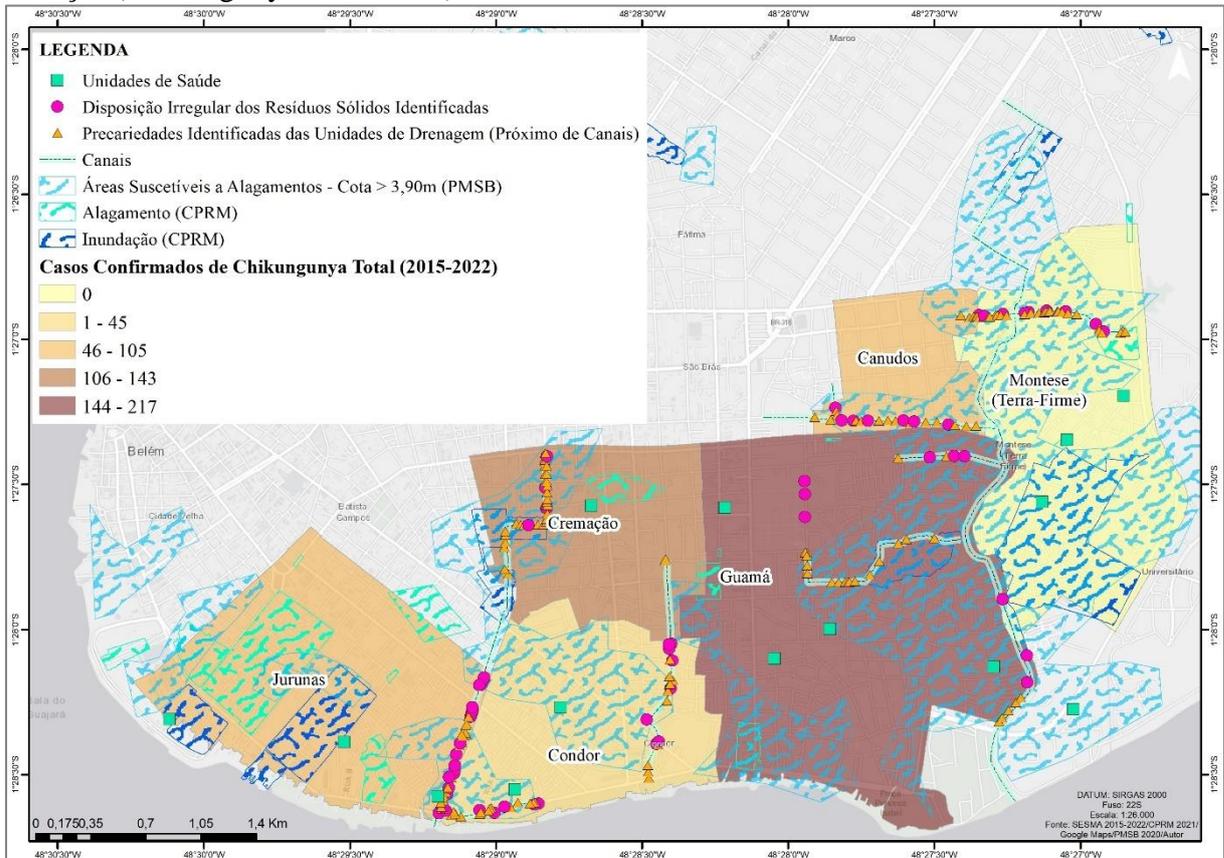
A drenagem eficiente é um componente importante no controle da dengue, complementando outras medidas de prevenção e controle de vetores. Uma abordagem integrada que inclua a melhoria da infraestrutura de drenagem, manutenção regular e educação comunitária pode contribuir significativamente para a redução da incidência da dengue.

No que tange aos resíduos sólidos descartados inadequadamente, como pneus, garrafas plásticas, latas, copos descartáveis e outros recipientes, estes podem acumular água da chuva, tornando-se criadouros ideais para o mosquito. A coleta irregular do resíduo resulta na aglomeração em áreas públicas e privadas, aumentando as chances de formação de criadouros, bem como a falta de conhecimento da relação resíduos sólidos e dengue, o que resulta nas práticas inadequadas de descarte de lixo.

A gestão adequada de resíduos sólidos é fundamental na prevenção da dengue para a eliminação dos criadouros do mosquito por meio do manejo correto do resíduo, aliado a medidas de conscientização e educação, podendo reduzir significativamente a incidência da doença.

O *Aedes aegypti* é responsável, também, pelo aumento de casos confirmados da Chikungunya, além disso, o mosquito *Aedes albopictus* (responsável pela Zika Vírus) contribui para aumentar a estatística dessa doença. A relação entre saneamento inadequado e a proliferação dessas doenças é direta, pois as condições que permitem a reprodução desses mosquitos são frequentemente encontradas em áreas com deficiências de saneamento básico. No Mapa 15 é possível identificar a relação entre casos confirmados da respectiva doença e os componentes que estão associados ao aumento do número de enfermidades.

Mapa 15 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Chikungunya 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

A criação de mapas coroplético ajuda a entender padrões espaciais e identificar fatores de risco que ajudam no controle e prevenção dessa doença. O SIG permite visualizar as áreas com maior incidência de casos, facilitando a identificação de regiões críticas e o direcionamento de ações de combate ao mosquito vetor. O cruzamento de informações ajuda a identificar se há uma correlação entre áreas com drenagem deficiente e o aumento de casos de Chikungunya, já que águas paradas favorecem a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus.

A partir da observação, comprovou-se o bairro do Guamá como o mais afetado com um intervalo de 144 a 217 casos confirmados; em segundo lugar, o bairro da Cremação, com uma quantidade variando de 106 a 143 casos confirmados; os bairros de Canudos e Jurunas assumem a terceira posição dentro da mesma margem de 46 a 105; Condor fica em quarto lugar de 1 a 45 casos confirmados e o bairro do Montese (Terra-Firme) em último, com 0 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

Para estabelecer esta análise, foram utilizados dois componentes do saneamento básico, a drenagem urbana e os resíduos sólidos. Com isso, nota-se que áreas com sistema de drenagem



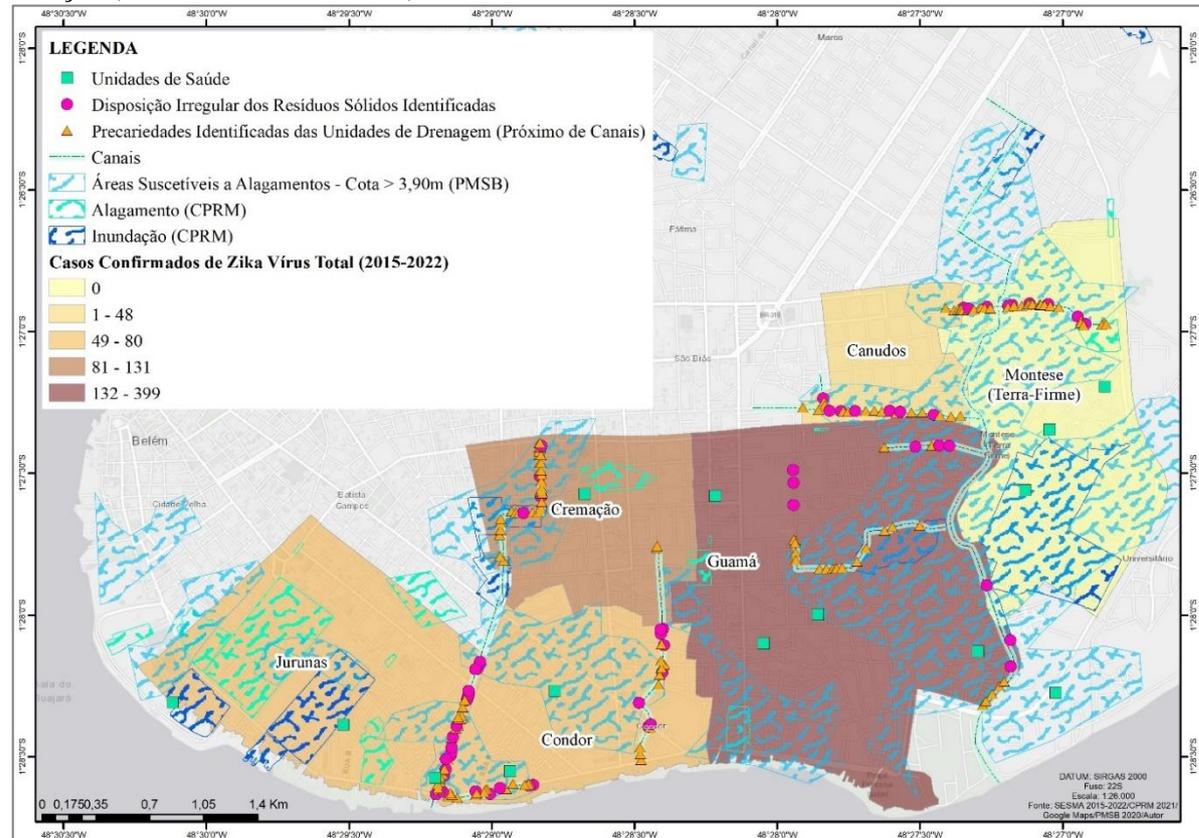
deficientes podem sofrer alagamentos frequentes. Esse cenário não apenas causa danos à infraestrutura, mas também cria mais locais para a proliferação de mosquitos. Com maiores incidências de mosquitos *Aedes aegypti* em áreas urbanas devido à água parada, há um aumento direto no risco de transmissão da Chikungunya. A falta de drenagem efetiva torna o controle de mosquitos mais difícil e a disseminação da doença mais provável.

A disseminação de doenças transmitidas por mosquitos pode ter um impacto econômico significativo, resultando em gastos com cuidados médicos, perda de produtividade devido à doença e necessidade de campanhas de saúde pública intensivas. A falta de drenagem adequada é um problema sério que contribui significativamente para a proliferação da Chikungunya e outras doenças transmitidas por mosquitos. Medidas de infraestrutura, gestão de resíduos e conscientização pública são essenciais para mitigar esse problema e proteger a saúde pública. A implementação de sistemas de drenagem eficazes não apenas melhora a qualidade de vida das populações urbanas, mas também é uma estratégia crucial na prevenção de epidemias de doenças transmitidas por vetores.

A aglomeração dos resíduos sólidos leva à proliferação da Chikungunya, uma vez que podem criar ambientes propícios para a reprodução dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, os principais vetores da doença. Os resíduos sólidos podem bloquear sistemas de drenagem, resultando em falhas nos dispositivos de drenagem. Logo, a proliferação de doenças transmitidas por mosquitos gera custos significativos para o sistema de saúde, além de impactar a produtividade econômica e a qualidade de vida da população.

Com os dados de drenagem, resíduos sólidos e o histórico de casos de Vírus Zika, o SIG é usado para criar modelos de propagação da doença, identificando áreas de alto risco de infestação, conforme é apresentado no Mapa 16. Com essas informações, os gestores podem planejar campanhas de combate ao vetor de maneira mais eficiente, alocando recursos de acordo com as áreas de maior risco, e monitorando a efetividade das ações ao longo do tempo.

Mapa 16 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Vírus Zika 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

O bairro do Guamá é o mais afetado contendo um intervalo de 132 a 399 casos confirmados; em segundo lugar, o bairro da Cremação conta com uma quantidade variando de 81 a 131 casos confirmados; os bairros do Jurunas e Condor assumem a terceira posição dentro da mesma margem de 49 a 80; Canudos fica em quarto lugar, de 1 a 48 casos confirmados e o bairro do Montese (Terra-Firme) em último com 0 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

Com isso, a disseminação dessa enfermidade pode ser solucionada com as mesmas estratégias adotadas pelas doenças anteriores. É de fundamental importância drenar as águas para que se evite acúmulo de águas, principalmente, em período de elevadas precipitações, garantindo a manutenção dos sistemas de drenagem.

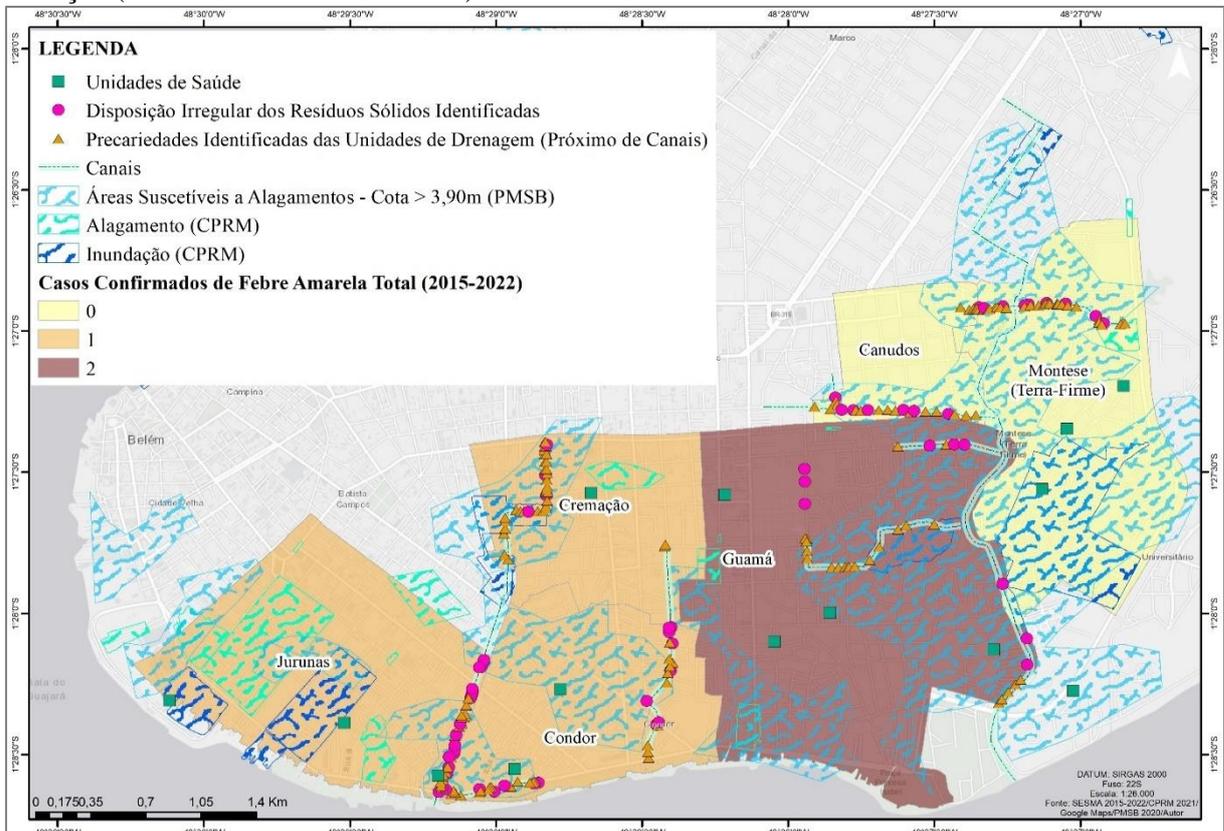
Para os resíduos sólidos é necessário que os gestores públicos garantam a coleta regular dos resíduos e que este material possua destinação final ambientalmente adequada para que se evite entupimentos das bocas de lobo, acúmulo das sarjetas, poluição visual, concentração de garrafas e os produtos dentro do micro e macrodrenagem. Os surtos de Zika podem sobrecarregar os sistemas de saúde, exigindo recursos adicionais para diagnóstico, tratamento e prevenção.

O saneamento básico é fundamental na luta contra o vírus Zika, pois reduz significativamente os criadouros do mosquito *Aedes aegypti*. Medidas integradas de saneamento, juntamente com a educação da população e políticas públicas eficazes, são essenciais para controlar a disseminação do vírus e proteger a saúde pública.

A febre amarela (Mapa 17) está relacionada à drenagem urbana e aos resíduos sólidos. Além disso, é uma doença viral aguda transmitida por mosquitos infectados, principalmente os do gênero *Aedes* e *Haemagogus* em áreas urbanas ou silvestres, sendo no ciclo silvestre, em áreas florestais, o vetor da febre amarela é, principalmente, o mosquito *Haemagogus*, enquanto que no meio urbano a transmissão se dá por meio do mosquito *Aedes aegypti* (o mesmo da dengue). Essa doença é endêmica e normalmente ocorre em áreas tropicais da África e da América Latina.

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para analisar casos de febre amarela por meio de mapas cloropléticos, com foco em drenagem e resíduos sólidos, pode ser essencial para o monitoramento e controle da doença, sendo assim, ao mapear os casos confirmados em áreas geográficas, é possível visualizar as regiões de maior incidência, possibilitando o direcionamento de recursos e ações específicas para essas áreas.

Mapa 17 – Deficiência na drenagem urbana e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Febre Amarela 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

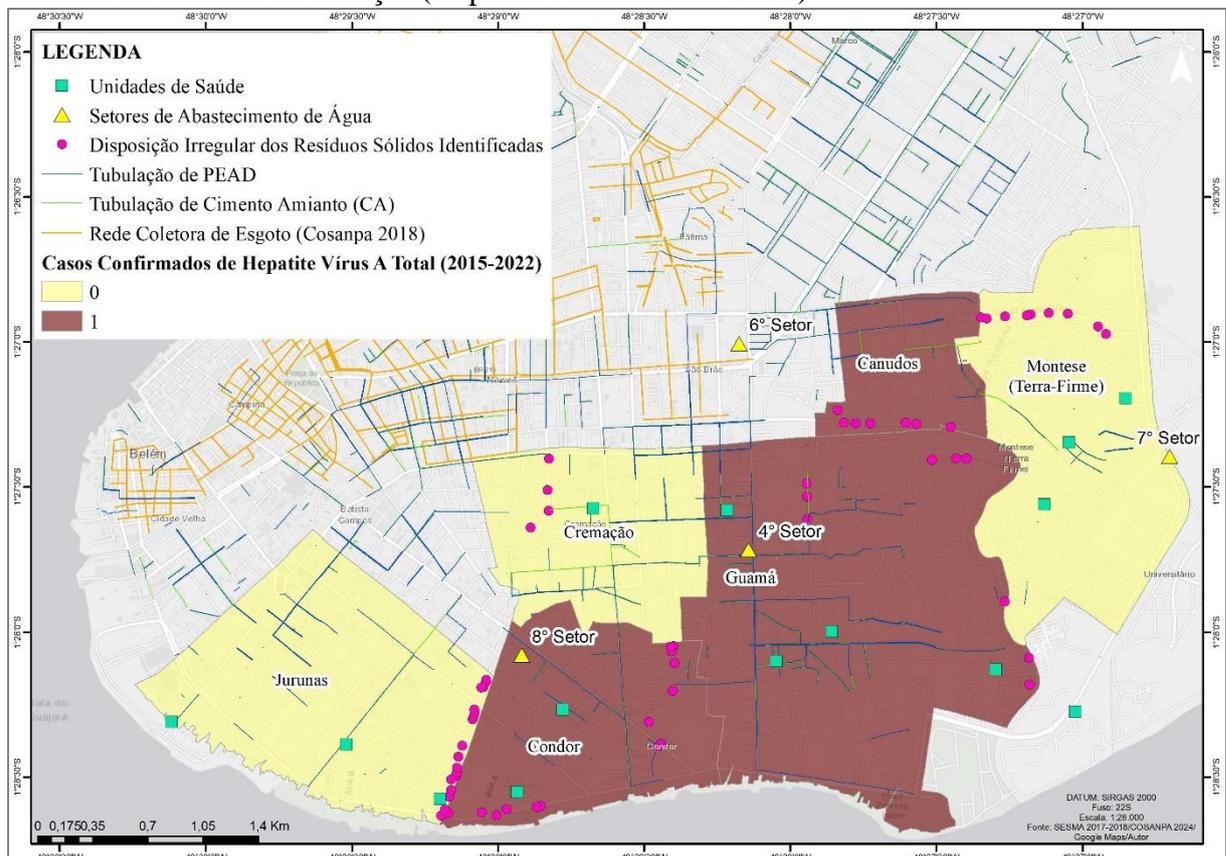
Com a análise da figura acima é possível identificar que os casos confirmados foram pequenos quando comparado com às demais doenças apresentadas. Esses valores podem ser justificados pela não atualização do banco de dados da SESMA ou a redução significativa dos casos devido às eficientes campanhas de vacinação.

Logo, o bairro do Guamá possui 2 casos confirmados, seguido dos bairros do Jurunas, Cremação e Condor, com apenas 1 caso confirmados, e Canudos e Montese (Terra-firme) sem nenhum caso confirmado. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

A hepatite A (Mapa 18) é uma doença infecciosa causada pelo vírus da hepatite A (HAV), que afeta o fígado e pode causar uma série de sintomas que variam de leves a graves. A transmissão ocorre principalmente por meio da ingestão de alimentos ou água contaminados pelas fezes de uma pessoa infectada.

O abastecimento de água, o esgotamento sanitário e a gestão de resíduos sólidos desempenham um papel importante na prevenção da hepatite A, uma vez que o vírus é transmitido principalmente pela via fecal-oral. Melhores práticas nesses setores podem reduzir significativamente a disseminação do vírus e melhorar a saúde pública.

Mapa 18 – Deficiência no abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos no aumento do número de doenças (Hepatite Vírus A 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

O uso do SIG para mapear e analisar dados relacionados ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos oferece uma visão abrangente das condições ambientais e de infraestrutura que contribuem para a incidência de hepatite A. Com esses mapas, é possível identificar áreas prioritárias, planejar intervenções e realizar campanhas educativas, contribuindo para uma melhor gestão de recursos e um impacto significativo na saúde pública e na prevenção da doença.

Os valores referentes a Hepatite Vírus A são baixos, igual ao da Febre Amarela. Esses valores podem ser justificados pela não atualização do banco de dados da SESMA ou pela redução significativa desses casos devido às campanhas de vacinação.

Diante do exposto, os bairros do Guamá, Canudos e Condor possuem 2 casos confirmados e os demais apresentam 0 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

Os sistemas de distribuição de água bem mantidos evitam a contaminação durante o transporte da água até as residências, pois asseguram a segurança contra contaminações do meio externo. Em relação aos vazamentos e infiltrações, estes devem ser rapidamente reparados para que se evite contaminação com o solo e desperdício em todo o sistema, acarretando na carência de sustentabilidade ambiental, social e econômica da prestadora de serviço. Para as redes que ainda são de cimento amianto é recomendada a substituição para PEAD ou outro material que não afete a saúde dos consumidores.

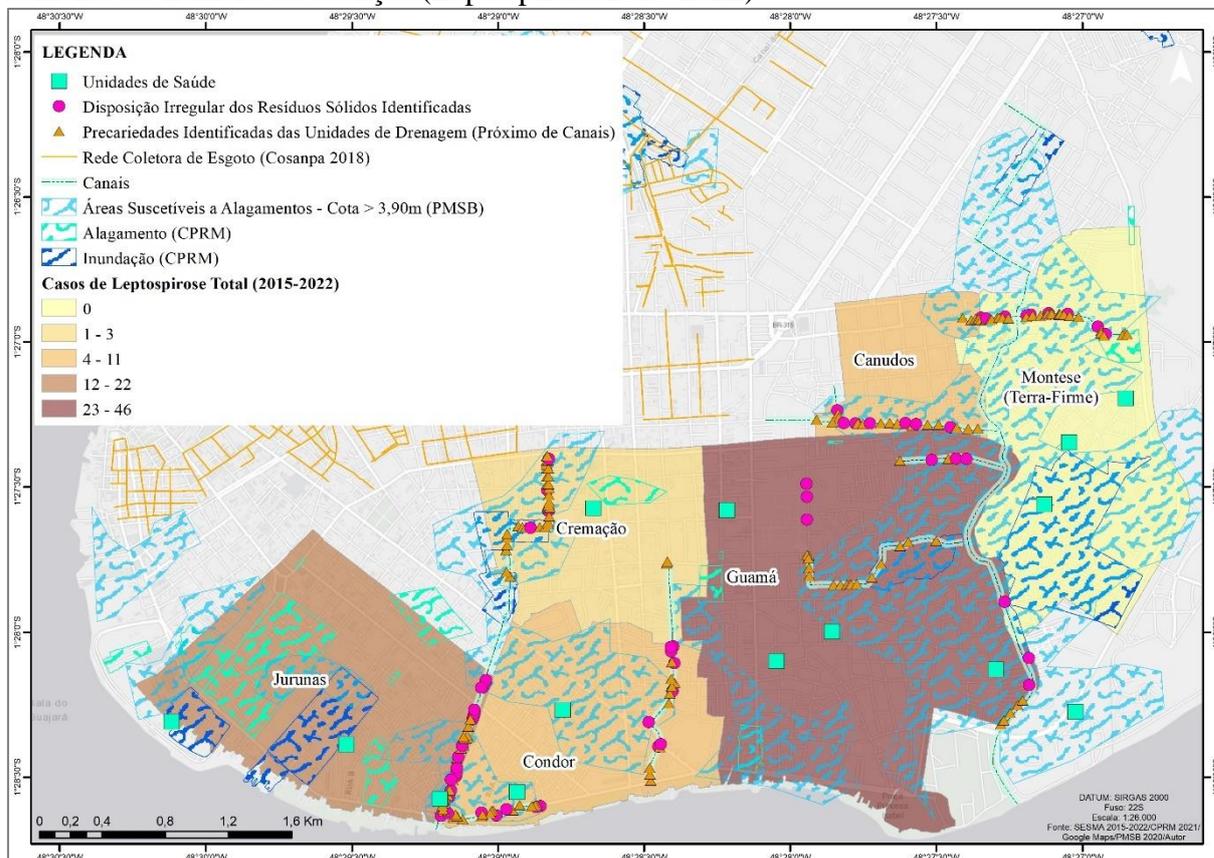
A implementação de redes de esgotamento sanitário e estações de tratamento de esgoto devem ser eficientes na coleta, transporte e tratamento para a remoção de patógenos antes de devolver a água tratada para o curso hídrico. O tratamento adequado e dentro dos parâmetros exigidos pela legislação reduz a carga viral e a contaminação de fontes de água. A coleta regular e o descarte adequado de resíduos sólidos evitam a criação de condições insalubres que podem atrair vetores e facilitar a propagação de doenças.

A leptospirose (Mapa 19) é uma doença infecciosa causada pela bactéria *Leptospira*, que pode afetar tanto humanos quanto animais. É transmitida, principalmente, por meio do contato com água ou solo contaminados pela urina de animais infectados, especialmente, roedores.

Ao integrar dados por meio do SIG sobre esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana é possível identificar áreas críticas, planejar intervenções preventivas e monitorar a efetividade das ações implementadas. Esse tipo de análise integrada oferece

subsídios valiosos para gestores públicos desenvolverem uma abordagem proativa na redução dos riscos e na melhoria da saúde pública.

Mapa 19 – Deficiência na drenagem urbana, resíduos sólidos e esgotamento sanitário no aumento do número de doenças (Leptospirose 2015-2022)



Fonte: Autor (2024).

O bairro do Guamá é o mais afetado, contendo um intervalo de 23 a 46 casos confirmados; em segundo aparece o Jurunas, com uma quantidade que varia de 12 a 22 casos confirmados; Condor e Canudos assumem a terceira posição dentro da mesma margem de 4 a 11; Cremação fica em quarto lugar, com 1 a 3 casos confirmados e, em último, Montese (Terra-Firme), com 0 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 07 anos (2015-2022).

A situação da drenagem urbana, resíduos sólidos e esgotamento sanitário, quando apresentam falhas ou carência de manutenção, tendem a aumentar os casos confirmados de Leptospirose, conseqüentemente, a saúde pública sofre influência direta com aumento dos leitos e necessidade de medicamentos e tratamento adequado.

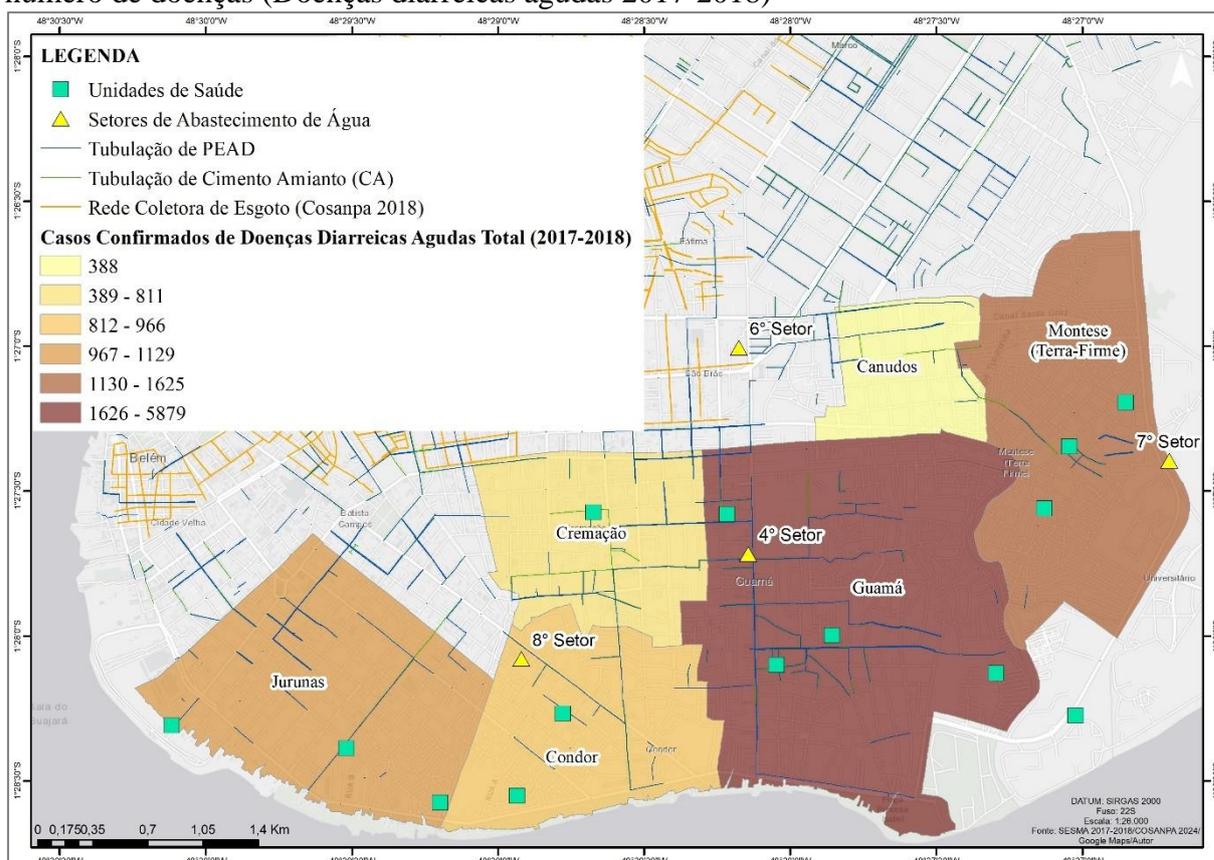
A prevenção da leptospirose requer uma abordagem integrada que envolva melhorias na drenagem, gestão de resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Essas medidas reduzem a presença de roedores e a contaminação ambiental pela bactéria *Leptospira*, diminuindo

significativamente o risco de transmissão da doença. A colaboração entre comunidades, autoridades de saúde pública e governos é essencial para implementar essas práticas de maneira eficaz e sustentável.

As doenças diarreicas agudas (Mapa 20) são infecções do trato gastrointestinal. Essas doenças podem ser causadas por uma variedade de agentes patogênicos, incluindo bactérias, vírus e parasitas.

A metodologia de aplicação do SIG para monitorar e analisar casos de doenças diarreicas agudas relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário permite uma abordagem abrangente para melhorar a saúde pública. Com a visualização geoespacial dos dados, os gestores podem identificar áreas de maior vulnerabilidade, planejar intervenções mais direcionadas e avaliar a eficácia das ações implementadas, contribuindo para um ambiente mais seguro e saudável para a população.

Mapa 20 – Deficiência no abastecimento de água e esgotamento sanitário no aumento do número de doenças (Doenças diarreicas agudas 2017-2018)



Fonte: Autor (2024).

Como observado nos demais cenários, o bairro do Guamá é o mais afetado, pois conta com um intervalo de 1.626 a 5.879 casos confirmados; em segundo lugar, Montese (Terra-Firme) aparece com uma quantidade variando de 1.130 a 1.625 casos confirmados; depois, tem-



se o bairro do Jurunas na terceira posição dentro da mesma margem de 967 a 1.129; Condor em quarto lugar de 812 a 966 casos confirmados; em penúltimo aparece o bairro da Cremação com intervalo de 389 a 811 e por último o bairro de Canudos, com 388 casos confirmados. A série da quantidade de casos confirmados remete ao período de 01 ano (2017-2028) visto que foram os dados que estavam disponíveis na plataforma da SESMA.

O fornecimento de água potável e segura é fundamental para prevenir doenças diarreicas, uma vez que muitas dessas doenças são transmitidas por água contaminada com patógenos fecais. A adoção de técnicas como a filtração, a cloração e a fervura são essenciais para garantir que a água esteja livre de microrganismos que possam prejudicar a saúde.

Além do mais, é necessário garantir que a água seja tratada adequadamente antes de ser distribuída para consumo e esteja dentro dos parâmetros de potabilidade, bem como incluir todos os processos de tratamento exigidos pela legislação e fiscalização. Manter sistemas de armazenamento e distribuição de água limpos e bem mantidos para evitar a contaminação durante o transporte, bem como a realização de testes regulares para verificar a presença de contaminantes, como bactérias coliformes, e corrigir problemas rapidamente, facilitam na distribuição e no tratamento da água dentro da legislação vigente.

O sistema de esgoto eficaz evita o despejo de dejetos humanos no meio ambiente, reduzindo a contaminação de água e solo e, portanto, o risco de doenças diarreicas. Ademais, o tratamento adequado do esgoto é vital para prevenir surtos de doenças transmitidas por água e alimentos contaminados. Com isso, é necessária a implantação de sistemas de esgoto eficazes que coletam e tratam dejetos humanos antes de liberá-los no meio ambiente. Isso inclui redes de tubulações e estações de tratamento de esgoto.

A relação entre saneamento e saúde pública é inegável e vital para a prevenção de doenças e promoção do bem-estar geral. Saneamento básico adequado, que inclui o fornecimento de água potável, esgotamento sanitário eficiente, gestão apropriada de resíduos sólidos e drenagem urbana, é essencial para prevenir uma ampla gama de doenças infecciosas e parasitárias. A falta de infraestrutura adequada nesses aspectos pode resultar na propagação de patógenos, levando a surtos de doenças diarreicas, leptospirose, hepatite e outras enfermidades transmitidas por água e alimentos contaminados.

5.4 Etapa 04 – Auxílio do SIG no desenvolvimento de propostas de medidas estruturantes e estruturais

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para medidas estruturantes e estruturais são essenciais no planejamento urbano, gestão de recursos naturais, gestão de riscos e desastres, entre outros. O SIG permite o armazenamento, análise, visualização e processamento de dados geoespaciais, o que facilita a tomada de decisão em relação às intervenções e medidas estruturantes e estruturais.

No setor de saneamento básico, as medidas estruturantes são essenciais para garantir o acesso universal e sustentável a serviços de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. No DAGUA, o acesso a esses serviços é variado, visto que determinados componentes possuem atendimento em sua totalidade e outros são quase inexistentes.

Ademais, essas medidas são ações de curto e médio prazo para os componentes do saneamento básico, pois fornecem suporte técnico, político e gerencial para a sustentabilidade da prestação dos serviços a fim de adotar estratégias de gerenciamento para os tomadores de decisão vinculados ao saneamento e à saúde pública. Assim, entendendo a metodologia, é nítido que o fortalecimento das ações em medidas estruturantes assegurará uma crescente eficiência, efetividade e sustentação aos investimentos em medidas estruturais.

Essas medidas incluem a modernização da infraestrutura existente, ampliação dos sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto, e a integração de tecnologias avançadas para otimizar a eficiência e reduzir o desperdício. Além disso, a regulamentação eficaz e a criação de marcos legais que incentivem a participação do setor privado, por meio de concessões e parcerias público-privadas (PPPs), são elementos fundamentais para atrair investimentos e assegurar a continuidade dos serviços prestados.

No que tange às medidas estruturais para o saneamento básico, essas são ações de longo prazo voltadas para a criação de uma infraestrutura robusta e eficiente que possam garantir o acesso universal e contínuo a serviços essenciais como abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Logo, as medidas estruturais estão vinculadas às intervenções físicas nos territórios como a expansão de rede de abastecimento de água, rede coletora, implantação de estações, macrodrenagem, coleta seletiva e outros. Para a área de estudo, essas medidas são fundamentais para promover a saúde pública, proteger o meio ambiente e apoiar o desenvolvimento econômico.

A implementação dessas medidas envolve uma série de ações, incluindo a modernização e expansão da infraestrutura existente, a introdução de novas tecnologias para aumentar a eficiência dos sistemas de saneamento e a reforma dos marcos regulatórios para atrair investimentos e garantir a sustentabilidade financeira do setor. A Lei nº 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, é um exemplo significativo de medida estrutural. Essa legislação estabelece metas ambiciosas de universalização dos serviços até 2033 e promove a participação do setor privado, o que é visto como um passo crucial para suprir o déficit histórico no acesso ao saneamento (Brasil, 2020).

5.4.1 Medidas Estruturantes

Com o objetivo de melhorar a situação do saneamento básico e da saúde pública no DAGUA, os gestores públicos devem estabelecer medidas estruturantes para cada eixo temático por meio de ações e programas. Para auxiliar na tomada de decisões, o planejamento estratégico é uma excelente alternativa, pois no setor de saneamento e saúde pública esse tipo de recurso é crucial para promover a sustentabilidade ambiental, o bem-estar da população e o desenvolvimento socioeconômico.

Na Figura 22 estão relacionadas algumas medidas estruturantes para o saneamento básico e para a saúde pública, divulgadas para o estado do Pará e o município de Belém no período de 2020 a 2023.

Figura 22 – Medidas estruturantes realizadas no município e na área de estudo

Saneamento Básico	
	
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico	
COP30: Belém terá pacote bilionário para saneamento, infraestrutura viária e de energia <small>Entre as obras, está prevista a execução de 50 quilômetros de rede coletora de esgoto, 4,8 mil ligações de tubulações e pavimentação de vias de acesso ao local do evento internacional</small>	
Governo do Pará tem empréstimo para investimento em saneamento no Estado aprovado	
Saúde Pública	

Ministério da Saúde libera R\$ 25 milhões para a saúde pública de Belém

UNIDADES DE SAÚDE E REMÉDIOS

Prefeitura de Belém receberá recursos de 142,6 milhões de reais para investimento na área da saúde

Aos 407 anos de Belém, Estado celebra a capital com investimentos em áreas essenciais

Fonte: Prefeitura de Belém (2020), Exame (2024), Agência Pará (2024), G1 (2023), AgênciaBelém (2023) e Pará (2023).

As atividades apresentadas na Tabela 2 são fundamentais para o desenvolvimento do DAGUA com intuito de reduzir os casos confirmados das doenças pertencentes a este estudo.

Tabela 2 – Atividades previstas no PPA (2022-2025) no município de Belém

Atividades	
Construção, terraplenagem, pavimentação, drenagem e manutenção da malha viária	
Expansão, operacionalização e manutenção do sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos	
Operacionalização e manutenção dos serviços de limpeza urbana	
Gerenciamento do Plano Municipal de Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos	
Fiscalização, monitoramento e controle ambiental	
Educação ambiental e desenvolvimento comunitário	
Gerenciar o Plano Municipal de Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos	
Projetos	Descrição
Belém Bem Cuidada: PROMABEN	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras de infraestrutura na Bacia Hidrográfica da Estrada Nova
Belém Bem Cuidada: Macrodrenagem	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para sistemas de macrodrenagens
Belém Bem Cuidada: Microdrenagem	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para sistemas de microdrenagens
Belém Bem Cuidada: Limpeza Urbana	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para limpeza urbana
Belém Bem Cuidada: Pavimentação	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para pavimentação
Belém Bem Cuidada: Gestão dos Resíduos Sólidos	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para a gestão dos resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belém (2022).

É importante destacar que tais atividades, muitas vezes, não são previstas por distritos administrativos, somente apresentada para toda a extensão territorial do município, isto é, podendo ser planejada em qualquer localidade. Por isso, é necessária a utilização do SIG para que essas implantações sejam planejadas e executadas em tempo hábil para atender todo o corpo social.

A partir disso, elaborou-se um organograma (Figura 23) para compreender o que o município necessita para melhorar a qualidade do atendimento no saneamento básico e na saúde pública nos bairros, em especial, aqueles pertencentes ao DAGUA.

Figura 23 – Medidas estruturantes e seus desafios para área de estudo



Fonte: Autor (2024).

Assim como o saneamento básico, a saúde pública necessita de investimentos, porém quando observadas certas doenças, estas podem ser reduzidas a partir das melhorias no saneamento. O eixo da saúde também necessita de um órgão regulador para fiscalizar o atendimento e as estruturas físicas da unidade de saúde para que se tenha um ambiente apropriado e acolhedor para os pacientes.

Os desafios da saúde podem ser observados no setor público e privado, pois necessitam de valorização dos trabalhadores, aperfeiçoamento na gestão, acolhimento humanizado, ações emergenciais, entre outros. Todas essas problemáticas devem ser sanadas com uma reestruturação organizacional dentro de um planejamento a fim de facilitar e melhorar os atendimentos para todos os usuários que usufruem deste serviço, principalmente, no setor público.

As medidas estruturantes no saneamento básico e na saúde pública são fundamentais para melhorar a qualidade de vida da população, reduzir os riscos à saúde e promover um desenvolvimento sustentável. Elas envolvem desde a construção de infraestrutura até a mobilização comunitária e a educação ambiental, além de uma gestão integrada e eficiente dos recursos hídricos e resíduos. Ao implementar essas medidas, é possível facilitar o acesso universal a serviços essenciais de saneamento e reduzir significativamente os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

5.4.1.1 Medidas estruturantes para o saneamento básico

Para o saneamento básico são propostas quatro medidas estruturantes, sendo elas: programas de monitoramento, participação social, qualidade no atendimento e *dashboard* interativo. A partir dos itens escolhidos para a proposta, objetiva-se solucionar tais desafios que foram apresentados a fim de assegurar o melhor atendimento em todos os componentes do saneamento básico.

- **Programas de Monitoramento**

Os programas de monitoramento são essenciais para garantir que as práticas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana estejam em conformidade com padrões de qualidade e saúde pública. Esse tipo de recurso é fundamental para monitorar a implementação de políticas, a qualidade dos serviços prestados e o impacto sobre a saúde da população e o meio ambiente.

As companhias de saneamento estão investindo cada vez mais em tecnologia para que esse monitoramento ocorra de forma remota, possibilitando a identificação de quais problemas determinadas unidades podem sofrer, como a falta de água, nível dos reservatórios e outros. O centro operacional, como é denominado o espaço para monitoramento, é bastante comum para o abastecimento de água, porém tal solução vem sendo estudada para os demais componentes do saneamento básico. No Quadro 2 são apresentadas propostas de medidas estruturantes para o abastecimento de água no DAGUA.

Quadro 2 – Proposta para os programas de monitoramento no DAGUA

Componente	Proposta de medidas estruturante
SAA	- Criar a central operacional para o monitoramento da gestão do abastecimento de água; - Implantar sistema de telemetria nas unidades;

	<ul style="list-style-type: none">- Investir em novas estações fluviométrica a fim de monitorar o nível do corpo hídrico e a qualidade da água;- Monitorar os níveis dos reservatórios;- Implementar Controle de vazão e perdas no sistema;- Implementar Programação de alertas para unidades que necessitam de manutenções prévias e corretivas, entre outros.
SES	<ul style="list-style-type: none">- Criar o mapeamento das redes de esgoto ao longo da cidade;- Desenvolver o monitoramento do controle de perdas aparentes e reabilitação de rede;- Acompanhar a evolução da obra em tempo real, com todas as unidades georreferenciadas e interligadas por meio de uma plataforma digital.
DU	<ul style="list-style-type: none">- Criar aplicativos que informem a quantificação de chuvas previstas para área de estudo;- Atualizar as informações pertencentes às estações fluviométricas e pluviométricas;- Desenvolver metodologias informativas para os níveis dos rios e suas vazões;- Criar aplicativo mobile a partir do SIG que possibilite o acesso rápido.
RS	<ul style="list-style-type: none">- Desenvolver aplicativo de controle de geração e destinação dos resíduos sólidos;- Elaborar relatórios de geração e destinação constantes, estabelecendo comparativo para que a Prefeitura ou a prestadora de serviço consiga garantir a gestão eficiente dos resíduos;- Criar campanhas para reduzir impactos ambientais e proteger a saúde pública;- Propor medidas sustentáveis para o manejo de resíduos desde a geração até a disposição final, passando por coleta, transporte, tratamento e reciclagem.

Fonte: Autor (2024).

- **Participação Social**

A participação social no saneamento básico é fundamental para garantir que os serviços de água, esgoto, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana sejam implementados de forma democrática, transparente e eficaz. A inclusão da sociedade no planejamento, execução e monitoramento das políticas públicas de saneamento traz diversos benefícios e é respaldada por legislações e programas que visam assegurar esse engajamento.

O controle social estabelece a transparência e prestação de contas: por meio de conselhos, audiências públicas e fóruns de debate que permitem o acompanhamento das ações governamentais e das concessionárias de serviços, garantindo maior clareza nas decisões e aplicação dos recursos.

Deste modo, os grupos mais vulneráveis podem ser incluídos nas tomadas de decisão de atendimento nos componentes do saneamento básico, como a integração de populações



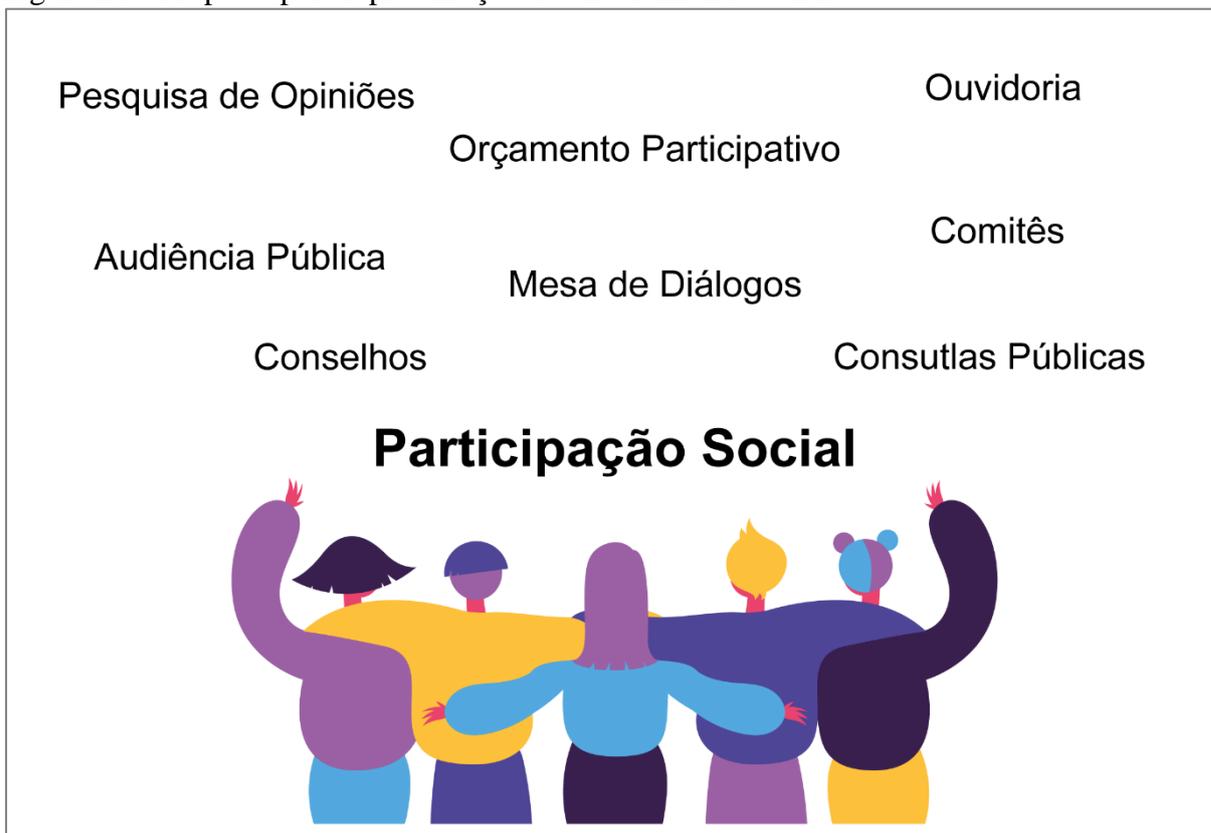
rurais, periféricas ou com acesso limitado aos serviços de saneamento, possibilitando que suas demandas sejam consideradas na formulação de políticas e ajudando na redução de desigualdades.

Mediante a todos os projetos, é necessária a fiscalização para que a obra ocorra de forma mais transparente, sendo o papel da sociedade civil com auxílio de Organizações não governamentais (ONGs), associações de moradores e outros grupos fiscalizarem e monitorarem o cumprimento de metas de saneamento, denunciando irregularidades e falhas na prestação dos serviços.

O engajamento da população contribui para a educação ambiental dos envolvidos que incentivam a população a participar ativamente do processo de gestão de resíduos, consumo consciente de água e preservação ambiental, gerando mudanças de comportamento que beneficiam toda a comunidade.

Além do mais, isso contribui para a capacitação e gestão comunitária, pois esta participação da sociedade pode incluir também o treinamento de lideranças locais para que assumam a gestão de serviços de saneamento em comunidades rurais ou regiões com menor cobertura de saneamento formal, como acontece em modelos de gestão comunitária. Na Figura 24 é apresentada a participação social que inclui diversas formas de envolvimento para tomada de decisões.

Figura 24 – Proposta para representação do envolvimento social



Fonte: Autor (2024).

A participação social não apenas legitima as políticas de saneamento, mas também contribui para soluções mais eficazes e sustentáveis, já que leva em consideração as realidades e necessidades da população diretamente afetada.

- **Qualidade no Atendimento**

A qualidade no atendimento do setor de saneamento básico é um fator essencial para garantir a prestação adequada dos serviços de água, esgoto, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos. Ela está diretamente ligada à satisfação do usuário, à eficiência das operações e à conformidade com padrões regulatórios e ambientais.

Para o abastecimento de água, é necessário que a prestadora de serviço garanta que o fornecimento de água seja ininterrupto e com pressão adequada, sendo essa uma das principais expectativas dos usuários. Em relação ao esgotamento sanitário, a coleta e o tratamento adequado da matéria orgânica são essenciais para evitar a contaminação ambiental e garantir a saúde pública. Para os resíduos sólidos, a empresa responsável deverá realizar a coleta dos resíduos, seu acondicionamento e destinação final ambientalmente adequada. Para a drenagem urbana, os dispositivos de drenagem devem ser frequentemente fiscalizados e limpos para que

em períodos críticos os alagamentos sejam evitados. A qualidade do serviço inclui a manutenção e operação dos sistemas.

A pontualidade e agilidade para resolução de problemas estão dentro dos critérios na qualidade do serviço prestado, pois a rapidez na resposta a problemas como vazamentos, interrupções no abastecimento ou entupimentos na rede de esgoto é crucial para um bom atendimento. Essa agilidade no atendimento ao cliente inclui o tempo de resposta às solicitações, como pedidos de ligação de água/esgoto, reparos e informações sobre contas e serviços.

Outro fator importante é destinado à transparência e comunicação, com intuito de trazer mais clareza nas informações sobre as tarifas, condições de pagamento, interrupções programadas ou problemas na rede que devem ser comunicadas de forma clara e acessível aos usuários. As prestadoras de serviços devem disponibilizar canais de atendimento eficazes, como atendimento presencial, telefônico, via internet ou aplicativos, em razão de ser importante para garantir que os usuários possam solicitar serviços e tirar dúvidas de forma rápida e eficaz.

A qualidade do atendimento ao cliente está diretamente relacionada ao treinamento e preparo das equipes que lidam com o público. É importante que o atendimento seja eficiente, cortês e resolutivo. O *feedback* possibilita que os usuários relatem problemas ou insatisfações por meio de canais de ouvidoria ou pesquisa de satisfação, sendo uma forma eficaz de monitorar e melhorar o serviço prestado.

Na Figura 25 é possível identificar algumas maneiras de melhorar a qualidade no atendimento com a prestação de serviço destinado ao saneamento básico.

Figura 25 – Propostas para a qualidade no atendimento com saneamento básico



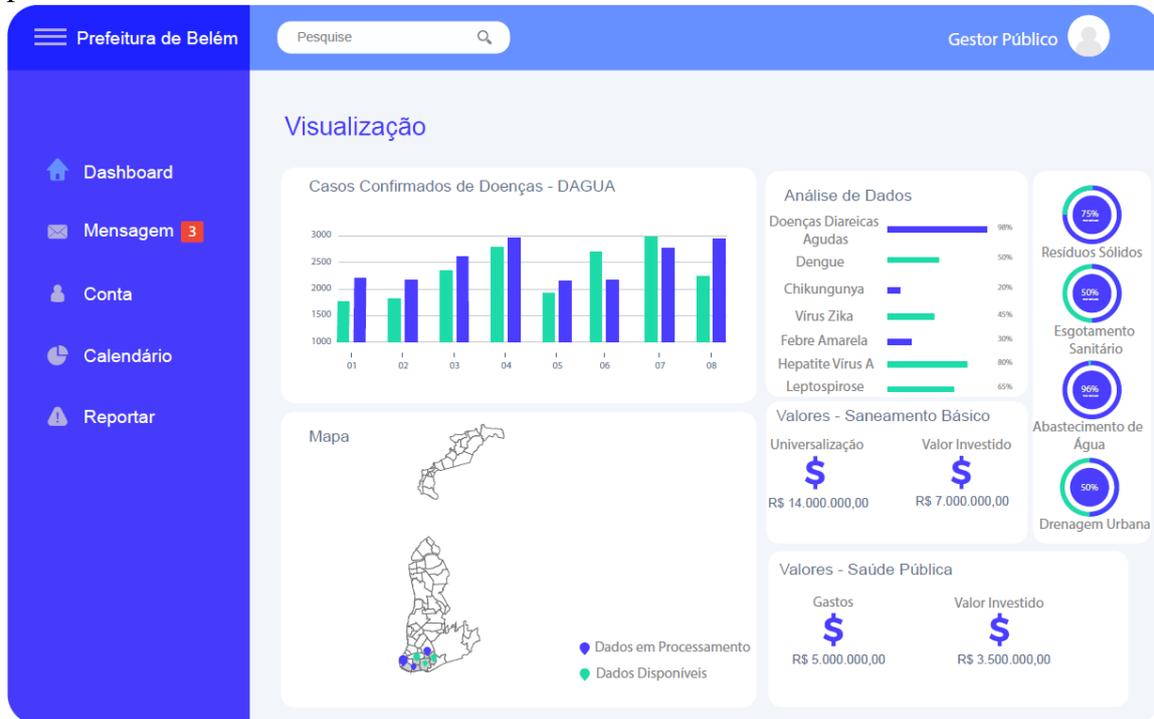
Fonte: Autor (2024).

A qualidade no atendimento do saneamento básico não é apenas um requisito técnico, mas uma necessidade social que impacta diretamente a vida das pessoas e o bem-estar das comunidades. Este eixo está ligado à confiabilidade dos serviços, à eficiência no gerenciamento dos recursos e ao comprometimento com o desenvolvimento sustentável.

- **Dashboard Interativo**

Com isso o levantamento das informações presentes no banco de dados das secretarias de saneamento, é de extrema importância que esses dados sejam divulgados e estudados por todos os membros da sociedade, em especial pesquisadores e jornalistas. Assim, na Figura 26 é apresentado um modelo de como os órgãos poderiam utilizar esses dados para facilitar na tomada de decisão no que tange ao saneamento básico e saúde pública.

Figura 26 – Proposta de *Dashboard* para o monitoramento do saneamento básico e saúde pública no DAGUA



*As informações utilizadas não são da pesquisa, o *Dashboard* é ilustrativo.
Fonte: Autor (2024).

Com isso, um *Dashboard* deve apresentar as informações mais importantes necessárias para alcançar determinado objetivo (Few, 2006). As configurações do painel precisam estar bem consolidadas e organizadas em uma única tela para que as mensagens possam ser monitoradas com uma rápida resposta e/ou aceitação da equipe técnica responsável.

Dentre todos os fatores abordados, o design deve ser limpo e intuitivo, sem mensagens que sobrecarreguem os usuários com informações desnecessárias, hierarquia visual e interatividade são fundamentais para o *Dashboard* funcione de maneira prática e adequada.

A diferença entre as soluções apresentadas no item de programas de monitoramento para o *dashboard* interativo está relacionada à criação de um banco de dados de diversas informações, juntando os dados de diferentes secretarias pertencentes ao município ou estado, possibilitando ao usuário filtrar os dados de seu interesse.

5.4.1.2 Medidas estruturantes para a saúde pública

Para a saúde pública estão previstas quatro propostas de medidas estruturantes, sendo elas: elaboração mensal de relatório, saúde ambiental, participação social e órgão regulador. Com a seleção dos itens para esta proposta, este tópico tem como objetivo minimizar os impactos negativos, contribuindo com a melhor prestação de serviço para o corpo social.

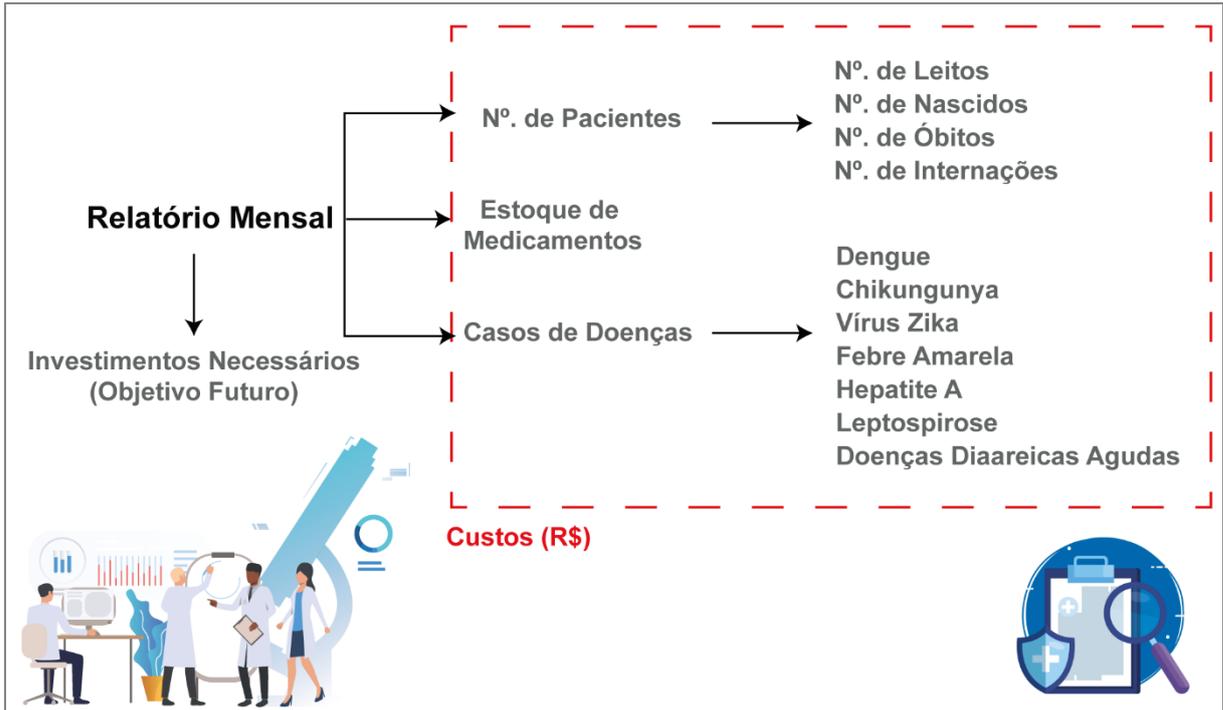
- **Elaboração de Relatório Mensal**

A elaboração de um relatório mensal para a saúde pública é uma ferramenta essencial para acompanhar, analisar e divulgar informações sobre as ações, indicadores e desafios enfrentados no campo da saúde. O documento permite que gestores, profissionais e a sociedade acompanhem o progresso das iniciativas, tomem decisões informadas e realizem ajustes necessários nas políticas e programas.

Os relatórios devem ser separados por unidade de atendimento, a fim de estabelecer um balanço dos casos de doenças, quantidade de internações, leitos, óbitos, investimentos, obras, ampliações, entre outros. Esses relatórios devem ser publicados em plataformas oficiais para que a sociedade tenha conhecimento da situação, de maneira interna entre os funcionários, além da utilização de ferramentas auxiliares como o GIS, que facilita no controle de estoque e nas taxas de incidências de determinadas épocas do ano, tendo de reduzir os casos de endemia.

Outras ferramentas que dão subsídio aos relatórios são as plataformas como o e-SUS, o Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), entre outros, para coletar dados precisos. As ferramentas como Excel, Power BI ou *softwares* de saúde pública ajudam na visualização e análise dos dados. A Figura 27 apresenta um esquema de como o relatório mensal pode ser gerenciado e abordam alguns assuntos que são de interesse do público e de funcionários, permanecendo sempre a transparência dos dados.

Figura 27 – Fluxo de informações que poderão conter no relatório mensal das unidades de saúde



Fonte: Autor (2024).

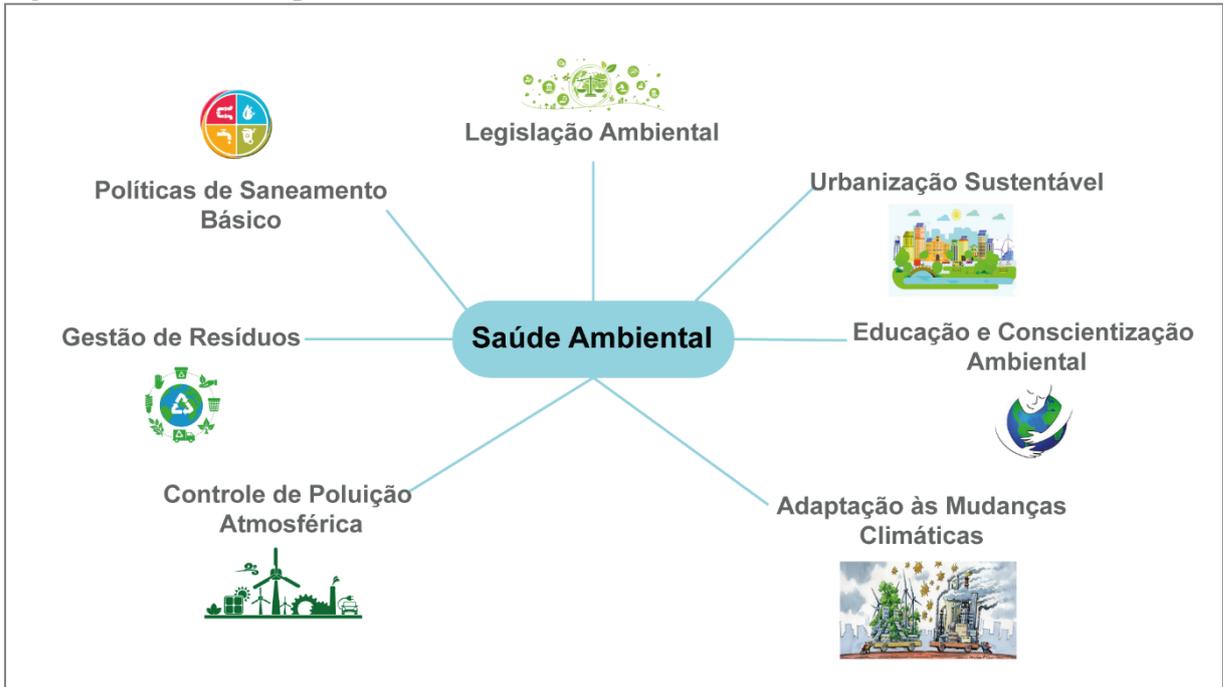
A elaboração de um relatório mensal de saúde pública permite que gestores e profissionais da saúde mantenham o controle sobre o status de diversas áreas de atuação, identifiquem problemas rapidamente e tomem decisões baseadas em evidências para melhorar a saúde da população.

- **Saúde Ambiental**

A saúde ambiental é uma área fundamental e medida estruturante, pois lida diretamente com a qualidade dos ambientes em que as pessoas vivem, trabalham e interagem. A saúde ambiental é essencial para criar condições que previnam doenças e promovam o bem-estar da população. As medidas estruturantes visam melhorar a saúde da população de maneira duradoura e sustentável.

Essa medida estruturante é uma área essencial dentro da saúde pública, pois está dedicada a reduzir impactos que fatores ambientais, sejam eles naturais ou antrópicos, têm sobre a saúde humana. Na Figura 28 são apresentados alguns subitens que estão associados à saúde ambiental de uma determinada localidade.

Figura 28 – Diretrizes para a saúde ambiental



Fonte: Autor (2024).

Os investimentos em infraestrutura de saneamento básico, como o tratamento de água, esgoto, resíduos e drenagem é uma das principais ações estruturantes. Eles reduzem a exposição da população a agentes patogênicos presentes em águas contaminadas, prevenindo doenças. Em relação às políticas eficazes para o manejo de resíduos sólidos, é possível incluir reciclagem e descarte seguro de materiais perigosos, essenciais para prevenir a contaminação do solo, da água e do ar, reduzindo o risco de doenças respiratórias, dermatológicas e outros problemas de saúde.

O controle da qualidade do ar é uma medida estruturante que impacta diretamente na saúde pública, especialmente, em grandes centros urbanos, por isso é fundamental estabelecer políticas que visem reduzir a poluição do ar, como a regulação das emissões de indústrias e veículos, essenciais para combater doenças respiratórias e cardiovasculares.

Com isso, o planejamento das cidades em garantir áreas verdes, mobilidade urbana saudável (como ciclovias e calçadas), e controle de poluição, é uma medida estruturante que influencia a saúde da população a longo prazo. Ambientes urbanos saudáveis promovem atividade física, reduzem o estresse e melhoram a qualidade de vida.

A promoção de campanhas educativas sobre os impactos da degradação ambiental na saúde é uma medida estruturante para mudar comportamentos e incentivar práticas sustentáveis. A conscientização sobre o uso de pesticidas, descarte de resíduos e poluição, por exemplo, pode evitar problemas de saúde relacionadas a essas práticas.

É de grande valia estabelecer as medidas estruturantes para enfrentar os impactos das mudanças climáticas que incluem a preparação das cidades para eventos climáticos extremos, como enchentes e ondas de calor. Políticas de adaptação que consideram a vulnerabilidade de comunidades podem prevenir desastres e doenças associadas às mudanças climáticas.

Ademais, criar e fazer cumprir leis ambientais que regulam a emissão de poluentes, o uso de recursos naturais e a proteção de áreas naturais é crucial para a saúde pública. Uma legislação ambiental forte é uma ferramenta de longo prazo para proteger tanto o meio ambiente quanto a saúde da população.

Para isso, investir em estações de monitoramento, sejam elas de precipitação, vazão de rios e da qualidade do ar (Figura 29), auxilia nesse processo de valorizar a saúde ambiental dos estados, municípios e bairros.

Figura 29 – Estação de monitoramento da qualidade do ar



Fonte: Lactec (2017) e CETESB (2016).

Essas intervenções criam as bases para uma saúde pública mais eficiente, ao evitar que fatores ambientais se tornem fontes de doenças. Assim, a saúde ambiental, como medida estruturante, tem impacto direto na melhoria da qualidade de vida e na promoção da saúde coletiva.

- **Participação Social**

A participação social na saúde pública, quando considerada como uma medida estruturante, envolve a criação e o fortalecimento de mecanismos institucionais e comunitários que garantam a integração contínua e efetiva da sociedade civil na tomada de decisões sobre políticas de saúde (Figura 30). As medidas estruturantes referem-se àquelas ações que têm impacto duradouro, proporcionando mudanças profundas e permanentes na forma como a sociedade participa da formulação e implementação das políticas de saúde.

Figura 30 – Controle social na garantia do direito à saúde



Fonte: Mundo da Fono (2019).

O Sistema Único de Saúde (SUS) precisou ser regulado a partir da Lei Orgânica da Saúde n.º 8.080/90, que define as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, além de organizar e regulamentar o funcionamento dos serviços de saúde em todo o território nacional. Dentro da sua estrutura, houve a necessidade de incluir a participação social como forma de garantir, de maneira mais eficaz, o direito à saúde a partir da Lei n.º 8.142/90, criada para regulamentar a participação, por meio de instâncias oficiais de controle social, como os Conselhos de Saúde e as Conferências de Saúde.

A inclusão visa dar voz a quem vivencia diretamente os impactos das ações de saúde pública. O controle social está associado à participação ativa dos cidadãos na gestão pública, ocorrendo quando a sociedade interage com o Estado para definir prioridades e elaborar planos de ação nos âmbitos municipal, estadual e federal. Essa participação acontece tanto durante a implementação das políticas públicas quanto na fiscalização, monitoramento e controle das ações governamentais.

Esse processo é fundamental para fortalecer a cidadania e aproximar a sociedade do Estado, garantindo que as políticas realmente atendam às necessidades prioritárias da população. Além disso, contribui para melhorar a oferta e qualidade dos serviços e fiscalizar a aplicação dos recursos públicos. O controle social é um aprendizado tanto para gestores quanto



para os cidadãos, promovendo o diálogo e o reconhecimento das diversas necessidades existentes.

Discutir a participação popular ou controle social nas políticas públicas de saúde não se limita a abordar questões de desperdício, desvios ou corrupção. O controle social vai além de sua função de fiscalização, abrangendo também o dever de cobrar e contribuir para a efetividade e o comprometimento de quem presta os serviços de saúde.

- **Órgão Regulador Municipal**

O órgão regulamentador da saúde pública em nível municipal é a Secretaria Municipal de Saúde, sendo responsável por planejar, coordenar e executar as políticas de saúde no âmbito local, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Além disso, a Secretaria Municipal de Saúde é encarregada de regulamentar, supervisionar e fiscalizar os serviços de saúde pública no município, visando à promoção, proteção e recuperação da saúde da população.

Para que a atuação do órgão regulador seja efetiva é necessário que se tenham algumas diretrizes como:

1. Planejamento e Gestão Participativa: envolve a responsabilidade de criar Planos Municipais de Saúde a fim de conhecer o real cenário das localidades e garantir que as demandas locais sejam atendidas, bem como promover audiências públicas para discutir as prioridades para setor de atendimento;
2. Fortalecimento da Estrutura de Saúde: o órgão regulador fica responsável em administrar os investimentos para a construção e para a manutenção de postos de saúde e hospitais para garantir que a população tenha acesso a serviços básicos de saúde, além de promover a capacitação dos profissionais da saúde por meio de programas de formação, assegurando que a equipe esteja sempre qualificada para atender às necessidades da população;
3. Integração de Serviços de Saúde: a integração deve ocorrer em diversos setores como a educação, assistência social, saneamento, teatro e outros, para abordar de forma mais abrangente as necessidades da população;
4. Controle e Avaliação das Políticas de Saúde: existe a necessidade de criar sistemas de monitoramento e avaliação das políticas e programas de saúde para garantir a eficácia dos serviços prestados e, também, implementar mecanismos de transparência que

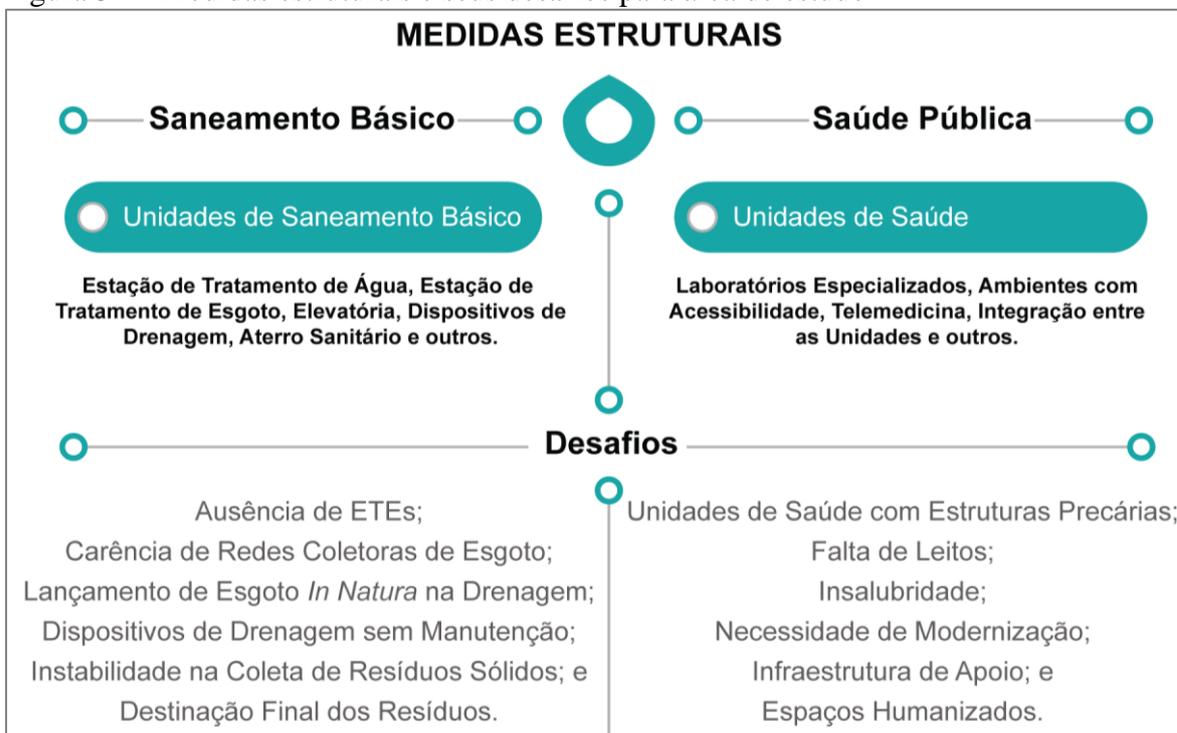
permitam a população acompanhar a execução orçamentária e a eficácia das ações inseridas nas unidades de saúde.

As medidas estruturantes implementadas pelos órgãos regulamentadores da saúde pública municipal são essenciais para criar um sistema de saúde mais eficiente, acessível e de qualidade. Ao promover a participação social e a integração de serviços, essas medidas ajudam a garantir que as políticas de saúde atendam de fato às necessidades da população, contribuindo para a melhoria da saúde coletiva e o fortalecimento da cidadania.

5.4.2 Medidas Estruturais

As medidas estruturais (Figura 31) estão relacionadas às infraestruturas físicas, como as unidades de instalação de abastecimento de água (Estação de Tratamento de Água (ETA), captação e bombas); para o esgotamento sanitário (Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), elevatórias e redes coletoras); para a drenagem urbana (bocas de lobo, canais de macrodrenagem, sarjetas e comportas); e para os resíduos sólidos (Estação de transbordo, aterro sanitário, locais para recebimento de entulho, reciclagem e outros).

Figura 31 – Medidas estruturais e seus desafios para área de estudo



Fonte: Autor (2024).

Para a área de estudo, o componente com menor atendimento é o esgotamento sanitário, pois não apresenta cadastro e presença de rede coletora de esgoto, elevatórias e estações de



tratamento. Com isso, todo o efluente bruto gerado é lançado nos dispositivos de drenagem que ficam expostos a céu aberto nas periferias e nos centros urbanos, o que contribui para a proliferação de vetores de determinadas doenças. Assim, é possível observar que um componente ineficiente prejudica o funcionamento dos demais.

É de extrema importância que o município compreenda as necessidades das infraestruturas que precisam de manutenção preventiva a serem instaladas para o melhor atendimento da população com abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana.

5.4.2.1 Medidas estruturais para o saneamento básico

As medidas estruturais para o saneamento básico são essenciais para garantir a saúde pública, a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável de uma sociedade. A partir disso, no Quadro 3, Quadro 4, Quadro 5 e Quadro 6 são relacionados os componentes por setor/distritos, as unidades que necessitam de melhorias e a descrição dos serviços que devem ser realizados para melhor atender o corpo social.

Quadro 3 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Abastecimento de Água do DAGUA

(Continua)

Componente	Setor/Distritos	Unidade	Descrição
Sistema de Abastecimento de Água	4º Setor	RAP	- Realizar obra de revitalização na parte estrutural e arquitetônica.
		REL	- Construir de um novo REL visto que o existente não se encontra em funcionamento; - Revitalizar o REL existente (retirada de vazamento, fissuras, maior estabilização e entre outros).
	6º Setor	Decantador	- Implantar um novo decantador automatizado para que se evite acúmulos de partículas e atrapalhe essa etapa de tratamento.
		RAP	- Construção de um novo RAP ou ampliação do existente a fim de assegurar um maior período de armazenamento da água em tempo de manutenção do sistema ou falta de água.
		REL	- O REL existente não é mais utilizado e por se tratar de um Patrimônio Estadual como Monumento Paisagístico e Turístico, esta unidade deve ser restaurada para fazer parte de uma rota turística, trazendo atrativos turísticos e econômicos para a própria companhia de saneamento; - Construir novo REL para suprir a função do que não se encontra em funcionamento.
		Filtro	- Construir novos filtros, visto que alguns estão servindo somente como caixa de passagem, sem desempenhar sua principal função que é reter as partículas sólidas ou as impurezas pertencentes na água.



(Conclusão)

Componente	Setor/Distritos	Unidade	Descrição
Sistema de Abastecimento de Água	6° Setor	Filtro	- Construir novos filtros.
		EAT	- Revitalizar as áreas destinadas a EAT a fim de garantir maior segurança para esta unidade.
	7° Setor	Poço	- Construir novos poços e tornar inativo aqueles que não estão mais suprindo a demanda necessária; - Manter limpeza periódica dos poços para que a vazão de exploração continue atendendo a demanda; - Limpeza do terreno onde se encontra o poço; - Construir base do poço em concreto; - Cercamento das áreas dos poços para evitar acidentes.
		Aerador	- Implantação de novos aeradores, devido à presença de ferro nessa região, é necessário realizar a manutenção periódica desta unidade a fim de que esse tratamento não seja prejudicado.
		Filtro	- Restaurar filtros que estiverem sem funcionamento, automatização da unidade, limpeza periódica; - Implantação de novos filtros para este setor.
		RAP	- Construir um novo RAP ou ampliação do existente a fim de assegurar um maior período de armazenamento da água em tempo de manutenção do sistema ou falta de água.
		REL	- Construir um novo REL ou revitalização na parte estrutural e arquitetônica do existente.
	8° Setor	AAT	- Realizar a proteção da Adutora de Água Tratada (AAT), por meio de obra civil, que vem da ETA Bolonha para evitar possíveis danos de fissuras, vazamentos ou qualquer outra interferência que prejudique o transporte da água tratada.
	8° Setor	REL	- Construir um novo REL ou revitalização na parte estrutural e arquitetônica do já existente.

Fonte: Autor (2024).

Quadro 4 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário do DAGUA

Componente	Setor/Distritos	Unidade	Descrição
Sistema de Esgotamento Sanitário	DAGUA	Rede Coletora	- Implantação de redes coletoras de esgoto para os bairros de Canudos, Cremação, Condor, Jurunas, Guamá e Terra-Firme (Montese), visto que a população não é atendida com esta unidade.
		Elevatória	- Instalar elevatórias para evitar elevadas profundidades e realizar o bombeamento das áreas mais baixas para as mais altas até a chegada na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).
		ETE	- Implantação de novas ETE, obedecendo aos estudos realizados pelo PMSB ou pela logística da companhia de saneamento a fim de atender às áreas não atendidas. - Para as ETE existentes, a ETE Riacho Doce deve somente atender uma pequena parcela do conjunto do Riacho Doce e a ETE Promaben será construída por etapas, sendo os processos iniciais com tratamento preliminar e posteriormente as demais etapas.
		Lançamento de efluente	- Construir um emissário dentro das exigências e normas técnicas e ambientais para o lançamento do efluente tratado em um corpo receptor.

Fonte: Autor (2024).



Quadro 5 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Drenagem Urbana do DAGUA

Componente	Setor/Distritos	Unidade	Descrição
Drenagem Urbana	DAGUA	Rede de drenagem	- Construir novas redes de drenagem; - Substituir as redes de drenagem antigas por novas.
		Boca de lobo	- Implantação de gradeamento nas bocas de lobo para evitar acúmulo de resíduos, causando entupimento; - Substituição das bocas de lobo projetadas nas curvas das vias, o que não é recomendado.
		Sarjeta	- Construção de sarjetas para direcionarem o escoamento da água pluvial até a boca de lobo.
		Canal	- Construir estruturas da macrodrenagem, em especial, os canais que hoje são utilizados para receber efluente in natura; - Implantar parques alagáveis ou parque linear para evitar moradias irregulares nas bordas dos canais, além de trazer uma maior dinâmica para aquele espaço.

Fonte: Autor (2024).

Quadro 6 – Medidas Estruturais propostas para as unidades do Sistema de Manejo de Resíduos Sólidos do DAGUA

Componente	Setor/Distritos	Unidade	Descrição
Resíduos Sólidos	DAGUA	Coleta dos resíduos	<ul style="list-style-type: none">- Implantar pontos de destinação dos resíduos sólidos urbanos, construção civil e de saúde;- Construir locais para recebimento de resíduos e rejeitos nos bairros pertencentes ao DAGUA;- Implantar lixeiras ao longo da cidade e do DAGUA, realizando a limpeza periódica e manutenção;- Implantar contêiner nos bairros para receberem os materiais com valor de mercado.
		Transbordo	<ul style="list-style-type: none">- Construir estações de transbordo ao longo da cidade para evitar que os próprios caminhões de coleta sejam direcionados até o tratamento, evitando elevados custos com combustível e uma logística ineficiente;- Implantar nessas estações a separação dos materiais recicláveis e que possuem um valor comercial, deixando somente os rejeitos serem direcionados para o aterro sanitário.
		Tratamento	<ul style="list-style-type: none">- Construção de um novo aterro sanitário para receber os resíduos e que contenha todas as etapas prévias para que somente os rejeitos sejam destinados ao aterro;- Construir pequenos pontos de tratamento que recebem materiais secos e úmidos recicláveis e com valor de mercado.

Fonte: Autor (2024).



5.4.2.2 Medidas estruturais para a saúde pública

A garantia da saúde pública, da qualidade de vida, do bem-estar social são algumas das formas de beneficiar a população, o que pode ser obtido a partir de medidas estruturais voltadas à saúde pública no DAGUA. A partir disso, no Quadro 7 são relacionadas propostas voltadas à saúde pública para o DAGUA.

Quadro 7 – Ampliação, revitalização, substituição e manutenção dos componentes do saneamento básico para o DAGUA

Componente	Bairro/Distrito	Unidade	Descrição
Saúde Pública	Canudos	Unidades de Saúde	- Construir unidades de saúde com intuito de amenizar a demanda para os outros bairros (UBS, UMS, UPA e Hospital), não necessariamente todas as unidades nesse bairro.
	DAGUA, exceto Canudos		- Ampliar as unidades de saúde a fim de atender com mais rapidez e eficiência a população, reduzindo a quantidade de filas e proporcionar mais conforto para os pacientes.
	DAGUA	Laboratórios	- Construir laboratório que atenda às necessidades básicas para os pacientes como coleta de sangue, urina e outros exames para diagnóstico.
		Acessibilidade	- Implantar acessibilidade nas unidades de saúde, como piso tátil, corrimões, rampas e outros.

Fonte: Autor (2024).

A partir das necessidades observadas nas etapas anteriores, esse item tem como finalidade propor as medidas estruturais referentes à saúde pública para o Distrito Administrativo do Guamá, com intuito de ampliar e construir novas unidade de saúde para garantir, ainda mais, a eficiência do atendimento. Além disso, outras unidades de criação e desenvolvimento foram propostas para que esse serviço seja rápido e eficiente, estabelecendo parcerias entre o setor público e privado.



5.4.2.3 Propostas de medidas estruturais previstas para o DAGUA estabelecidos no PPA (2022-2025)

O principal instrumento de planejamento orçamentário é o Plano Plurianual (PPA). O planejamento municipal é um processo dinâmico e interativo para determinar os objetivos, estratégias e ações do município. É elaborado com técnicas administrativas diferenciadas e complementares, que envolvem ativamente diversos atores sociais no local de trabalho. É formalizado para articular políticas federais, estaduais e municipais, para produzir resultados no município e gerar qualidade de vida adequada aos seus moradores. Ademais, é considerado um projeto urbano global, que leva em conta muitas questões municipais e avalia a forma participativa de pensar o município no presente e no futuro.

O PPA (2022-2025) necessitou da participação popular; eixos estratégicos de gestão; integração entre planejamento, orçamento e avaliação e visão estratégica no que tange a sustentabilidade. Para as medidas estruturais serão levadas em consideração as metas, as ações e os projetos pertencentes aos bairros da área de estudo.

Com as metas e ações estabelecidas no PPA serão pontuadas algumas medidas estruturais físicas que são importantes serem instaladas no DAGUA a fim de melhorar o atendimento do saneamento básico e saúde pública. Diante disso, dentro do documento supramencionado no Anexo II, é possível visualizar o quadro geral detalhado dos eixos/programas temáticos com subprograma, indicadores, objetivos, metas, ações, atividades, projetos e programa de manutenção da administração dos poderes constituídos que apresenta o eixo principal, saneamento e saúde que são objetos dos trabalhos, para identificar quais são as metas, ações e projetos aplicados.

As medidas estruturais previstas no PPA da prefeitura do município de Belém podem ser observadas na Tabela 3, representando o item da infraestrutura urbana e saneamento básico e, na Tabela 4, a saúde pública.



Tabela 3 – Medidas estruturais do PPA para a infraestrutura urbana e saneamento básico com metas, ações e projetos para o município de Belém e área de estudo

Continua

Objetivo 2101						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Implantar 61,2 Km de pavimentação e drenagem em vias no sistema viário do município de Belém	Abrangência Municipal	Km	1,45875	-	15,30	45,90
Recuperar e revitalizar 588,24 Km de vias no sistema viário do município de Belém	Abrangência Municipal	Km	3,5475	-	147,06	441,18
Otimizar em 100% os serviços prestados pelo atual sistema de manejo de resíduos sólidos, coleta, transporte, tratamento e deposição final	Abrangência Municipal	Percentual	96%	-	1%	3%
Otimizar em 100% os serviços prestados pelo atual sistema de limpeza urbana	Abrangência Municipal	Percentual	60%	-	10%	30%
Ampliar em 100% a coleta seletiva no município de Belém	DAGUA	Percentual	2%	-	5%	8%
Implantar 52 km de rede de microdrenagem	Abrangência Municipal	km	2,14375	-	13	39
Manter 216 km de rede de microdrenagem do município	Abrangência Municipal	km	8,9875	-	54	162
Reduzir em 40% a ocorrência de riscos ou ocorrência de sinistros ambientais	Abrangência Municipal	Percentual	-	-	10%	30%
Executar 2.060 metros de macrodrenagem do tipo canais e galerias, das sub bacias 1,2, 3 e 4 da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova	DAGUA	m	-	2021	570	1.490
Implantar 3 Sistemas de Comportas nos canais da área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	DAGUA	Nº. Absoluto	-	2021	1	2



Continua

Objetivo 2101						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Reabilitar 3.920 metros de canais de macrodrenagem na área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	Abrangência Municipal	m	-	2021	420	3.500
Implantar 12.760 metros de redes de microdrenagem na área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	DAGUA	m	-	2021	170	12.590
Executar/Revitalizar 8,87 km do sistema Viário da Bacia da Estrada Nova	DAGUA	km	-	2021	1,78	7,09
Implantar 35.000 metros de rede de abastecimento de água no Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	DAGUA	m	-	-	0	3.500
Implantar 4.000 ligações intradomiciliar na área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	DAGUA	Nº. Absoluto	-	2021	0	4.000
Implantar 51.000 metros de rede de esgoto sanitário na área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN II	DAGUA	m	-	-	0	51.000
Ações	Produto (Entrega de bens e serviços)					
Implantar Estação de Tratamento de Esgoto na área do Programa de Saneamento da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova – PROMABEN	Estação de tratamento de esgoto - ETE construída e em operação					
Implantação do plano de normatização do lançamento de águas pluviais e esgotamento sanitário	Plano de normatização do lançamento de águas pluviais e esgotamento sanitário implantado					



Conclusão

Ações	Produto (Entrega de bens e serviços)
Implantar o Plano de Normatização do Lançamento de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário	Plano de Normatização do Lançamento de Águas Pluviais e Esgotamento Sanitário implantado
Atividades	
Construção, terraplenagem, pavimentação, drenagem e manutenção da malha viária	
Expansão, operacionalização e manutenção do sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos	
Operacionalização e manutenção dos serviços de limpeza urbana	
Gerenciamento do Plano Municipal de Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos	
Fiscalização, monitoramento e controle ambiental	
Educação ambiental e desenvolvimento comunitário	
Gerenciar o Plano Municipal de Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos	
Projetos	Descrição
Belém Bem Cuidada: PROMABEN	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras de infraestrutura na Bacia Hidrográfica da Estrada Nova
Belém Bem Cuidada: Macrodrenagem	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para sistemas de macrodrenagens
Belém Bem Cuidada: Microdrenagem	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para sistemas de microdrenagens
Belém Bem Cuidada: Limpeza Urbana	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para limpeza urbana
Belém Bem Cuidada: Pavimentação	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para pavimentação
Belém Bem Cuidada: Gestão dos Resíduos Sólidos	Desenvolvimento de estudos, projetos e obras para a gestão dos resíduos sólidos

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belém (2022).



Tabela 4 – Medidas estruturais do PPA para a saúde pública com metas, ações e projetos para o município de Belém e área de estudo

Continua

Objetivo 1201						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Ampliar a cobertura de atenção básica de 40% para 100% em 4 anos	Abrangência Municipal	Percentual	40%	dez/20	20%	40%
Ampliar o número de equipes de Estratégia Saúde da Família (ESF) de 100 para 315 nos 4 anos	Abrangência Municipal	Nº. Absoluto	100	dez/20	70	145
Ampliar a cobertura de 599 (23,07%) para 1.895 de Agente Comunitário de Saúde (ACS) nos 4 anos	Abrangência Municipal	Nº. Absoluto	599	dez/20	420	876
Ampliar a informatização de 12 equipes para 315 equipes por meio da implantação do prontuário eletrônico cidadão	Abrangência Municipal	Nº. Absoluto	12	dez/20	90	213
Reduzir as internações por causas sensíveis (ICSAB) na atenção básica de 31,90% para 25% ao longo de 4 anos	Abrangência Municipal	Percentual	31,90%	dez/20	-2,90%	-4,00%
Ações	Produto (Entrega de bens e serviços)					
Elaborar diagnóstico territorial da cobertura da rede de atenção básica a saúde	Diagnóstico elaborado					
Projetos	Descrição					
Rede Belém de Saúde nas Comunidades	Ampliação e Manutenção da Cobertura da Atenção Primária à Saúde					
Objetivo 1202						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Implantar 60 novos leitos hospitalares	Abrangência Municipal	Taxa (/1000 NV)	353	mai/21	0	60



Conclusão

Objetivo 1202						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Ampliar de 68.475.404 para 75.322.944 o número de procedimentos especializados de média complexidade ambulatorial para população residente e referenciada. (aumento de 10% - 6.847.540 nos 4 anos)	Abrangência Municipal	Nº. Absoluto	68.475.404	dez/20	1.711.885	5.135.655
Ampliar de 11.086.212 para 12.194.833 o número de procedimentos especializados de alta complexidade ambulatorial para população residente e referenciada (aumento de 10% - 1.108.621 nos 4 anos)	Abrangência Municipal	Nº. Absoluto	11.086.212	dez/20	277.155	831.466
Projetos	Descrição					
Hospital da Mulher e da Criança do Município de Belém	Implantação do hospital municipal para a mulher e a criança					
Objetivo 1203						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Ampliação do número de unidades de suporte básico de 12 para 15	Abrangência Municipal	Percentual	12%	2021	12%	15%
Ampliar o número de Ambulâncias de 16 para 19	Abrangência Municipal	Percentual	16%	2021	16%	19%
Ampliar o Atendimento no Suporte Básico – SAMU de 1,20 para 1,30 nos 04 anos	Abrangência Municipal	Percentual	1,20%	mai/21	0,03%	0%
Ações	Produto (Entrega de bens e serviços)					
Aprimorar e adequar os serviços de U/E, para melhoria e ampliação da cobertura das pessoas atendidas na Rede de Atenção às Urgências (RUE)	Serviços de U/E aprimorado e adequado					
Objetivo 1206						
Metas	Localização	Unidade	Linha de Base	Data	2022	2023-2025
Qualificar a vigilância à saúde e o controle epidemiológico de 20% a 80% em 4 anos	Abrangência Municipal	Percentual	20,00%	mai/21	50,00%	10,00%

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Belém (2022).

O PPA, também, apresenta alguns projetos que estavam em andamento no ano de 2022, tanto para a área da infraestrutura quanto para o saneamento básico:

- Ampliar, pavimentar e manter a malha viária do município de Belém;
- Construir novas vias no sistema viário do município;
- Executar e gerir o Programa de Saneamento da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN I e II;
- Ampliar e aperfeiçoar o sistema de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos urbanos; e
- Ampliar o sistema de coleta seletiva de materiais recicláveis.

Para a saúde pública foram apresentados somente dois projetos como:

- Estruturar e reformar Unidades Básicas de Saúde - UBS; e
- Implantar Espaços de Acolhimento;

É válido salientar que os itens informados correspondem ao escopo do estudo, tendo outros eixos de projetos no documento. As metas, ações e projetos apresentados estão em andamento e outros ainda não foram iniciados. Outra problemática está relacionada à área de abrangência que, em muitos eixos, somente consta o município, não identificando o real ponto de implantação dos serviços. Logo, é de extrema importância que os projetos sejam identificados por distritos administrativos a fim de verificar quais serão as implantações e melhorias do saneamento básico e saúde pública para os bairros.

Na Figura 32 são apresentadas notícias publicadas sobre as medidas estruturais que estão sendo aplicadas no município da área de estudo:

Figura 32 – Medidas estruturais realizadas no município e na área de estudo

Saneamento Básico	
Novo Ecoponto é instalado no canal São Joaquim para descarte de lixo em Belém; veja como funciona	Local recebe materiais que não podem ser descartados na coleta seletiva semanal. Confira o que pode.
Em Belém, obra da Estação de Tratamento de Esgoto do UNA segue em ritmo acelerado	Sistema já é considerado o maior do Estado e amplia o abastecimento na capital paraense em benefício direto de cerca de 90 mil habitantes

Saneamento Básico
<p>OBRAS PÚBLICAS</p> <p>Obra da Bacia do Tucunduba vai trazer mais qualidade de vida aos moradores de Belém</p> <p>Com mais de 90% de avanço, projeto que estava paralisado por anos, agora é uma realidade para a população</p>
<p>Ciclus Amazônia antecipa início da operação de gestão de resíduos em Belém</p>
Saúde Pública
<p>SAÚDE PÚBLICA</p> <p>Governo do Estado entrega novo Pronto-Socorro à população de Belém</p> <p>Ao todo são 28 mil metros quadrados de área construída e estruturada para desenvolver atendimentos de urgência e emergência para demandas espontâneas, durante 24 horas</p>
<p>Governo do Estado avança as obras do primeiro Hospital Público da Mulher, em Belém</p>
<p>Unidade de Referência de Vigilância das Doenças Tropicais será inaugurada em Belém neste sábado, 22</p>

Fonte: G1 (2024), Pará (2023), Pará (2023), Ciclus Amazônia (2024), Pará (2024), Pará (2024) e Agência Belém (2024).

As implantações das medidas estruturais, muitas vezes, não chegam até o DAGUA, em razão da preferência de alguns gestores públicos em situarem essas obras em pontos estratégicos da cidade, isto é, a parte mais central e de elevado poder aquisitivo. A carência desses serviços que não são planejados por bairros resulta no déficit de atendimento em diversos setores devido às decisões tomadas pelos gestores públicos contemplarem uma quantidade superior de usuários que a estrutura foi projetada.

Portanto, planejar e executar o que está sendo proposto é fundamental, principalmente, aqueles projetos voltados para as intervenções físicas, como: novas estações de tratamento de água e esgoto, ampliação da rede de abastecimento de água, rede coletora de esgoto, rede de drenagem, manutenção da macro e microdrenagem, bem como instalação de novas unidades de saúde, eficiência no atendimento, infraestrutura de qualidade, rapidez no serviço e outros. Assim, o principal intuito é potencializar o saneamento básico e saúde pública, reduzindo os casos de doenças que estão associados e facilitar a tomada de decisão dos gestores públicos.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de SIG na análise da relação entre saneamento básico e saúde pública no DAGUA auxiliou na identificação das áreas com o maior fragilidade em relação ao saneamento básico e saúde pública, com a espacialização do número de casos confirmados de doenças que estão relacionadas com essa temática, facilitando, assim, o planejamento e as propostas de medidas estruturantes e estruturais com intuito de sanar as problemáticas naquele localidade e, principalmente, visando melhorar o saneamento básico na área, com implantação de novas unidades de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos, bem como a necessidade de construção e ampliação de novas unidades de saúde para atender o corpo social com mais eficiência e estabelecer uma relação de prevenção para estes bairros.

O abastecimento de água atende todo o DAGUA, porém necessita de melhorias nas infraestruturas dentro dos setores da prestadora de serviço (Cosanpa), com intuito de melhorar sua eficiência no atendimento e na qualidade dos serviços.

A área de estudo não possui rede coletora de esgoto cadastrada, somente na área das ETEs do PROMABEN e do Riacho Doce, uma vez que, para a construção desta unidade, é necessário que se tenha recebimento de efluente para realizar o tratamento. É importante mencionar que toda a área do distrito não é atendida.

A drenagem urbana necessita de novas interferências na micro e macrodrenagem, com implantação de novas unidades e manutenção das existentes, a fim de reduzir alagamentos em determinadas localidades que são mais afetadas.

O sistema de manejo de resíduos sólidos apresenta problemas no DAGUA, principalmente, próximo aos canais ou em locais que possuem área sem ocupação devido ao grande acúmulo de resíduos secos, úmidos e rejeitos.

Em relação aos casos confirmados de doenças foi observado que as doenças diarreicas agudas, apesar dos dados de 2017 e 2018, apresentaram maior número de casos confirmados no bairro do Guamá. O Zika Vírus se encontra em segundo lugar, também no bairro do Guamá, na quantidade de casos confirmados. As demais doenças apresentam certo equilíbrio, visto que em alguns anos os bairros não apresentaram tal patologia ou a secretaria não realizou o registro destas doenças.

A partir do auxílio do SIG, foram propostas medidas estruturantes para o saneamento básico por meio de programas de monitoramento, participação social, qualidade no atendimento e *dashboard* interativo. Para a saúde pública, foram propostas: a elaboração de relatório mensal,



saúde ambiental, participação social e órgão regulador para o saneamento básico e para a saúde pública, bem como os seus desafios que ainda são entraves entre órgão público e corpo social.

Em relação às medidas estruturais, estas estão relacionadas com as estruturas físicas de implantação no saneamento básico e saúde pública. Para os sistemas de abastecimento de água foi proposta a construção, revitalização e manutenção de unidades do DAGUA. No caso do esgotamento sanitário, foram propostas melhorias e ampliação nas unidades (redes coletoras de esgoto, ETE, elevatórias e entre outros). No caso do manejo de resíduos sólidos, foram propostos novos pontos de coleta de resíduos e rejeitos e, para a drenagem urbana, foi proposta implantação de sarjetas, limpeza dos canais, manutenção das bocas de lobo, instalação de comportas e outros. Cabe às prestadoras de serviços adotarem medidas estruturantes mais intensas e verificarem suas principais necessidades para implantação de estruturas físicas.

Portanto, o SIG permitiu estabelecer a relação entre o saneamento básico e saúde pública por meio da espacialização das informações, facilitando a identificação dos bairros com maiores número de casos confirmados devido à carência de saneamento naqueles setores. Assim, a promoção do saneamento básico e saúde pública devem ser prioridades para gestores públicos e para a sociedade, desenvolvendo comunidades mais sustentáveis e resilientes.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BELÉM. **Prefeitura de Belém receberá recursos de 142,6 milhões de reais para investimento na área da saúde.** 2024. Disponível em: <https://agenciabelem.com.br/Noticia/237744/prefeitura-de-belem-recebera-recursos-de-1426-milhoes-de-reais-para-investimento-na-area-da-saude>.

AGÊNCIA BELÉM. **Unidade de Referência de Vigilância das Doenças Tropicais será inaugurada em Belém neste sábado, 22.** 2024. Disponível em: <https://agenciabelem.com.br/Pauta/39879/nova-unidade-de-saude-da-cremacao-urvet-sera-inaugurada-neste-sabado-22>.

AGÊNCIA BELÉM. **Prefeitura promove a primeira audiência sobre Plano Municipal de Saneamento Básico.** 2020. Disponível em: <https://agenciabelem.com.br/Noticia/207229/prefeitura-promove-a-primeira-audiencia-sobre-plano-municipal-de-saneamento-basico>.

AGÊNCIA PARÁ. **Governo do Pará tem empréstimo para investimento em saneamento no Estado aprovado.** 2024. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/56332/governo-do-para-tem-emprestimo-para-investimento-em-saneamento-no-estado-aprovado>.

ALMEIDA, Matheus Pinheiro; TRINDADE Fernanda Cota. ADENSAMENTO URBANO X ÁREAS DE EXPANSÃO: UMA ANÁLISE URBANA E AMBIENTAL NA CIDADE DE MANHUMIRIM – MG. **Pensar Acadêmico**. Minas Gerais, v. 19, n. 1, p. 223-250, 2021.

ANA. **ANA atualiza aplicativo que permite acompanhar chuvas, rios e reservatórios.** 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-atualiza-aplicativo-que-permite-acompanhar-chuvas-rios-e-reservatorios>.

ANA. **Rede Monitoramento COVID Esgotos disponibiliza dados sobre a presença do novo coronavírus nos esgotos das seis capitais acompanhadas.** 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/rede-monitoramento-covid-esgotos-disponibiliza-dados-sobre-a-presenca-do-novo-coronavirus-nos-esgotos-das-seis-capitais-acompanhadas>.

ARAGÃO, Daniel. **Os pontos de lixo atormentam quem mora, trabalha ou passa por esses locais.** 2015. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/prefeitura-tenta-acabar-com-os-pontos-de-lixo-1.1450754>.

ARAÚJO, Elizandra Perez, CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque, BRITO, Alan Ubaiara, DA CUNHA, Alan Cavalcanti. 2021. Indicadores de abastecimento de água e doenças de transmissão hídrica em municípios da Amazônia Oriental. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 26(6), 1059–1068. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200179>.

ARCHELA, Rosely Sampaio; THÉRY, Hervé. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. Orientation méthodologique pour la construction et la lecture de cartes thématiques. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 3, 2008.



AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. ed. 9, São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

BOMBARDA, Augusto L.; SANTOS, Guilherme D. dos; OLIVEIRA, Samuel da C. Desenvolvimento de um dashboard para análise numa indústria do Laboratório de Gestão Organizacional Simulada. **Revista LAGOS**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 28- 32, 5 jun. 2020. Disponível em: <https://www.lagos.vr.uff.br/index.php/lagos/article/view/350/232>.

BRASIL Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei n.º 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 18.036, 20 set. 1990.

BRASIL. Lei nº 8.142, de 28 de dezembro de 1990. Dispõe sobre a participação da comunidade na gestão do Sistema Único de Saúde (SUS) e sobre as transferências intergovernamentais de recursos financeiros na área da saúde e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 31 dez. 1990.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3ª ed. revisada. Brasília: FUNASA, 2004. 408p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Atlas de Saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro, 2021b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/atlas/tematicos/16365-atlas-de-saneamento.html?=&t=acesso-ao-produto>.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. 2010 Brasília, DF.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/CadernodeDebates_n_1.pdf.



BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Painel de indicadores**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>. Brasília, 2021a

BTMAIS. **Morador denuncia descarte de lixo irregular crônico no bairro da Condor, em Belém**. 2023. Disponível em: https://btmais.com.br/morador-denuncia-descarte-de-lixo-irregular-cronico-no-bairro-da-condor-em-belem/#google_vignette.

CAIRNCROSS, S., FEACHEM, R.G. Environmental health engineering in the tropics: an introductory text. 4.ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 283p.

CARRAD, Giúlia Pacheco. **DASHBOARD INTERATIVO PARA MONTIRAMENTO E GESTÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NO RIO GRANDE DO SUL. ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO PIRATINIM**. 2022. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Hídrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2022.

CARNEIRO, João Geraldo Piquet; GUEDES, Arthur Lima; RIBEIRO, Cássio Lourenço. Os tribunais de Contas e a universalização dos serviços de saneamento básico. In: LUNA, Guilherme Ferreira Gomes; GRAZIANO, Luiz Felipe Pinto Lima; BERTOCCELLI, Rodrigo de Pinho. **Saneamento básico: temas fundamentais, propostas e desafios**. 1. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017. p. 233- 250.

CASTRO, Lívia Arruda; TALEIRES, Flávia Cristina Silva Sousa e SILVEIRA, Samara Silveira (2019). Índice de desenvolvimento humano em municípios que possuem sistema integrado de saneamento rural: Uma análise comparativa. **Cien. Saúde Colet**, jun.

CAVALLARI, Rubens. **Homem revirava lixo na rua Conselheiro Nébias, no Centro de São Paulo**. 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/10/dispersao-da-cracolandia-e-descarte-irregular-espalham-lixo-pelo-centro-de-sp.shtml>.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Estação móvel monitora qualidade do ar próximo ao incêndio**. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2016/01/16/estacao-movel-monitora-qualidade-do-ar-proximo-ao-incendio/>.

CICLUS AMAZÔNIA. **Ciclus Amazônia antecipa início da operação de gestão de resíduos em Belém**. 2024. Disponível em: <https://ciclusamazonia.com.br/ciclus-amazonia-antecipa-inicio-da-operacao-de-gestao-de-residuos-em-belem/>.

DANDARA, Luana. Cinco dias de fúria: Revolta da Vacina envolveu muito mais do que insatisfação com a vacinação. **Portal Fiocruz**, Rio de Janeiro, 09 jun. 2022. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/cinco-dias-de-furia-revolta-da-vacina-envolveu-muito-mais-do-que-insatisfacao-com-vacinacao>.

DINO. **Mais da metade da água potável é desperdiçada no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/mais-da-metade-da-agua-potavel-e-desperdicada-no-brasil,73ad8f742c19b317a0c740c409a0a937qqw9lyfe.html>.



DOL. **Lixão a céu aberto é tormento para moradores da Terra Firme.** 2024. Disponível em: <https://dol.com.br/noticias/para/860924/lixao-a-ceu-aberto-e-tormento-para-moradores-da-terra-firme?d=1#>.

ESTADÃO. **SP prevê reassentar 2,8 mil famílias que moram em palafitas na Baixada Santista.** 2021. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/sao-paulo/sp-preve-reassentar-2-8-mil-familias-que-moram-em-palafitas-na-baixada-santista/>.

EXAME. **COP30: Belém terá pacote bilionário para saneamento, infraestrutura viária e de energia.** 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/cop30-belem-tera-pacote-bilionario-para-saneamento-infraestrutura-viaria-e-de-energia/>.

FAPESPA. Fundação Amazônia de Amparo e Estudos e Pesquisas, 2022. **Estatística Municipal.** Disponível em: <https://www.fapespa.pa.gov.br/node/201>.

FÁTIMA, Maria; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. Impacto na Saúde por Deficiência de Drenagem Urbana no Município de Jucurutu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** 2013; Rio Grande do Norte. v. 18, n. 3, p. 181-191. 2013.

FEW, Stephen. **Information dashboard design: the effective visual communication of data.** Califórnia: O'Reilly, 2006.

FREITAS, Franklin. **Região Central de Curitiba também é afetada em dias de chuvas muito fortes nos últimos anos.** 2023. Disponível em: <https://www.bemparana.com.br/noticias/parana/pontos-de-alagamento-se-espalham-e-ja-afetam-curitiba-inteira-revela-pesquisa/>.

GOLDEMEIER, B. V.; JABLONSKI, A. 2005. Gestão pública municipal: orientações básicas nas ações municipais no meio ambiente; planejamento integrado, estratégico e sustentado. **Coletânea básica de legislação ambiental.** Porto Alegre. Famurs, 122 pg.

G1 Globo. **Ministério da Saúde libera R\$ 25 milhões para a saúde pública de Belém.** 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/03/13/ministerio-da-saude-libera-r-25-milhoes-para-a-saude-publica-de-belem.ghtml>

G1 Globo. **Todo ano a mesma coisa', diz moradora de rua da Zona Leste de SP que está alagada há quase uma semana.** 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2022/02/03/todo-ano-a-mesma-coisa-diz-moradora-de-rua-da-zona-leste-de-sp-que-esta-alagada-ha-quase-uma-semana.ghtml>.

G1 PARÁ. **Alagamento constante na Passagem Rossy, no Guamá, preocupa moradores - 24/02/2023.** Disponível: <https://globoplay.globo.com/v/11396485/>.

G1 PARÁ. **Aterro sanitário de Marituba encerrará em 100 dias; nenhuma solução foi proposta para o destino do lixo.** 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/05/24/aterro-sanitario-de-marituba-encerrara-em-100-dias-nenhuma-solucao-foi-proposta-para-o-destino-do-lixo.ghtml>.



G1 PARÁ. **Bairros de Belém ficam sem água nesta quarta-feira, 2; saiba quais.** 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/08/02/bairros-de-belem-ficam-sem-agua-nesta-quarta-feira-2.ghtml>.

G1 PARÁ. **Bairro do Guamá, em Belém, fica sem água neste domingo (5) e segunda (6).** 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2022/06/05/bairro-do-guama-em-belem-fica-sem-agua-neste-domingo-5-e-segunda-6.ghtml>

G1 PARÁ. **Crise do lixo em Belém: Prefeitura pede prorrogação do aterro de Marituba até fevereiro de 2025.** 2023. Disponível: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2023/11/29/crise-do-lixo-em-belem-prefeitura-pede-prorrogacao-do-aterro-de-marituba-ate-fevereiro-de-2025.ghtml>.

G1. **Novo Ecoponto é instalado no canal São Joaquim para descarte de lixo em Belém; veja como funciona.** 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/2024/07/18/novo-ecoponto-e-instalado-no-canal-sao-joaquim-para-descarte-de-lixo-em-belem-veja-como-funciona.ghtml>.

GOMES, L.P.; ESTEVES, R.V.R. (2012) Análise do sistema de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde nos municípios da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 413-420.

GONÇALVES, E.M.N.; SANTOS, C.B. dos; BADARÓ, M.L. de s.; FARIA, V.A.; RODRIGUES, E.; MENDES, M.E.; SUMITA, N.M. (2011) Modelo de implantação de plano de gerenciamento de resíduos no laboratório clínico. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, p. 249-255.

GUIMARÃES, N. A.; PENHA, J. W. Mapeamento das áreas de risco de inundação no município de Muriaé-MG, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas. **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, INPE, 2009. 3875-3882 p.

HELLER, Léo. **Saneamento e saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde, 1997. 97p.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil.** 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/beneficios-economicos-e-sociais-da-expansao-do-saneamento-no-brasil/>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Principais estatísticas: água e esgoto.** 2021. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/universalizacao/>.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3. ed. Rio de Janeiro (RJ): ABES, 1995. xxxii, 683p.

JL1. **Denúncia acúmulo de lixo no complexo do Jurunas próximo a ponto comercial de alimentos.** 2023. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/12601237/>.

LIMA, Gemael Barbosa e SURLO, Micael Buss. (2020). AVALIAÇÃO DE EUTROFIZAÇÃO NO RIO SÃO JOSÉ PARA FINS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. **UNESC Em Revista**, 4(1), 21–30.



LACTEC. **Estudo avalia relação entre qualidade do ar e ocorrência de bromélias em redes de distribuição de energia.** 2017. Disponível em: <https://lactec.com.br/estudo-avalia-relacao-entre-qualidade-do-ar-e-ocorrencia-de-bromelias-em-redes-de-distribuicao-de-energia/>.

LOVATO, P. A.; SILVA, C. A. Diagnóstico dos resíduos sólidos domiciliares no município de Rolândia-PR. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 37-45, 2014.

MARTINS, T.; PINTO, M.; SILVA, A. “Políticas Culturais, Indicadores e Comunicação Pública”. **Revista Redes**, n. 26, 2022.

MUNDO DA FONTO. **Leis e o Controle Social na Garantia do Direito à Saúde.** 2019. Disponível em: <https://mundodafono.com.br/leis-e-o-controle-social-na-garantia-do-direito-a-saude/>.

MPPA, Ministério Público do Estado do Pará. **Promotoria requer cumprimento de plano de saneamento básico.** 2019. Disponível em: <https://www2.mppa.mp.br/noticias/promotoria-requer-cumprimento-de-plano-de-saneamento-basico.htm>.

NYLANDER, João Diego Alvarez. **Avaliação da utilização de comporta em eventos extremos de precipitação pluviométrica e de maré no canal de drenagem da Tamandaré.** 2019. 180 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

OLIBERAL. **'Só dá para lavar o chão', diz denúncia sobre a água que abastece o bairro do Guamá, em Belém.** 2022. Disponível em: <https://www.oliberal.com/eu-reporter/nao-serve-nem-para-lavar-chao-diz-denuncia-sobre-a-agua-que-abastece-o-bairro-do-guama-em-belem-1.617189>.

OLIBERAL. **Lixões nos bairros do Guamá e Jurunas incomodam moradores e trabalhadores.** 2020. Disponível em: <https://www.oliberal.com/belem/lixoes-nos-bairros-do-guama-e-jurunas-incomodam-moradores-e-trabalhadores-1.289200>.

OLIVEIRA, E. D. C.; CASTELO-BRANCO, R.; SILVA, L.; SILVA, N.; AZEVEDO, J.; VASCONCELOS, V.; FAUSTINO, S.; CUNHA, A. First Detection of MicrocystinLR in the Amazon River at the Drinking Water Treatment Plant of the Municipality of Macapá, Brazil. **Toxins**, v. 11, n. 11, p. 1-21, 2019. <http://doi.org/10.3390/toxins11110669>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Integrando a saúde ao planejamento urbano e territorial: Guia de referência.** 2023. Disponível em: <https://www.who.int/pt/publications/i/item/9789240003170>.

PARÁ. **Aos 407 anos de Belém, Estado celebra a capital com investimentos em áreas essenciais.** 2023. Disponível em: <http://www.saude.pa.gov.br/aos-407-anos-de-belem-estado-celebra-a-capital-com-investimentos-em-areas-essenciais/>.

PARÁ. **Em Belém, obra da Estação de Tratamento de Esgoto do UNA segue em ritmo acelerado.** 2023. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/42143/em-belem-obra-da-estacao-de-tratamento-de-esgoto-do-una-segue-em-ritmo-acelerado>.



PARÁ. Governo do Estado avança as obras do primeiro Hospital Público da Mulher, em Belém. 2024. Disponível em: <http://www.saude.pa.gov.br/governo-do-estado-avanca-as-obras-do-primeiro-hospital-publico-da-mulher-em-belem/>.

PARÁ. Governo do Estado entrega novo Pronto-Socorro à população de Belém. 2024. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/56260/governo-do-estado-entrega-novo-pronto-socorro-a-populacao-de-belem>.

PARÁ. Obra da Bacia do Tucunduba vai trazer mais qualidade de vida aos moradores de Belém. 2023. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/40623/obra-da-bacia-do-tucunduba-vai-trazer-mais-qualidade-de-vida-aos-moradores-de-belem>.

PORTAL CIDADE. Daae finaliza troca de rede bastante antiga no São Benedito. 2022. Disponível em: <https://rioclaro.portaldacidade.com/noticias/cidade/daae-finaliza-troca-de-rede-bastante-antiga-no-sao-benedito-5000>.

PREFEITURA DE BELÉM. PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico. 2020. Disponível em: <https://arbel.belem.pa.gov.br/legislacao/pmsb-plano-municipal-de-saneamento-basico/>.

RODRIGUES, Natinho. O acúmulo de lixo, além de ser prejudicial à saúde, impede o ir e vir dos pedestres em muitos pontos da Capital. 2016. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/os-pontos-de-lixo-ainda-persistem-1.1479618>.

RIBEIRO, Marcos A.; ALBUQUERQUE, Izabelle M. N.; VASCONCELOS, Maristela Inês O.; DIAS, Lívia Karla s.; CAVALCANTE, Ana Suelen P. Geoprocessamento em Saúde como Tecnologia de Análise e Monitoramento da Hanseníase no Município de Sobral-Ceará. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Bahia, v. 41, n. 2, p. 451-465, jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.22278/2318-2660.2017.v41.n2.a2506>

SAIANI, Carlos César Santejo; TONETO JÚNIOR, Rudinei; DOURADO, Juscelino. Desigualdade de acesso a serviços de saneamento ambiental nos municípios brasileiros: evidências de uma Curva de Kuznets e de uma Seletividade Hierárquica das Políticas?. **Nova Economia**, v. 23, p. 657-692, 2013.

SANTIAGO, Cristine; PUGLIESI, Erica; MASSUKADO, Luciana & KOTAKA, Filomena. (2020). Contribuições da Fundação Nacional de Saúde na pesquisa em saúde e saneamento no Brasil. **Saúde soc.** v. 29, n.2, São Paulo, Epub May, 18.

SANTOS, André. **Moradores de Belém são obrigados a deixar casas por conta de alagamentos.** 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/03/16/moradores-de-belem-precisam-sair-de-casa-por-conta-de-alagamentos>.

SILVA, André Vinícius Bezerra de Andrade; BRANDÃO, Camilo Rafael Pereira; ALVES, Kênia Dantas e VITÓRIA, Nadja Santos. (2019). O teatro como ferramenta lúdica de educação ambiental acerca de algumas doenças tropicais e sua relação com os resíduos sólidos de moradores no povoado Juá município de Paulo Afonso - Bahia, Brasil. **Semioses**, 13(4), 34–49.



SILVA, Gisely Leite de Oliveira; SILVA, Jocélia Braz da; MELO, José Ednilson Edmilson; SILVA, Josielly Braz da; SILVA, Marcelo Carlos de Oliveira. Os Impactos da Drenagem Urbana nos Sistemas de Saneamento Básico e Saúde Pública. **EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH**. Vol. VIII, p. 6098-6111, 10 jan. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Silva-108/publication/359536314_Os_Impactos_da_Drenagem_Urbana_nos_Sistemas_de_Saneamento_Basico_e_Saude_Publica/links/624304c95e2f8c7a0347d9e4/Os-Impactos-da-Drenagem-Urbana-nos-Sistemas-de-Saneamento-Basico-e-Saude-Publica.pdf.

SILVA, Lindamar Bezerra da. **Qualidade da água subterrânea que abastece Juazeiro do Norte - CE**: relação com cobertura de esgoto e densidade populacional. 2020. 177 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos PROFÁGUA) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2020.

SIRTOLI, Daniela Bezerra, & COMARELLA, Larissa. (2018). O papel da vigilância sanitária na prevenção das doenças transmitidas por alimentos (DTA). **Revista Saúde E Desenvolvimento**, 12(10), 197–209.

SOUSA, E. R. (2001a). 01. Volumen. **Constituição de sistemas**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Acesso em: 19 abr. 2023.

SOUSA, E. R. (2001b). 02. Volumen. **Sistemas de adução**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Acesso em: 19 abr. 2023.

SOUSA, E. R. (2001c). 03. Volumen. **Sistemas de distribuição**. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Acesso em: 19 abr. 2023.

SOUZA, Bianca Tenório de Melo Xavier de. **ELABORAÇÃO DE UM DASHBOARD INTERATIVO PARA A HEMORREDE DO ESTADO DE ALAGOAS**. 2021. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura) – Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2021.

SUSTENTABILIDADE AGORA. **Gestão de Resíduos**. 2024. Disponível em: <https://sustentabilidadeagora.com.br/produto/planilha-de-gestao-de-residuos-em-excel/>.

SLUTER, Claudia Robbi; IESCHECK, Andrea Lopes; BRAVO, João Vitor Meza. **CAPÍTULO 3 MAPAS COROPLÉTICOS**. Disponível em: <https://cartografica.ufpr.br/wp-content/uploads/2011/10/Mapas-Coropleticos-v1.pdf>.

TJPA. **Mantida decisão que homologou prorrogação de funcionamento de aterro de Marituba**. 2023. Disponível em: <https://www.tjpa.jus.br/PortalExterno/imprensa/noticias/Informes/1862189-mantida-decisao-que-homologou-prorrogacao-de-funcionamento-de-aterro-de-marituba.xhtml>.

TSUTIYA, M. T. (2005). **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.



VIZONI, Adriano. **Palafitas construídas à margem do canal de mar que adentra pelo centro do Recife**. 2015. Disponível em: <https://fotografia.folha.uol.com.br/galerias/40669-palafitas-do-aedes>.

VOLSCHAN, Isaac et al. Sistema unitário x sistema separador absoluto: qual o mais atraente para as condições brasileiras?. **Revista DAE**, v. 2009, n. 180, p. 40- 43, 2009. Tradução.

VON SPERLING, M.; VERBYLA, M. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data: A Guide for Students, Researchers and Practitioners. 1. ed. London, UK: Ed. IWA Publishing, 2020. 640 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard**. Geneva, 2020. Disponível em: <https://covid19.who.int/>.