



Universidade de Brasília  
Centro de Desenvolvimento Sustentável

SOFIA ARAUJO ZAGALLO

**ESGOTAMENTO SANITÁRIO E VULNERABILIDADE SOCIAL: UM ESTUDO DE  
CASO EM SÃO LUÍS – MA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação de Mestrado  
Orientação: Carlos Hiroo Saito

Brasília - DF

2018

SOFIA ARAUJO ZAGALLO

**ESGOTAMENTO SANITÁRIO E VULNERABILIDADE SOCIAL: UM ESTUDO DE  
CASO EM SÃO LUÍS – MA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade.

Brasília, 2018

ZAGALLO, Sofia Araujo

Esgotamento Sanitário e Vulnerabilidade Social: um estudo de caso em São Luís – MA com a utilização de técnicas de geoprocessamento. Sofia Araujo Zagallo; orientação: Carlos Hiroo Saito. – Brasília, 2018.

181p.

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília / Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2018.

1. Esgoto. 2. Saneamento básico. 3. Vulnerabilidade social. 4. Obras de esgotamento sanitário. 5. São Luís.

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ZAGALLO, S. A. Esgotamento Sanitário e Vulnerabilidade Social: um estudo de caso em São Luís – MA com a utilização de técnicas de geoprocessamento. 2018. 181p. Dissertação de Mestrado – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito Federal.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

---

Assinatura

SOFIA ARAUJO ZAGALLO

**ESGOTAMENTO SANITÁRIO E VULNERABILIDADE SOCIAL: UM ESTUDO DE  
CASO EM SÃO LUÍS – MA COM A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade.

Aprovado por:

---

Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito (CDS/UnB)  
(Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Gomes Barreto – CDS/UnB  
(Examinadora Interna)

---

Prof. Dr. Oscar de Moraes Cordeiro Netto – FT/ENC/UnB  
(Examinador Externo)

Brasília, 27 de setembro de 2018

## DEDICATÓRIA

*Este trabalho é inteiramente dedicado a minha cidade natal de São Luís do Maranhão. Obrigado por ter me dado a vida e tanto pertencimento. Com esse trabalho, espero poder começar a retribuir o tanto que eu recebi.*



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo apoio e amor incondicional. Eu não seria quem eu sou, nem estaria onde eu estou sem vocês. Posso passar a minha vida inteira agradecendo a vocês e jamais seria o suficiente. Mamãe, obrigada pela orientação e pelas dicas metodológicas. Papai, obrigada por me ouvir sempre e seguir nas linhas de raciocínio que foram tão produtivas.

Ao meu irmão Ângelo, obrigado pelo amor. Você foi o maior presente que eu já ganhei na minha vida.

Ao meu amigo Khalil, pela companhia e empenho em cuidar desse trabalho junto comigo como se fosse teu também. Sem você eu não teria conseguido terminar esse mestrado.

Ao meu professor e orientador Carlos Saito, obrigada pela paciência e pelo direcionamento tão importante na minha trajetória acadêmica.

Aos meus amigos do ECOA – Romero, Gabi, Jomary, Simone, Henke, Everaldo, Luzia, pela companhia no nosso laboratório, pelas risadas e pelo crescimento acadêmico.

Agradecimento especial ao meu primo Davi Telles, que contribuiu com diversas informações fundamentais para essa dissertação e me abriu portas que possibilitaram que essa pesquisa fosse para frente. Você foi uma inspiração em vários sentidos!

Aos funcionários da CAEMA que me receberam e contribuíram com informações para essa pesquisa.

A Laís Moraes por toda contribuições e paciências nas longas conversas que tivemos. Você foi um anjo.

Aos professores Oscar Cordeiro Netto e Cristiane Barreto por aceitarem participar da minha banca e pelas ricas contribuições.

Às minhas amigas Lana e Najara, por serem pessoas tão fundamentais na minha vida, por estarem sempre comigo, me acalmarem, ouvirem meu choro e por serem porto seguro.

Aos meus colegas de turma do mestrado, por compartilhar a dor e a delícia de fazer uma dissertação.

Aos minhas amigas Elisa, Luciana, Cristiana e Bianca, por aguentarem o choro dessa canceriana e por me trazerem tantas risadas e amor. Aos meus amigos, Gonça, Luiza, Júlia, André por estarem presentes nos momentos difíceis, e pelas coisas que podemos dividir.

Aos meus colegas de trabalho Priscila, Cláudia, Luma, Osni, Johnny e Karla, pela torcida e pela recepção tão calorosa.

Aos meus avós, tios e familiares, por todo apoio, amor e torcida.

Às pessoas que fizeram parte da minha vida nesses últimos dois anos e que porventura não estão mais por perto, sou eternamente grata por todo apoio, ajuda e amor que eu recebi.



“O direito à cidade é muito mais que a liberdade individual de ter acesso aos recursos urbanos: é um direito de mudar a nós mesmos, mudando a cidade. Além disso, é um direito coletivo e não individual, já que essa transformação depende do exercício de um poder coletivo para remodelar os processos de urbanização. A liberdade de fazer e refazer as nossas cidades, e a nós mesmos é, a meu ver, um dos nossos direitos humanos mais preciosos e ao mesmo tempo mais negligenciados.” (*David Harvey*).

## RESUMO

O município de São Luís, em 2011, possuía menos da metade dos domicílios atendidos pelos serviços de coleta de esgotamento sanitário e apenas 8% do esgoto tratado. Um conjunto de investimentos em obras de infraestrutura sanitária do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Programa Mais Saneamento começou a ser feito na cidade. Por isso, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise espaço-temporal da infraestrutura dos serviços de esgotamento sanitário na cidade de São Luís, verificando se as obras de infraestrutura do PAC e do Programa Mais Saneamento estavam sendo implementadas nas áreas de maior vulnerabilidade social da cidade. A metodologia de pesquisa incluiu o levantamento bibliográfico, a realização de visitas à Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) para a coleta de dados, incursões a campo para complementação da aquisição de informações, aplicação de técnicas de geoprocessamento e a construção de um diagnóstico sobre o esgotamento sanitário. Além disso, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi utilizado para identificar áreas mais vulneráveis do ponto de vista socioeconômico da cidade, e também para analisar a relação entre vulnerabilidade e esgotamento. O diagnóstico elaborado foi baseado em três principais bases de dados: os dados do IBGE, os dados da CAEMA e os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). De acordo com o SNIS, o município de São Luís possuía 47,75% das residências atendidas com esgoto em 2016. Em relação ao tratamento de esgoto, 11,04% era tratado em relação à água consumida pela cidade. Além disso, as obras de esgotamento sanitário que já foram concluídas (100 km de rede coletora, inauguração da Estação de Tratamento de Esgoto Vinhais e três novas estações elevatórias) impactaram em melhorias para a coleta e tratamento de esgoto da cidade, de acordo com a Companhia de Saneamento. Embora as obras de infraestrutura de esgotamento sanitário realizadas em São Luís estejam contribuindo para a busca da universalização do acesso ao saneamento básico, muitas áreas da capital ainda não possuem a infraestrutura de esgotamento sanitária adequada. Por isso, a busca pela universalização do acesso ao serviço de saneamento básico na cidade de São Luís continua sendo um desafio, que deverá ser superado principalmente com a melhora da gestão do esgotamento sanitário. Apesar de não ter sido encontrada uma correlação espacial significativa entre o IVS e o número de domicílios com esgotamento adequado, a partir da sobreposição espacial foi possível notar que os empreendimentos de infraestrutura de esgotamento não estão localizados nas áreas de maior vulnerabilidade social do município. Foi verificado que as obras de infraestrutura de esgotamento sanitário estão concentradas nas áreas de vulnerabilidade social média e baixa da São Luís, e também tendem a se encontrar mais próximas a orla da cidade, em função da prioridade da política de saneamento em recuperar a balneabilidade das praias. A população mais pobre geralmente não tem acesso aos serviços adequados de saneamento, e acaba ocupando áreas expostas às doenças de veiculação hídrica. A análise da vulnerabilidade socioambiental representa um desafio para as políticas públicas, pois estas muitas vezes são compartimentalizadas. As políticas de saneamento, habitação e meio ambiente deveriam ser tratadas de forma interdisciplinar, considerando as desigualdades socioespaciais do ambiente urbano, e assim buscando soluções mais apropriadas para a melhoria da gestão.

**Palavras-chave:** Esgotamento sanitário; saneamento básico; vulnerabilidade social, obras de infraestrutura; São Luís.

## **ABSTRACT**

In 2011, the municipality of São Luís had less than half of the households served by sewage collection services and only 8% of treated sewage. A number of investments in health infrastructure works under the Growth Acceleration Program (PAC) and the Mais Saneamento Program began to be made in the city. Therefore, the objective of this research was to perform a space-time analysis of the infrastructure of sanitation services in the city of São Luís, verifying if the infrastructure works of the PAC and the Mais Saneamento Program were being implemented in the areas of greater social vulnerability of the city. The methodology of the research included a bibliographical survey, visits to the Environmental Sanitation Company of Maranhão (CAEMA) for data collection, field incursions to complement the acquisition of information, application of geoprocessing techniques and the construction of a diagnosis on sewage system. In addition, the Social Vulnerability Index (IVS) was used to identify areas more vulnerable from the socioeconomic point of view of the city, and also to analyze the relationship between vulnerability and the sewage system. The diagnosis was based on three main databases from The Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), CAEMA and National Information System on Sanitation (SNIS). According to the SNIS, 47.75% of the households of São Luís were served with sewage in 2016. In relation to sewage treatment, 11.04% was treated in relation to water consumed by the city. In addition, sewage works that have already been completed (100 km of sewer collection network, launch of the Vinhais Sewage Treatment Station and three new pumping stations) brought improvements in the collection and treatment of sewage in the city, according to CAEMA. Although the sanitary sewage infrastructure works carried out in São Luís are contributing to the search for universal access to basic sanitation, many areas of the capital do not yet have adequate sanitary sewage infrastructure. Therefore, the search for universal access to the basic sanitation service in the city of São Luís continues to be a challenge, which should be overcome mainly by improving the management of sanitary sewage. Although no significant spatial correlation was found between the IVS and the number of households with proper sewage system, it was possible to observe that the sanitary sewage infrastructure projects are not located in the areas of greater social vulnerability of São Luís. It was verified that the sanitary sewage infrastructure works are concentrated in the areas of medium and low social vulnerability of São Luís, and also tend to be closer to the edge of the city, due to the priority of the sanitation policy in recovering the bathing of beaches. The poorest population generally does not have access to adequate sanitation services, and ends up occupying areas exposed to waterborne diseases. The analysis of socio-environmental vulnerability represents a challenge for public policies, since these are often compartmentalized. Sanitation, housing and environmental policies should be dealt with an interdisciplinary approach, taking into account socio-spatial inequalities in the urban environment, and thus seeking more appropriate solutions to improve management.

**Keywords:** *Sanitary sewage; basic sanitation; social vulnerability, infrastructure works; São Luís.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema do atendimento de saneamento básico de acordo com o PLANSAB. ....	26
Figura 2 - Constituição do Esgoto Sanitário.....	27
Figura 3 - Unidades componentes do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES).....	28
Figura 4 - Ligação predial, coletor predial e rede coletora de esgoto. ....	30
Figura 5 - Desenho esquemático da rede coletora.....	31
Figura 6 - Coleta convencional.....	32
Figura 7 - Coleta do tipo separador absoluto.....	33
Figura 8 - Percentual de cobertura de esgotos no Brasil (somente para sistemas coletivos). ..	38
Figura 9 - Representação espacial do atendimento urbano da rede coletora de esgoto por estado .....	39
Figura 10 - Mapa de localização de São Luís-MA.....	44
Figura 11 - Mapa de vegetação e uso do solo da ilha de São Luís.. ..	45
Figura 12 - Mapa da rede de drenagem e delimitação das bacias hidrográficas da Ilha de São Luís .....	46
Figura 13 - Mapa da densidade de urbanização da Ilha de São Luís.....	49
Figura 14 - Cronologia dos Serviços de Água e Esgotos no Estado do Maranhão.. ..	53
Figura 15 - Fluxograma da metodologia. ....	56
Figura 16 - Estrutura de um SIG .....	59
Figura 17 - Faixas do índice de vulnerabilidade social (IVS) .....	69
Figura 18 - Relação entre setores censitários (imagem A) e Unidades de Desenvolvimento Humano -UDHs (imagem B).....	69
Figura 19 - Mapa da densidade demográfica por setor censitário de São Luís em 2010. ....	80
Figura 20 - Mapa do número de domicílios com esgotamento sanitário adequado por setor censitário.....	81
Figura 21 - Mapa do número de domicílios com esgotamento sanitário inadequado por setor censitário.....	82
Figura 22 - Mapa do número de domicílios ligados à rede de esgoto por setor censitário. ....	83
Figura 23 - Mapa do número de domicílios com fossa séptica por setor censitário.....	84
Figura 24 - Mapa do número de domicílios com fossa rudimentar por setor censitário. ....	85
Figura 25 - Mapa do número de domicílios com lançamento de esgoto em valas por setor censitário.....	85

Figura 26 - Mapa do número de domicílios com lançamento de esgoto em rio, lago ou mar por setor censitário.....	86
Figura 27 – Mapa do limite da Etapa 1 do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís, englobando os sistemas Anil, São Francisco, Bacanga e maior parte do Vinhais..	88
Figura 28 - Mapa da altitude do Sistema de Esgotamento da cidade de São Luís, com o destaque para a quantidade e localização das estações elevatórias de esgoto.....	89
Figura 29 – Mapa do sistema Anil existente. ....	92
Figura 30 - Mapa do sistema Vinhais existente.....	95
Figura 31 – Mapa do sistema São Francisco existente.....	99
Figura 32 – Mapa do sistema Bacanga existente.....	101
Figura 33 – Mapa dos componentes existentes da Cidade Operária.....	103
Figura 34 - Fluxograma do processo das Estações de Tratamento de Esgoto Anil e Vinhais. ....	105
Figura 35 – Mapa do sistema Anil proposto.....	109
Figura 36 – Mapa do sistema Vinhais proposto. ....	112
Figura 37 – Mapa do sistema São Francisco proposto .....	114
Figura 38 – Mapa do sistema Bacanga proposto.....	116
Figura 39 - Foto da visão geral da área da estação de tratamento de esgoto do Anil.....	118
Figura 40 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Anil.....	119
Figura 41 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Vinhais. ....	124
Figura 42 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema São Francisco. ....	126
Figura 43 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Bacanga.....	129
Figura 44 - Fotos da Estação de Tratamento Bacanga .....	132
Figura 45 - Medidor de vazão Parshall na entrada da elevatória final da ETE Vinhais.....	133
Figura 46 - Fotos da Estação de Tratamento Vinhais.....	134
Figura 47 – Evolução do índice de atendimento total de esgoto (IN056) ao longo do tempo para a cidade de São Luís. ....	136
Figura 48 - Evolução do índice de atendimento urbano de esgoto (IN024) ao longo do tempo para a cidade de São Luís .....	137
Figura 49 – Evolução do crescimento populacional da cidade de São Luís, e também da população atendida com esgotamento sanitário (ES001).....	138
Figura 50 - Evolução do índice de tratamento de esgoto (IN046) ao longo do tempo para a cidade de São Luís.....	139

Figura 51 – Comportamento do volume de esgoto coletado (ES005) e tratado (ES006) pela cidade de São Luís ao longo dos anos. ....	140
Figura 52 – Quantidade de ligações totais (ES009) e ativas (ES002) na cidade de São Luís ao longo dos anos. ....	141
Figura 53 – Mapa da vulnerabilidade social por unidade de desenvolvimento humano (UDH) na cidade de São Luís no ano de 2000. ....	144
Figura 54 – Mapa da vulnerabilidade social por unidade de desenvolvimento humano (UDH) na cidade de São Luís no ano de 2010. ....	145
Figura 55 - Diagrama de espalhamento de Moran na cidade de São Luís – MA.....	146
Figura 56 - Percentual de área e população nos setores censitários com significância de São Luís – MA.....	148
Figura 57 - Mapa da correlação espacial entre a vulnerabilidade social e o número de domicílios particulares permanentes com esgotamento adequado por setor censitário na cidade de São Luís-MA. ....	149
Figura 58 – Mapa da vulnerabilidade social dos sistemas de esgotamento sanitário da cidade de São Luís – MA.....	151
Figura 59 - Mapa dos tipos dos setores censitários da cidade de São Luís.....	152
Figura 60 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Anil.....	153
Figura 61 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Vinhais....	154
Figura 62 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema São Francisco.....	155
Figura 63 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Bacanga. .	156
Figura 64 - Mapa da sobreposição dos sistemas de esgotamento sanitário nas bacias hidrográficas de São Luís. ....	159
Figura 65 - Mapa da condição de balneabilidade das praias da Região Metropolitana de São Luís e os pontos de coleta de amostras.....	163



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de atendimento de esgoto dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2016, segundo a região geográfica e Brasil. ....	38
Quadro 2 - Dados dos índices de cobertura de esgotos no Brasil por Estado e Região Geográfica. ....	40
Quadro 3 - Dados do índice de atendimento de esgoto das capitais da Região Nordeste. ....	41
Quadro 4 - Doenças de Veiculação Hídrica. ....	42
Quadro 5 - Síntese da formulação do IVS. ....	67
Quadro 6 - Proporção de domicílios particulares permanentes por tipo de saneamento na cidade de São Luís - MA. ....	78
Quadro 7 - Domicílios particulares permanentes segundo o tipo de esgotamento sanitário em 2000 na cidade de São Luís. ....	79
Quadro 8 - Domicílios particulares permanentes segundo o tipo de esgotamento sanitário em 2010. ....	79
Quadro 9 – Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema Vinhais. ....	93
Quadro 10 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema São Francisco. ....	96
Quadro 11 - Vazões de Projeto da ETE Jaracati. ....	97
Quadro 12 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema Bacanga. ....	100
Quadro 13 - Vazões de Projeto da ETE Bacanga. ....	100
Quadro 14 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes na Cidade Operária e no Maiobão. ....	102
Quadro 15 – Características das estações elevatórias propostas. ....	106
Quadro 16 - Vazões ao longo dos anos para a ETE Anil. ....	108
Quadro 17 – Extensão dos interceptores propostos no sistema de esgotamento sanitário de Vinhais. ....	110
Quadro 18 – Características das elevatórias propostas no sistema Vinhais. ....	110
Quadro 19 - Vazões ao longo dos anos para a ETE Vinhais. ....	111
Quadro 20 – Características dos interceptors propostos. ....	113
Quadro 21 – Características das estações elevatórias propostas. ....	113
Quadro 22 – Características das elevatórias propostas para o Sistema Bacanga. ....	111

Quadro 23 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Anil relacionadas ao PAC 2. ....	119
Quadro 24 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Anil relacionadas ao PAC 1. ....	120
Quadro 25 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais relacionadas ao PAC 1. ....	122
Quadro 26 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais relacionadas ao PAC 2. ....	123
Quadro 27 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais das sub-bacias dos rios Pimenta e Claro relacionadas ao PAC 2.....	125
Quadro 28 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco relacionadas ao PAC 1. ....	126
Quadro 29 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco relacionadas ao PAC 2. ....	127
Quadro 30 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco da sub-bacia Canaã relacionadas ao PAC 1. ....	128
Quadro 31 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Bacanga relacionadas ao PAC 2. ....	130
Quadro 32 - Resumo dos resultados da correlação entre vulnerabilidade social e esgotamento sanitário. ....	147
Quadro 33 – Número de mortes por doenças infecciosas e parasitárias (Capítulo I, CID-10) no ano de 2016 na cidade de São Luís. ....	158
Quadro 34 - Pontos de lançamento de esgoto in natura por bairro da cidade de São Luís-MA em 2008. ....	160
Quadro 35 - Pontos de coleta (21) das amostras de água distribuídas pelas praias da região metropolitana de São Luís e sua condição de balneabilidade. ....	163

## LISTA DE SIGLAS

Aw – Clima Tropical Chuvoso, de acordo com Köppen  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ADH – Atlas do Desenvolvimento Humano  
AE – Água e Esgotos  
AEDE – Análise Exploratória de Dados Espaciais  
ANA – Agência Nacional de Águas  
APA – Área de Proteção Ambiental  
APP – Área de Proteção Permanente  
CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão  
CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal  
CID – Código Internacional de Doenças  
CMB – Conjunto Motor-Bomba  
DAES – Departamento de Águas e Esgotos Sanitários  
EEE – Estação Elevatória de Esgoto  
EE – Estação Elevatória  
EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental  
ESA – European Space Agency  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço  
FSESP – Fundação de Serviços Especiais de Saúde Pública  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
GIS – Geographic Information System  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IVS – Índice de Vulnerabilidade Social  
LAA – Laboratório de Análises Ambientais  
LISA – Índice Local de Associação Espacial  
MCID – Ministério das Cidades  
MSI – MultiSpectral Instrument  
NBR – Norma Brasileira Recomendada  
NASA – National Aeronautics and Spatial Administration  
NUGEO – Núcleo Geoambiental  
ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio  
ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
OECD – Overseas Economic Cooperation Fund of Japan  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento  
Planasa – Plano Nacional de Saneamento  
PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico  
PV – Poço de Visita  
QGIS – Quantum GIS (software)  
RS – Resíduos Sólidos  
SANEL – Companhia de Saneamento de São Luís  
SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais  
SES – Sistema de Esgotamento Sanitário  
SESP – Serviço Especial de Saúde Pública  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental  
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
SPU – Secretaria de Patrimônio da União  
SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission  
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket  
UC – Unidade de Conservação  
UDH – Unidade de Desenvolvimento Humano  
UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UF – Unidade da Federação

UGP – Unidade Gestora de Projetos

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

USGS – United States Geological Survey

VALE – Companhia Vale do Rio Doce

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
<b>1.1. Urbanização Brasileira</b> .....	22
1.1.1. Impactos Ambientais da Urbanização.....	23
1.1.2. Gestão das Águas Urbanas.....	24
<b>1.2. Saneamento Básico</b> .....	25
1.2.1. Esgotamento Sanitário.....	27
1.2.2. Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Brasil.....	35
1.2.3. Panorama do Esgotamento Sanitário no Brasil.....	37
1.2.4. Relação entre Saneamento e Saúde.....	42
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	44
<b>2.1. Histórico de Urbanização de São Luís</b> .....	46
<b>2.2. Problemas Ambientais de São Luís</b> .....	50
<b>2.3. Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário em São Luís</b> .....	51
<b>2.4. Esgotamento Sanitário em São Luís</b> .....	54
<b>3. MATERIAL E METÓDOS</b> .....	56
<b>3.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)</b> .....	57
3.1.1. Aplicação do SIG no Esgotamento Sanitário.....	60
<b>3.2. Dados de Esgotamento Sanitário</b> .....	62
3.2.1. Dados da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA).....	62
3.2.2. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).....	63
3.2.3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).....	66
<b>3.3. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)</b> .....	67
<b>3.4. Geoprocessamento dos Dados</b> .....	70
3.4.1. Dados da CAEMA.....	70
3.4.2. Dados do IBGE.....	71
3.4.3. Dados do IVS.....	71
<b>3.5. Cruzamento dos Dados de Vulnerabilidade Social com Esgotamento Sanitário</b> .....	72
3.5.1. Correlação do Esgotamento Adequado com a Vulnerabilidade Social.....	72
3.5.2. Sobreposição das Obras de Esgotamento com a Vulnerabilidade Social.....	75
<b>3.6. Elaboração de Mapas Complementares</b> .....	76
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	78
<b>4.1. Diagnóstico do Esgotamento Sanitário de São Luís – IBGE (2010)</b> .....	78

<b>4.2. Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís – CAEMA</b> .....	86
4.2.1. Sistema Existente de Esgotamento Sanitário de São Luís.....	87
4.2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário Proposto para São Luís.....	104
4.2.3. Andamento das Obras de Esgotamento Sanitário.....	117
4.2.4. Visitas de Campo.....	131
<b>4.3. Dados de Saneamento de São Luís - SNIS</b> .....	135
<b>4.4. Vulnerabilidade Social da Cidade de São Luís</b> .....	143
<b>4.5. Relação do Esgotamento Sanitário com a Vulnerabilidade Social</b> .....	146
4.5.1. Correlação do Esgotamento Adequado com a Vulnerabilidade Social.....	146
4.5.2. Sobreposição das Obras de Esgotamento com a Vulnerabilidade Social.....	150
<b>4.6. Vulnerabilidade Socioambiental</b> .....	156
<b>CONCLUSÃO</b> .....	165
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	168

## INTRODUÇÃO

O acesso ao saneamento básico foi declarado como um direito humano essencial e universal pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2010. De fato, a disponibilidade de serviços de saneamento básico é um direito básico do ser humano por ser fundamental para assegurar uma qualidade de vida minimamente aceitável. Sob esse mesmo ponto de vista, os Estados-membros da ONU estabeleceram em 2000 os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) que já incluíam metas para a melhoria do acesso ao saneamento básico. Em 2016, entrou em vigor a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que determinou os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles, o objetivo seis (06) se refere à necessidade de assegurar saneamento para todos. Dessa forma, o saneamento básico se configurou como peça fundamental para a busca do desenvolvimento sustentável.

Atualmente, uma grande parte da população mundial ainda não tem acesso aos serviços de saneamento básico. Em 2013, cerca de 2,5 bilhões de pessoas não possuíam infraestrutura de saneamento básico adequado (GWP, 2014), razão pela qual é fundamental garantir que esse serviço seja tratado como um direito humano, pois este se constitui como direito à vida e à dignidade humana (UN-Water, 2013).

O direito universal ao saneamento é imprescindível à saúde, à dignidade humana e, ainda, à conservação dos cursos d'água. A ONU também afirma que se um país não possibilitar o acesso a esses bens a toda sua população, o Estado estaria violando direitos humanos assegurados por leis internacionais (UN-Water, 2013). Em vista disso, é importante mencionar que o Brasil votou a favor do Programa da Década da Água da ONU e, portanto, se comprometeu a assegurar esses direitos.

A Constituição Brasileira de 1988 garante o direito à vida, à saúde, à moradia adequada, à dignidade humana e ao meio ambiente saudável. O saneamento básico é fundamental para que todos esses direitos mencionados sejam atingidos. Além disso, os artigos 21 e 23 da Constituição já apontavam diretamente a competência da União, dos Estados e dos Municípios de estabelecer diretrizes e programas de saneamento básico. Em 2007, foi criada a Lei Nacional de Saneamento Básico (nº 11.445) que estabeleceu as diretrizes nacionais. De acordo com o artigo 3º dessa Lei, saneamento básico é definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais. Os princípios que devem reger esses serviços públicos são o da universalização do

acesso, da integralidade e o respeito à proteção do meio ambiente e à saúde pública. Neste estudo, a vertente do saneamento analisada foi o esgotamento sanitário.

Os grandes e médios centros urbanos brasileiros passaram por um processo de crescimento muito acelerado e, concentram a maior parte da população. Esse modelo de ocupação causou muitos impactos ao meio ambiente, especialmente por ocorrer de forma desordenada, sem o devido planejamento. Segundo Ribeiro *et al.* (2015) as principais consequências do crescimento urbano desordenado são a retirada da cobertura vegetal, a impermeabilização do solo, o aumento do escoamento superficial, a poluição atmosférica e dos cursos d'água. Essas mudanças levam à perda de qualidade de vida nas áreas urbanas, especialmente nas regiões mais pobres que possuem menor acesso aos recursos, aos serviços e à infraestrutura.

Nessa perspectiva, elegeu-se a cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, como objeto de investigação, pois ela passou por um processo de urbanização acelerado e desordenado nas últimas décadas. A população estimada pelo IBGE era de mais de um milhão de habitantes em 2016, tal crescimento urbano gerou vários problemas ambientais e sociais na cidade. Essas mudanças geraram diversos impactos ambientais como: desmatamento, impermeabilização dos solos, poluição dos rios e das praias, ocupação irregular do solo e assoreamento dos rios (OLIVEIRA & FILHO, 2012). Esses problemas são o reflexo da ausência de políticas públicas para um planejamento urbano mais eficiente e sustentável, pois muitas áreas que não deveriam ter sido ocupadas foram apropriadas, como por exemplo, áreas de preservação permanente e manguezais. A ocupação irregular do solo altera o ciclo hidrológico da cidade e o processo de impermeabilização interfere no escoamento superficial, além de também poder contaminar o lençol freático (COSTA, et al, 2015). Esse cenário aponta alguns desafios encontrados na gestão das águas urbanas em São Luís.

Os serviços públicos relacionados à água em áreas urbanas com frequência podem ser ofertados de maneiras assimétrica de acordo com a condição socioeconômica de cada bairro, ocasionando assim problemas de cunho social. Esse padrão é passível de ser verificado em São Luís, pois o modelo de ocupação e urbanização deu origem a áreas nobres que possuem serviços de melhor qualidade, e também alguns bairros periféricos, nos quais os serviços de saneamento ambiental são mais deficientes (NICACIO *et al.*, 2013).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2013), São Luís era uma das capitais brasileiras que apresentava um dos piores serviços de esgotamento sanitário do País em 2011. Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apontam que nesse ano somente 45,5% da cidade estava conectada a rede de esgoto, e apenas 8% do esgoto da cidade

era tratado, sendo todo o resto lançado *in natura* nos rios, nas praias, nas vias públicas e nos manguezais.

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) é um programa do governo federal que foi criado em 2007 pelo Governo Lula, com o objetivo de estimular o crescimento da economia brasileira, através da retomada do planejamento e do investimento na execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país, contribuindo para o desenvolvimento acelerado e sustentável. Em 2011, foi lançado a segunda fase do PAC com aporte de novos recursos, e aumentando a parceria com estados e municípios. A partir de 2012, um conjunto de obras de saneamento básico do PAC começou a ser feito em São Luís.

Em 2015, foi lançado o Programa “Mais Saneamento” do Governo do Estado do Maranhão, que possuía diretrizes específicas para o esgotamento sanitário de São Luís, como atingir 70% da coleta e do tratamento do esgoto até o final de 2018. O Mais Saneamento incluiu recursos do PAC e também do estado. Sob a execução da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), novas obras de infraestrutura sanitária começaram a ser construídas, e outras foram retomadas para a sua reforma ou finalização. Esses empreendimentos podem significar avanços na cobertura do serviço de esgotamento sanitário em busca da universalização e também no alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável até 2030.

Diante desse panorama, a investigação do saneamento básico na cidade de São Luís será delimitada ao serviço de esgotamento sanitário. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para a integração das análises desses serviços com os dados socioeconômicos desse município. Os dados do censo demográfico do IBGE foram tratados através do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). A partir dessa análise foi possível discutir aspectos da vulnerabilidade social em São Luís, a relação entre vulnerabilidade e esgotamento e também os desafios para a universalização do serviço de saneamento básico na cidade.

Considerando essa problemática, questiona-se: as obras dos Programas PAC e Mais Saneamento do governo do Estado do Maranhão realizadas na cidade de São Luís, a partir de 2015, estão sendo implementadas nas áreas de maior vulnerabilidade social e mais deficitárias na cobertura de esgotamento sanitário? Em que medida as obras de infraestrutura de esgotamento sanitário realizadas, nesse período, na capital maranhense contribuirão para a universalização do acesso ao saneamento básico? Quais áreas na cidade ainda permanecem com esgotamento sanitário inadequado?

Toma-se como hipótese que as obras de esgotamento sanitário realizadas na cidade de São Luís a partir de 2015 não estão sendo implementadas nas áreas de maior vulnerabilidade social, que são as mais deficitárias do serviço de esgotamento sanitário. Isso significa dizer que as áreas com acesso a esgotamento adequado são as que possuem menor vulnerabilidade social.

O estudo de caso em São Luís adquire grande importância por causa da ausência histórica desses serviços de esgotamento sanitário e a vulnerabilidade que as populações mais pobres se encontram. Além disso, existe uma escassez de estudos que abordem essa temática de forma integrada e interdisciplinar, assim como ainda não existem informações públicas sobre como as obras do PAC e do Mais Saneamento estão transformando a realidade da infraestrutura de esgotamento sanitário na cidade. Na mesma medida, o índice de vulnerabilidade social é recente, e conta com poucos estudos acadêmicos sobre a sua aplicação. Portanto, este estudo tem o potencial de preencher vazios de informação e de ser útil para a gestão do saneamento ambiental da cidade de São Luís, já que trata a temática de uma forma mais integrada com o foco em um desenvolvimento urbano mais sustentável e justo.

O objetivo geral dessa dissertação foi realizar uma análise espacial da infraestrutura dos serviços de esgotamento sanitário no Município de São Luís, verificando se as obras de infraestrutura de saneamento básico do PAC e do Programa Mais Saneamento estão sendo implementadas nas áreas de maior vulnerabilidade social.

Os objetivos específicos foram: analisar a disponibilidade do serviço de esgotamento sanitário na cidade de São Luís considerando aspectos qualitativos e quantitativos; mapear as obras de esgotamento sanitário previstas tanto do PAC (nível federal) quanto do Programa Mais Saneamento (nível estadual) na cidade de São Luís; correlacionar a distribuição das obras de esgotamento sanitário com a vulnerabilidade social intra-urbana a partir do IVS.

Essa dissertação está estruturada em quatro capítulos. No primeiro, foi feita uma revisão de literatura da urbanização brasileira e do saneamento básico. Foram resgatados conceitos básicos do esgotamento sanitário e também a relação do saneamento básico e a saúde, assim como um histórico e um panorama dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil. A caracterização da área de estudo foi feita no segundo capítulo, para compreensão do histórico de urbanização e dos problemas ambientais de São Luís, e também do histórico dos serviços de esgotamento no município e a situação atual.

No terceiro capítulo foram apresentados os materiais e métodos utilizados no estudo. Por isso, foi discutido o geoprocessamento e também a aplicação do Sistema de Informações

Geográficas (SIG) no esgotamento sanitário. Além disso, foram apresentados os dados utilizados na pesquisa, o Índice de Vulnerabilidade Social, o processamento dos dados, o cruzamento dos dados de vulnerabilidade social e esgotamento sanitário e os procedimentos para elaboração dos mapas. O quarto capítulo trouxe os resultados e a discussão da dissertação, apresentando o diagnóstico do esgotamento sanitário do município de São Luís a partir das três bases de dados diferentes: IBGE, CAEMA e SNIS. Além disso, foi apresentada a vulnerabilidade social de São Luís, a relação do esgotamento sanitário com a vulnerabilidade social e a questão da vulnerabilidade socioambiental relacionada com a ausência de esgotamento e a proximidade com os cursos d'água.

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1. Urbanização Brasileira

O processo de urbanização global foi marcado pelo avanço tecnológico, científico e industrial que ocorreu na segunda metade do século XX. A cidade tornou-se o palco central das atividades humanas, e onde surgem também diversos conflitos sobre o uso e ocupação do solo. Essas atividades antrópicas deram origem a diversos problemas ambientais e, por isso, a qualidade de vida das pessoas nos ambientes urbanos se deteriorou (SOUSA *et al*, 2006).

No Brasil, a década de 1960 foi marcada pela superação do tamanho da população rural pela população urbana. O processo de industrialização foi a causa principal de um grande êxodo rural, pois as pessoas estavam migrando para as cidades em busca de empregos e melhores condições de vida. Portanto, pode-se afirmar que a industrialização é um processo intimamente ligado com a urbanização e impulsiona o crescimento populacional das cidades (OLIVEIRA; FARIAS FILHO, 2012).

A expansão das cidades ocasionou transformações no território por causa do aumento da densidade populacional, dos diferentes modos de ocupação e pelo aumento das demandas sociais. Em 2010, o IBGE estimava que 84% da população brasileira residia nas cidades (IBGE, 2010). Essa urbanização, apesar de ter ocorrido diferentemente em cada região do País, compartilha uma característica nacional em comum: a concentração urbana. Essa aglomeração populacional é motivada especialmente pela maior concentração de capital nesses locais que, conseqüentemente, recebem mais investimentos, necessitando assim de mão-de-obra e, por sua vez, atraindo grandes fluxos populacionais. Esse fenômeno não só dinamiza a economia, como também resulta no aumento das pressões sobre a infraestrutura urbana e a natureza (IBAMA, 2013).

Com o aumento da demanda por mais infraestrutura urbana, os custos de moradia também cresceram. Desse modo, a expansão urbana foi sendo direcionada para locais menos valorizados ocupando lugares mais periféricos ou que possuíam a forma de assentamentos precários. As áreas escolhidas para serem apropriadas nesse processo foram as áreas desprezadas pelo mercado imobiliário formal, como – por exemplo – as áreas que possuíam algum risco de ocupação, como morros, margens de rios, e locais sucessíveis a enchentes. Em contrapartida, essas áreas são normalmente as mais frágeis do ponto de vista ambiental e que a priori não poderiam ser ocupadas se tornaram a única opção viável para grupos sociais de menor renda (IBAMA, 2013).

Nesse contexto, afirma-se que crescimento urbano das cidades brasileiras ocorreu em geral de forma acelerada e sem o planejamento necessário e, por isso, diversas transformações ocorreram na paisagem urbana. Essas mudanças podem ser tanto no âmbito da falta de infraestrutura, na ausência de condições dignas de moradia, na falta de serviços de saneamento básico e de transporte, assim como também pelos impactos ambientais causados pelo crescimento urbano acelerado, sem o planejamento e controle adequado (MORAES, 2007; SILVA & LIMA, 2013).

### *1.1.1. Impactos Ambientais da Urbanização*

O crescimento urbano que ocorre na ausência de um planejamento e sem a infraestrutura adequada pode dar origem a diversos problemas ambientais, que resultam, predominantemente, do uso e ocupação informal do solo. Esse tipo de ocupação é, muitas vezes, impulsionado pela especulação imobiliária. Dessa forma, áreas de conservação ambiental são ocupadas irregularmente, gerando comprometimento dos recursos naturais e danos para toda a sociedade (SILVA & LIMA, 2013).

A urbanização brasileira se iniciou no litoral do País, motivo pelo qual, a maior parte da população ainda está localizada na linha costeira (SODRÉ & FILHO, 2010). Moraes (2007) afirma que a ocupação do território brasileiro se iniciou na costa brasileira e foi em direção ao interior. Levando isso em questão, as pressões socioeconômicas nas áreas costeiras, por causa da facilidade de transporte e de circulação das mercadorias, aliados com a ausência de uma política de planejamento resultaram nessa urbanização desordenada e conseqüentemente na degradação dos recursos naturais, trazendo ameaças à qualidade ambiental e da vida das pessoas (NOVAES et al, 2007; SILVA & LIMA, 2013).

Os impactos ambientais causados pela urbanização possuem características variadas e estão relacionados com a forma de ocupação. A retirada da vegetação, a ocupação inadequada de encostas e várzeas gera exposição superficial do solo levando ao surgimento dos processos de erosão e de voçorocas, assim como a produção e o carreamento de sedimentos e o assoreamento dos rios. Com o desmatamento e a impermeabilização do solo, existe menor infiltração das águas pluviais e com isso, aumenta o escoamento superficial e a possibilidade de agravamento das enchentes.

Além de todos esses impactos e riscos ambientais, a precariedade ou ausência do saneamento básico causa diversos problemas de poluição e de risco à saúde humana (SOUSA & TRAVASSOS, 2008). Um exemplo disso são as doenças de veiculação hídrica, como

infecções intestinais, cólera, febre tifoide, poliomielite, disenteria amebiana, esquistossomose e shigelose. A falta de acesso adequado a água e esgotamento sanitário é uma das principais causas da mortalidade na infância (UHR et. Al, 2016).

### *1.1.2. Gestão das Águas Urbanas*

Os serviços de esgotamento sanitário estão diretamente relacionados com a segurança hídrica urbana que, conseqüentemente se relaciona com a saúde populacional e ambiental. Cidades que não dispõem de esgotamento sanitário ou que apresentam falha nesses serviços geralmente apresentam problemas na saúde pública com a veiculação hídrica de doenças, além de casos graves de poluição dos rios e das praias.

Assim, é importante apontar que o conceito de segurança hídrica é a capacidade de uma população possuir acesso adequado e sustentável a quantidades suficientes de água de qualidade aceitável para sustentar o modo de vida, o bem-estar humano, o desenvolvimento socioeconômico, além de evitar a poluição da água e desastres hídricos, assim preservando os ecossistemas e mantendo a paz e estabilidade política (UN-WATER, 2013). Com a garantia da segurança hídrica, as pessoas teriam os seus direitos à água e ao saneamento consolidados, além de estarem mais protegidos de desastres, como enchentes, e também de doenças transmitidas pela água. A segurança hídrica promoveria, portanto, proteção ambiental, justiça social e solucionaria os problemas causados pela má gestão da água (VAN BEEK & ARRIENS, 2014). Ainda nesse contexto, a maior importância da segurança hídrica é a melhoria da qualidade de vida da população através da redução da pobreza e da vulnerabilidade social, pois a garantia do direito à água e saneamento básico traz melhorias diretas para a vida das populações mais pobres e mais vulneráveis (VAN BEEK & ARRIENS, 2014; GWP, 2014). A segurança hídrica é uma questão de grande peso para a discussão do cenário urbano, pois o modelo de gestão dos recursos hídricos nas cidades atualmente é insustentável, seja do ponto de vista da eficiência e da performance técnica, seja na perspectiva da equidade social e da sustentabilidade ambiental (VAN BEEK & ARRIENS, 2014).

É importante considerar que a integração do desenvolvimento com a gestão da água, da terra e dos recursos naturais seria uma forma de maximizar o bem-estar social e econômico sem comprometer a sustentabilidade e saúde dos ecossistemas. Portanto, uma boa gestão da água significaria a garantia da segurança hídrica (GWP, 2014). A boa gestão da água inclui necessariamente a gestão do saneamento, especificamente do esgotamento sanitário. A

ausência de coleta e de tratamento adequado do esgoto causa impactos ambientais nos cursos d'água e na saúde humana, diminuindo assim a qualidade de vida da população.

## **1.2. Saneamento Básico**

O saneamento básico em um sentido mais amplo se refere ao conjunto de ações antrópicas para manter ou alterar o ambiente, no sentido de realizar o controle de doenças, a promoção da saúde e do bem-estar. O saneamento está condicionado diretamente com as políticas públicas de uma determinada sociedade em um momento histórico, que será então refletido em qualidade de vida para essa população, e por isso as políticas de saneamento estão em interface com as políticas de saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano. Esse conceito inclui as ações voltadas para os serviços de água, esgoto e resíduos sólidos, além disso, também inclui a recuperação de cursos d'água poluídos e a drenagem pluvial por meio de galerias fechadas ou a céu aberto (SOUZA, 2009).

Historicamente os serviços urbanos são tratados como serviços públicos, ou seja, são resultados de intervenções do poder público. Essas intervenções podem ser diretas com a gestão dos serviços, ou indiretas quando o poder público concede a produção e operação dos serviços ao setor privado, mantendo apenas a responsabilidade de financiamento, controle e regulamentação desse serviço. É importante mencionar que, independente da concessão de serviços, é responsabilidade do poder público em garantir a universalização dos serviços de saneamento como direito social das comunidades, em especial, aquelas em situação de maior vulnerabilidade (SOUZA, 2009).

Como mencionado previamente, o saneamento básico de acordo com a legislação brasileira possui quatro áreas de atuação: abastecimento de água, esgotamento sanitário, sistema de drenagem urbano e manejo dos resíduos sólidos. No entanto, este trabalho terá foco em apenas uma dessas vertentes que é o esgotamento sanitário.

Atualmente, uma grande parte da população mundial ainda continua sem acesso adequado aos serviços de saneamento básico, por isso é fundamental assegurar esse serviço como um direito humano, pois este se constitui como direito à vida e à dignidade humana.

Sanear significa tornar um local saudável, por isso, as regiões que possuem saneamento têm mais acesso à saúde e suas condições sociais e ambientais são melhores. Assim, indicadores de saúde como o índice de mortalidade, principalmente infantil, são mais baixos. A distribuição de forma desigual dos serviços de saneamento básico representa uma

negação do direito à cidade e à moradia adequada, e também do direito à saúde, que são direitos sociais fundamentais. A ausência do esgotamento sanitário também aponta para a ineficiência do Estado brasileiro na gestão pública urbana em alocar serviços vitais para as cidades (NICACIO *et al.*, 2013).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), previsto na Lei nº 11.445/2007, foi lançado pelo Ministério das Cidades em 2014. De acordo com o PLANSAB, o atendimento de saneamento básico pode ser classificado como adequado, precário ou inadequado. Essa classificação considera a infraestrutura implantada, os aspectos socioeconômicos e culturais e também a qualidade dos serviços ofertados ou da solução sanitária empregada.

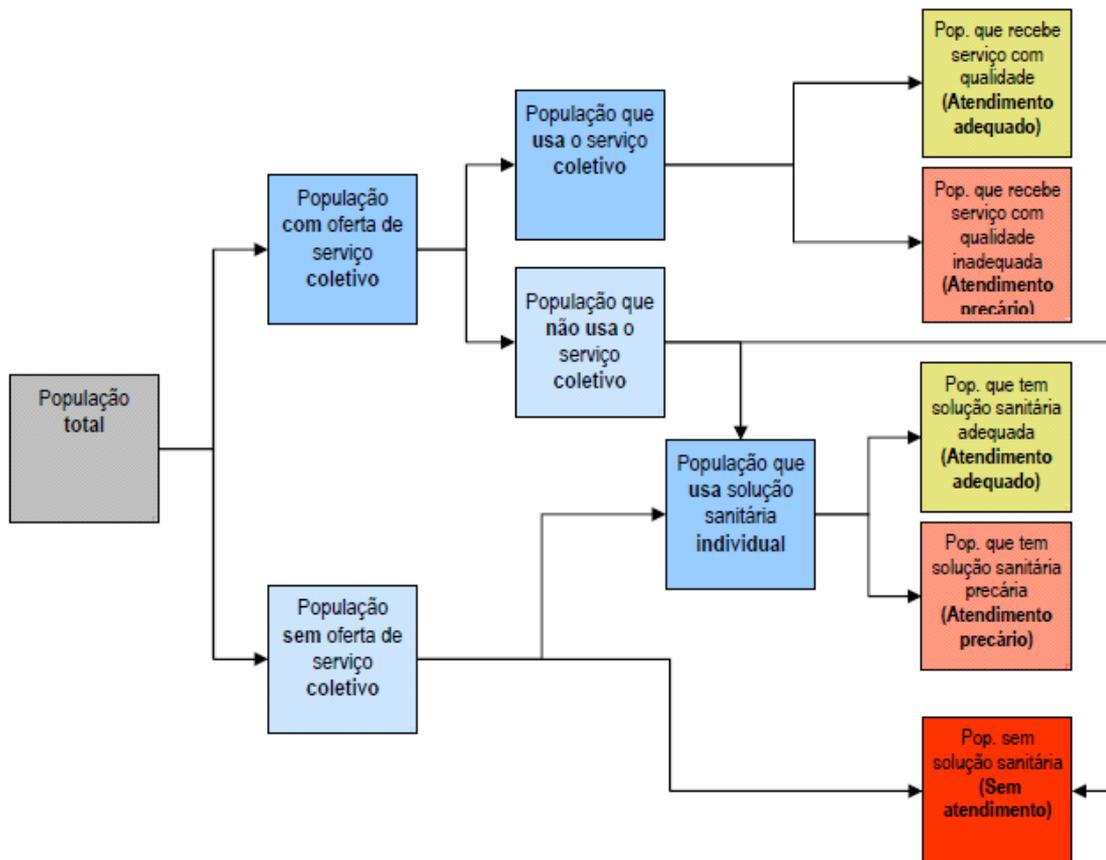


Figura 1 - Esquema do atendimento de saneamento básico de acordo com o PLANSAB. Fonte: PLANSAB (2013).

A figura 1 apresenta essa classificação do atendimento do saneamento básico, seja em relação ao serviço coletivo ou individual e também à qualidade do atendimento.

### 1.2.1. Esgotamento Sanitário

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é um dos principais integrantes da infraestrutura urbana. Nesse contexto, o esgoto sanitário pode ser definido como a água residuária das atividades domésticas, industriais e da água da chuva que escoam pelos terrenos e entra nas tubulações coletoras (PEREIRA & SOARES, 2006). Essa água residuária adquire características que a tornam imprópria para consumo e para o retorno ao meio ambiente. Ela é, na verdade, uma massa líquida que possui partículas, compostos químicos e microrganismos que impossibilitam a sua reutilização imediata. Por isso, se torna necessário tratamento adequado antes do reuso ou da sua destinação final (PEREIRA & SOARES, 2006).

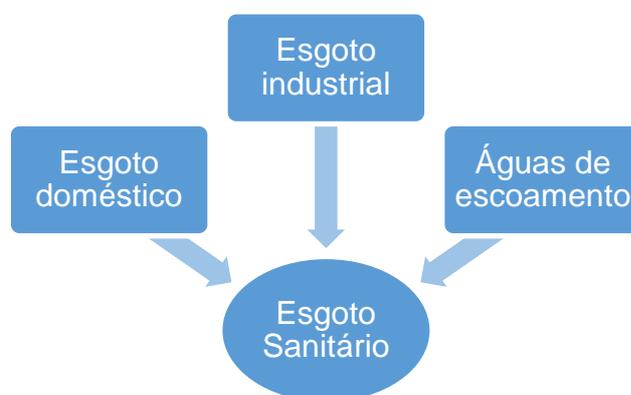


Figura 2 - Constituição do Esgoto Sanitário. Fonte: Elaborado pela autora.

Em geral, o esgoto doméstico representa a maior quantidade do esgoto sanitário, e sua composição é de material fecal e águas servidas provenientes de banheiros, cozinhas e de outras instalações hidrossanitárias. O esgoto industrial é constituído pelos efluentes dos processos produtivos e pelas águas de lavagem de indústrias. Já as águas de escoamento são as que adentram nos coletores de esgoto após escoar ou infiltrar no terreno (PEREIRA & SOARES, 2006).

Os dejetos e as águas residuárias precisam ser afastados das habitações de maneira tecnicamente correta para evitar a degradação do meio ambiente, além de impactos danosos para saúde pública. Por isso, as áreas urbanas devem possuir todas as unidades que compõem o Sistema de Esgotamento Sanitário (NICACIO *et al.*, 2013, PEREIRA *et al.*, 2003).

O Sistema de Esgotamento Sanitário pode ser individual ou coletivo. O SES individual consiste na coleta e tratamento de pequenas quantidades de esgoto sanitário de domicílios que não estão conectados a rede coletora de esgoto. Algumas soluções individuais

são a fossa séptica (também chamada de tanque séptico) e o sumidouro, fossa seca, vala aberta e o lançamento em cursos d'água (PEREIRA & SOARES, 2006). A ausência de rede coletora de esgoto sanitário em áreas urbanas causa um aumento no uso de fossa séptica. No entanto, essa prática acumula efluentes líquidos, lodo e biogás, que precisam ter uma destinação correta. O efluente líquido dos tanques sépticos tem uma grande concentração de matéria orgânica, sólidos e microrganismos, por isso não é indicado o seu lançamento direto em corpos d'água ou em coletores de drenagem pluvial. Existem alternativas de tratamento complementar como filtro anaeróbio, filtro aeróbio, filtro de areia, vala de filtração, escoamento superficial ou a desinfecção. Tais efluentes tratados devem ser destinados para um poço absorvente (sumidouro), vala de infiltração, corpo d'água ou para o sistema público. O lodo acumulado precisa ser removido e enviado para um digestor, leito de secagem ou estação de tratamento de esgoto antes da sua destinação final em aterros sanitários, incineradores ou do reaproveitamento na agricultura (PEREIRA & SOARES, 2006).

É importante ter em mente que um grande número de fossas sépticas significa maiores custos de implantação e manutenção do sistema individual. Ademais, o tratamento de esgoto em sistemas individuais é menos eficiente se comparado com os sistemas coletivos. Somado a esses fatos, o crescimento populacional e a diminuição de áreas livres nos domicílios inviabilizaram a continuação do uso de sistemas individuais. Os sistemas de esgotamento coletivos são apontados como solução indicada para regiões com média e grande densidade populacional (PEREIRA & SOARES, 2006). O Sistema de Esgotamento Sanitário coletivo é um complexo sistema de engenharia que é responsável pela coleta, elevação, tratamento e disposição final adequada de esgoto, como se pode ver na figura 3.



Figura 3 - Unidades componentes do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES). Fonte: Elaborado pela autora.

A unidade de coleta é responsável pelo afastamento rápido do esgoto do local em que foi gerado. A topografia é fundamental para a construção da rede coletora, pois se deve utilizar da força da gravidade para facilitar o transporte da massa líquida. Porém quando ocorrem desníveis no terreno, o esgoto é transportado para uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE). Todo o material coletado deve ser conduzido então para a Estação de Tratamento de

Esgoto (ETE) para a remoção dos materiais e compostos contaminantes. A unidade de tratamento é composta por operações físicas combinadas com processos químicos e biológicos. O efluente líquido após o tratamento deve ser retornado ao meio ambiente, e na maioria das vezes é lançado ao corpo d'água mais próximo. O esgoto sanitário deve ser tratado de maneira adequada para evitar impactos no corpo receptor (NICACIO *et al.*, 2013, PEREIRA & SOARES, 2006, PEREIRA *et al.*, 2003).

A unidade de coleta é composta pelas tubulações que recebem e transportam o esgoto do coletor predial até a unidade de tratamento ou de destino final. As partes que integram essa unidade são as ligações prediais, os tubos coletores e órgãos acessórios que devem estar integrados ao sistema, por isso é importante determinar o que será coletado, como será transportado, em que local será tratado e como se destinará os subprodutos do tratamento (PEREIRA & SOARES, 2006).

A coleta de esgoto pode ser convencional, condominial ou em redes simplificadas. A coleta convencional de esgoto é a mais frequente nos municípios brasileiros, que é caracterizada pelo assentamento da tubulação em área pública no passeio ou na via, a concessionária dos serviços de água e esgoto tem a responsabilidade integral na operação e manutenção e a Norma Brasileira Recomendada (NBR) nº 9649/1986 deve ser obedecida (PEREIRA *et al.*, 2003).

A rede coletora é composta por coletor predial, coletor secundário, coletor primário e interceptor. O coletor predial é o conjunto de tubulações e dispositivos que conecta a instalação predial dos domicílios com a rede coletora. A parte interna está dentro da propriedade particular e a parte externa se localiza na área pública e é chamada de ligação predial (PEREIRA & SOARES, 2006). A NBR 9649/1986 define a ligação predial como o trecho do coletor predial que se encontra entre a rede coletora e o limite do terreno (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

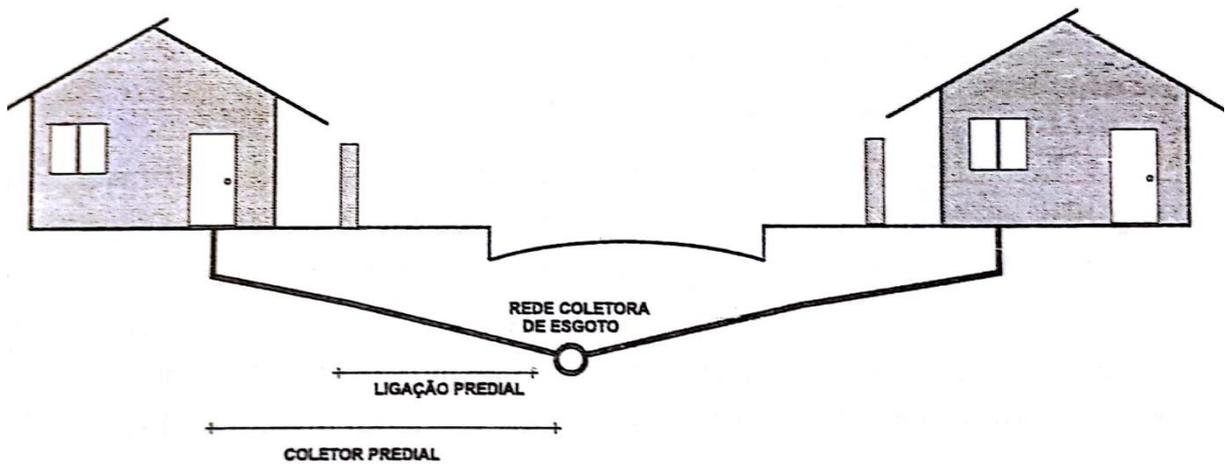


Figura 4 - Ligação predial, coletor predial e rede coletora de esgoto. Fonte: Pereira & Soares (2006)

Os coletores secundários recebem o esgoto das ligações prediais em qualquer ponto da sua extensão, enquanto que os coletores primários podem receber contribuições das ligações prediais e dos coletores secundários. Os coletores primários podem ser classificados em coletor tronco e coletor principal. Os coletores-tronco recebem esgoto somente dos coletores secundários e o coletor principal se refere ao coletor de maior extensão da bacia de esgotamento. O interceptor recebe e transporta as águas residuárias dos coletores primários até uma estação elevatória ou até a ETE. Os interceptores têm o maior diâmetro da rede coletora e geralmente encontram-se localizados nas partes mais baixas das bacias de esgotamento e nas margens dos rios, lagos e oceanos para evitar o lançamento direto do esgoto nos cursos d'água (PEREIRA & SOARES, 2006).

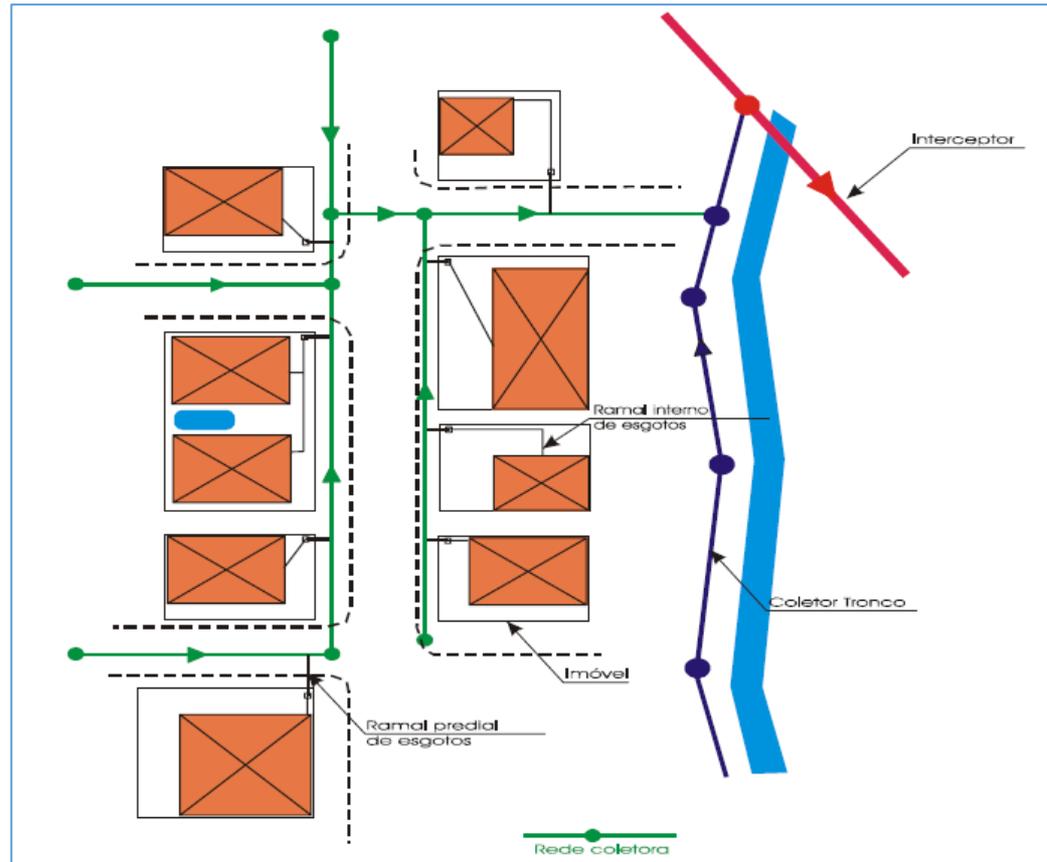


Figura 5 - Desenho esquemático da rede coletora. Fonte: SABESP (2006)

As linhas de recalque são tubulações projetadas para funcionar sob pressão e encontram-se na saída das estações elevatórias e transportam o esgoto até outra bacia, sub-bacia ou para a ETE. O emissário é a tubulação que transporta o esgoto sanitário até o destino final, seja para o tratamento ou para o lançamento no curso d'água. No começo e no final de todos os trechos dos coletores existem órgãos acessórios responsáveis por facilitar a inspeção e limpeza das tubulações. Tais dispositivos fixos e não mecanizados são instalados nos pontos de mudança de declividade, diâmetro, material e cota. São importantes para desobstrução e remoção dos materiais acumulados dentro dos coletores. Os principais órgãos acessórios são o poço de visita (PV), o tubo de inspeção e limpeza, o terminal de limpeza, a caixa de passagem e a caixa de inspeção (PEREIRA & SOARES, 2006).

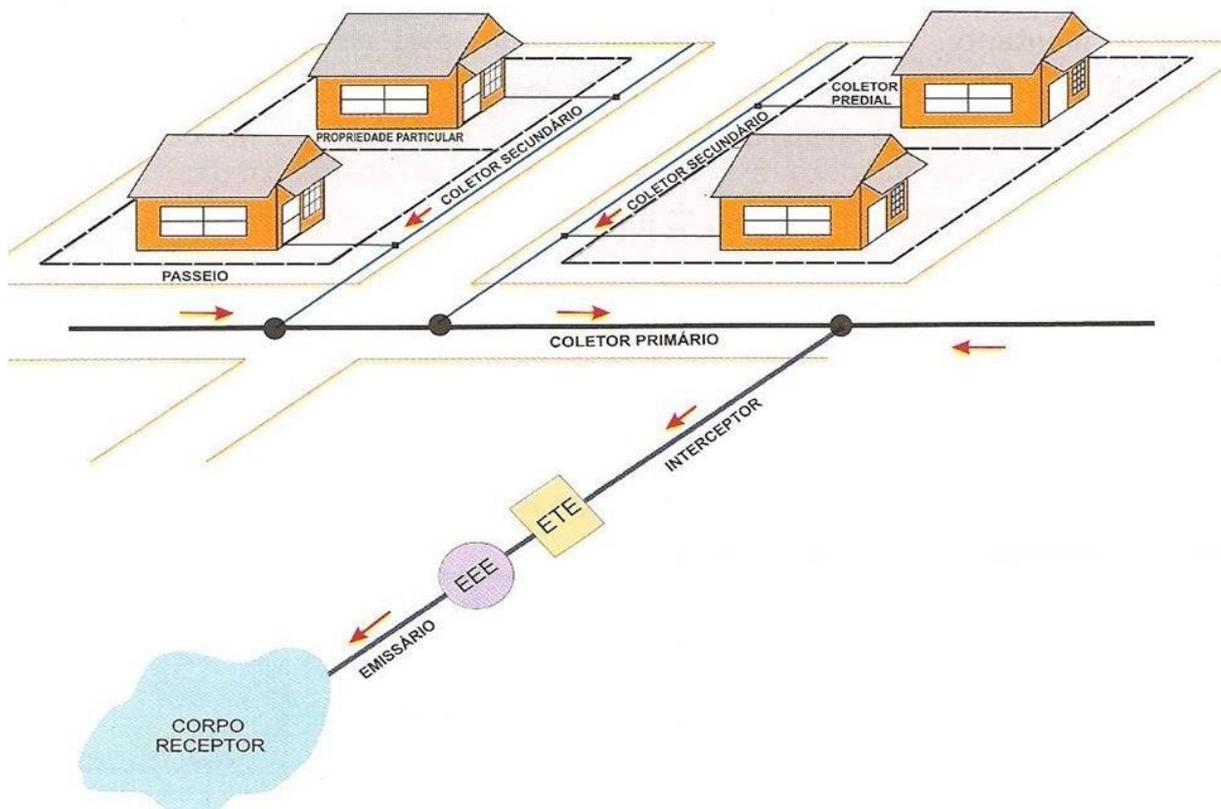


Figura 6 - Coleta convencional. Fonte: Pereira & Soares (2006).

Os sistemas de esgotos urbanos podem ser classificados de acordo com o tipo de contribuição à rede coletora, podendo ser do tipo unitário ou combinado, separador parcial ou separador absoluto (SOBRINHO & TSUTIYA, 1999). A coleta do tipo unitário ou combinado conta com apenas uma tubulação para receber os esgotos e as águas da chuva, por isso os tubos precisam ter grande dimensão. No separador parcial existem duas tubulações coletoras, sendo que uma pertence ao sistema de esgotamento sanitário e a outra ao sistema de drenagem pluvial. A rede coletora recebe esgoto e apenas as águas pluviais provenientes de telhados e pátios das residências, enquanto que as águas de precipitações pluviométricas que caem sobre as demais áreas das residências e nas áreas públicas são encaminhadas para as tubulações da rede de drenagem. É difícil quantificar a vazão das águas pluviais dos telhados e pátios, por isso esse tipo de coleta não é muito adotado. A coleta do tipo separador absoluto consiste em duas tubulações coletoras separadas, sendo uma para o sistema de drenagem e outra para o sistema de esgotamento sanitário. Nesse tipo de coleta não ocorre mistura entre o esgoto e as águas pluviais, por isso os tubos podem ter dimensões menores (PEREIRA & SOARES, 2006). A NBR 9649/1986 recomenda a utilização do sistema separador absoluto, que é definido como o conjunto de tubos, instalações e equipamentos que coletam,

transportam e conduzem somente o esgoto sanitário para o destino final, de maneira contínua e higiênica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

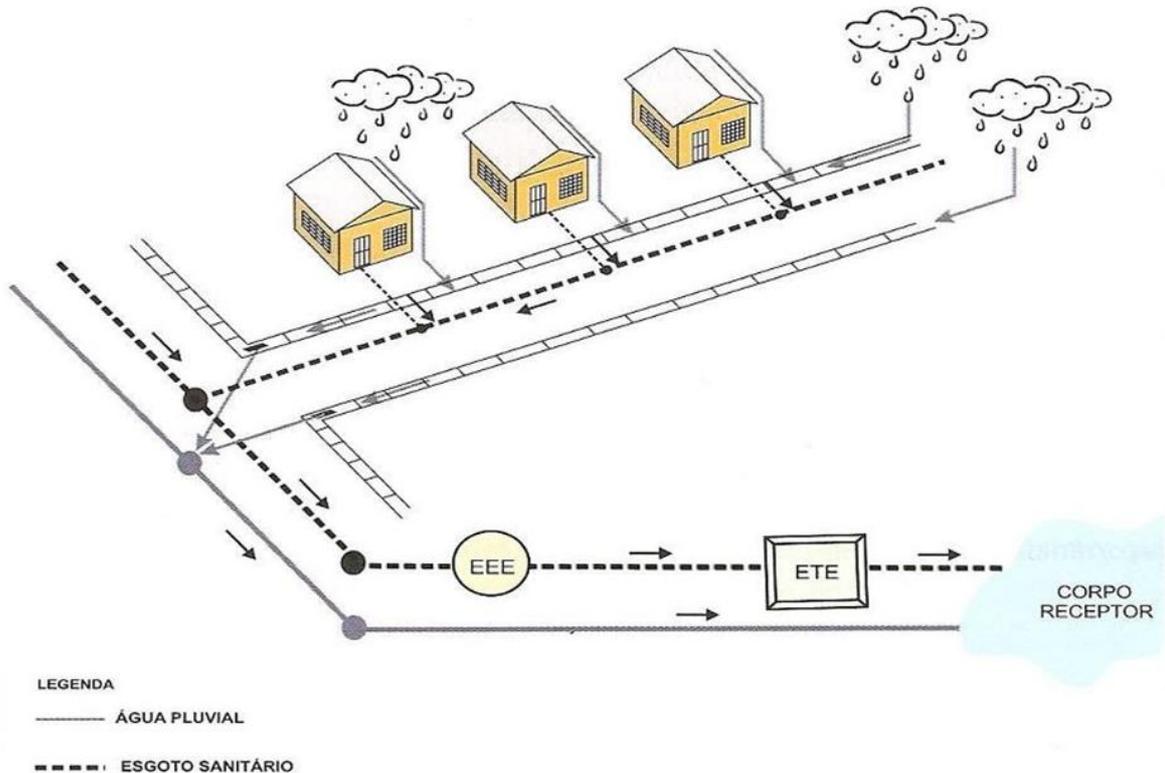


Figura 7 - Coleta do tipo separador absoluto. Fonte: Pereira & Soares (2006).

A coleta do tipo separador absoluto foi projetada para a maioria das cidades brasileiras, no entanto a ausência de um sistema de drenagem transforma, na prática, esse sistema em coleta do tipo unitário. Por causa disso, diversos problemas nesse modelo de sistema são observados por causa do acréscimo da vazão de água pluvial e o acúmulo de sólidos. Entre eles, pode-se citar o carreamento de sólidos e areia para o interior dos coletores, o transbordamento dos poços de visita, o retorno do esgoto nas áreas com cotas menores, o extravasamento das águas residuárias em diversas extensões da rede, a modificação na eficiência das estações de tratamento e o aumento dos custos operacionais do sistema de esgotamento sanitário. Outro problema que acomete os sistemas do tipo separador absoluto, relacionado com a separação da rede de esgoto e da galeria pluvial, é a existência de ligações clandestinas nos coletores, pois estas permitem a afluência de águas pluviais. Esse tipo de prática deve ser evitado, pois aumentam a vazão e a diluição do esgoto e com isso o desempenho e o custo de operação das unidades de coleta, elevação e tratamento são afetados (PEREIRA & SOARES, 2006).

A unidade de elevação é composta pelas Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) que consistem na utilização de equipamentos eletromecânicos (conjuntos moto-bomba) quando a massa líquida precisa ser transferida de uma cota mais baixa para uma cota mais alta (PEREIRA et al, 2003). As EEEs podem ser encontradas no meio ou no final da rede coletora. Quando existem no meio da rede coletora servem para bombear o esgoto entre coletores que se encontram na mesma bacia de esgotamento ou em bacias diferentes. Já no final da rede, o esgoto é recalcado até o corpo receptor ou até a Estação de Tratamento de Esgoto (PEREIRA & SOARES, 2006).

A unidade de tratamento é representada pelas ETEs que são responsáveis por tratar as grandes cargas orgânicas, os sólidos e os microrganismos presentes nas águas residuárias para minimizar a contaminação dos corpos d'água e os riscos à saúde pública. Existem operações físicas associadas com processos biológicos e/ou químicos nas quatro etapas de tratamento do esgoto. O tratamento preliminar elimina sólidos grosseiros, enquanto que o tratamento primário suprime os sólidos suspensos. Essas duas unidades de tratamento geralmente se localizam no começo da ETE para proteger os equipamentos das unidades posteriores. O tratamento secundário consiste na utilização de processos físico-químicos ou com microrganismos aeróbios ou anaeróbios para estabilizar a matéria orgânica que existe no esgoto. Esse tratamento geralmente é o 'coração da ETE', pois reduz os impactos dos compostos orgânicos nos corpos receptores. Por fim, o tratamento terciário é responsável por tornar os microrganismos inativos e por remover os macronutrientes que ainda persistem no efluente do tratamento secundário. Além do efluente tratado que será encaminhado para o corpo receptor, durante o tratamento também são gerados dois subprodutos, o lodo e gases (PEREIRA & SOARES, 2006).

A unidade de destino final consiste em dispositivos e tubos para receber e lançar o esgoto, bruto ou tratado, no corpo receptor, que pode ser um rio, córrego, lago ou o oceano. O lançamento do efluente tem que levar em consideração a capacidade de assimilação do curso d'água, para que este não tenha a sua biota aquática afetada e a sua utilização permaneça aceitável. Por isso, só devem ser lançados efluentes com características físicas, químicas e biológicas que permitem a autodepuração e o uso do curso d'água (PEREIRA & SOARES, 2006).

A maioria das cidades brasileiras ainda apresenta carência dos serviços de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto é coletado, transportado e lançado diretamente nos corpos d'água sem o tratamento adequado. Com isso, o risco de contaminação é transmitido para as populações que se encontram a jusante do ponto de lançamento. O

lançamento desses efluentes pode impactar muitas espécies aquáticas causando o desaparecimento destas, e também a proliferação de espécies não desejáveis. Por todos esses fatores quando o projeto de esgotamento sanitário é feito, características como a vazão e composição do corpo receptor devem ser avaliadas antes que a descarga de esgoto se inicie. Além disso, o efluente deve ser tratado mesmo que o curso d'água apresente capacidade de autodepuração (PEREIRA & SOARES, 2006).

A existência de um sistema de esgotamento sanitário nas cidades é um dever do Estado e direito do cidadão. Segundo Pereira & Soares (2006, p. 289), “as atividades desenvolvidas na elaboração do projeto, construção, operação e manutenção da rede coletora devem ser tecnicamente embasadas, socialmente justas, ambientalmente seguras e economicamente viáveis”.

De acordo com o Plansab, o esgotamento é considerado adequado quando existe coleta de esgoto seguida de tratamento ou quando a destinação é por meio de fossa séptica. Já a situação de déficit do esgotamento se caracteriza pelo atendimento precário ou pela falta de atendimento. A coleta de esgotos sem o devido tratamento ou a existência de fossa rudimentar caracterizaria a precariedade do atendimento, e todas as outras formas de destinação correspondem a ausência de atendimento.

### *1.2.2. Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário no Brasil*

O Estado brasileiro, do século XIX até o início do século XX, funcionou com poder concedente para formar empresas que construíram as primeiras redes de abastecimento de água e de esgotos sanitários. Porém a concessão à iniciativa privada enfatizou apenas o abastecimento de água para as áreas centrais das cidades. Esse fator somado com o crescimento urbano, a restrição do atendimento, as pressões populares e a má qualidade dos serviços trouxeram a necessidade de intervenção do Estado no setor de saneamento. Por causa da maior autonomia do Estado e do maior caráter centralizador deste, houve espaço para o surgimento de políticas sociais voltadas para as áreas urbanas em nível nacional. O Estado assumiu o papel de prover as condições de infraestrutura para possibilitar o desenvolvimento (SOARES, NETTO & BERNARDES, 2003).

Em 1967, apenas 24% da população estava conectada à rede coletora de esgoto. Esse cenário aliado com o elevado crescimento populacional em uma época de grande intervenção estatal com a ditadura militar levou à criação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) na década de 1970. Essa nova estrutura definiu os estados da federação como os provedores

diretos desses serviços. Isso resultou na criação de 26 companhias estaduais para prestação dos serviços de saneamento básico, porém em alguns casos, houve apenas a adaptação de estruturas existentes. Essas companhias estaduais se tornaram responsáveis para buscar financiamento para desenvolver e expandir os serviços de água e esgoto, assim como também devem gerir a sua operação e manutenção. Por isso, as companhias ganharam o direito de cobrar tarifa (HELLER, 2007; SOARES, NETTO & BERNARDES, 2003).

A fonte de financiamento para o saneamento definida pelo Planasa (Decreto-Lei nº 949/1969) foi o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), que inicialmente era mais confiável do que as fontes de financiamento anteriores. O plano também estabeleceu que os serviços públicos devessem se tornar financeiramente sustentáveis com base na cobrança de tarifas, e ao mesmo tempo havia a permissão para adotar uma política de subsídios cruzados ao nível de cada empresa estatal. Ao final do regime militar e durante a transição para a democracia em 1985, houve certo grau de mudanças na maneira de intervenção do poder público, porém o setor de prestação de serviços de água e esgoto manteve o seu modelo altamente preservado (HELLER, 2007).

O modelo do Planasa estava em crise desde a alteração das regras do reajuste das tarifas de água e esgoto, causando assim um desequilíbrio econômico-financeiro aos operadores desse setor. Com a publicação da Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007), os serviços ganharam uma moldura institucional clara, na qual se tornou possível a construção de políticas públicas e também a criação de novos desenhos institucionais (MORAIS & COSTA, 2010).

Com o abandono desse modelo centralizador, um dos grandes desafios atuais do setor de saneamento básico está nos arranjos institucionais interfederativos. Essa é uma área intrinsecamente dependente de recursos federais, e os serviços públicos são normalmente prestados pelos estados, municípios ou então pelos concessionários, públicos ou privados (MORAIS & COSTA, 2010).

As políticas de saneamento básico devem estar integradas às políticas nacionais e regionais de recursos hídricos e as políticas regionais e locais de desenvolvimento urbano e saúde pública. No entanto, a articulação dessas políticas públicas requer um grande esforço de cooperação entre a União, os estados e os municípios, dando origem a uma série de desafios para o funcionamento do setor de saneamento (MORAIS & COSTA, 2010). Essas dificuldades podem ser percebidas ao se analisar os baixos índices de cobertura dos serviços, conforme descrito na seção a seguir.

### *1.2.3. Panorama do Esgotamento Sanitário no Brasil*

Com relação ao atendimento por redes de esgotos, o contingente de população urbana atendida alcança 102,1 milhões de habitantes. Em 2016, o Brasil possuía a média nacional de atendimento total por redes de esgoto de 51,9%, e a média total nas áreas urbanas era de 59,7%. Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do País chega a 44,9% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,9% para os esgotos que são coletados. Cabe ressaltar, que o volume de esgotos tratados chegou a 4,06 bilhões de metros cúbicos em 2016 (SNIS, 2016).

De acordo com dados da ANA (2017), em termos de serviços de esgotamento sanitário, 43% da população brasileira é atendida por sistema coletivo, com tratamento; 12% por fossa séptica; 18% são enquadrados na situação onde há coleta, mas não há tratamento do esgoto; e 27% não é beneficiada nem com a coleta e nem com o tratamento de esgotos, ou seja, são desprovidas de atendimento. O Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab (2014) considera como sendo adequados os atendimentos de esgotamento sanitário por sistema coletivo ou por solução individual com fossa séptica. Assim, de acordo com os dados apresentados, verifica-se que 55% da população brasileira é beneficiada com tratamento de esgoto adequado.

De acordo com o SNIS (2016), os esgotos não coletados são destinados para fossas sépticas ou negras, são lançados em rede de águas pluviais ou em sarjetas ou, ainda, dispostos diretamente no solo ou em lagos, rios e mares. A solução individual, com fossa séptica, tende a diminuir o impacto dos efluentes mencionados nos corpos d'água, desde que executadas de maneira adequada e em condições apropriadas à sua aplicação.

A figura 8, a seguir, ilustra a distribuição do esgotamento sanitário coletivo em relação às diferentes categorias.



Figura 8 - Percentual de cobertura de esgotos no Brasil (somente para sistemas coletivos). Fonte: ANA, 2017.

Observa-se que 61,4% da população urbana do Brasil contava, em 2016, com rede coletoras de esgotos. Isso quer dizer que 65,1 milhões de pessoas nas cidades brasileiras não dispõem de sistema coletivo para afastamento dos esgotos sanitários. Tendo em vista o fato de que nem todo o esgoto coletado é conduzido a uma estação de tratamento, verifica-se que 42,6% da população urbana brasileira total é atendida com coleta e tratamento de esgotos. Em contrapartida, cerca de 96 milhões de pessoas não dispõem de tratamento coletivo de esgoto.

O Quadro 1 mostra os diferentes níveis de atendimento do SNIS (2016) baseado em alguns índices. O indicador médio nacional de tratamento dos esgotos gerados é calculado com base no volume de água consumido e representa a parcela dos esgotos gerados que recebe tratamento.

Quadro 1 - Níveis de atendimento de esgoto dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2016, segundo a região geográfica e Brasil.

Região	Índice de atendimento com rede de coleta de esgoto (%)		Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Total	Urbano	Esgotos gerados	Esgotos coletados
Norte	10,5	13,4	18,3	81,0
Nordeste	26,8	34,7	36,2	79,7
Sudeste	78,6	83,2	48,8	69,0
Sul	42,5	49,0	43,9	92,9
Centro-Oeste	51,5	56,7	52,6	92,1
<b>Total</b>	<b>51,9</b>	<b>59,7</b>	<b>44,9</b>	<b>74,9</b>

Os dados apresentados no Quadro 1 permitem constatar que a região Sudeste apresenta os melhores índices de coleta e tratamento de esgotos dentre as regiões brasileiras. Isso quer dizer que se trata da única região cujo tratamento dos esgotos gerados abrange mais da metade de sua população urbana (ANA, 2017). O Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil se assemelham em relação aos valores dos índices de coleta, representando metade da população urbana dessas regiões, sendo que o Centro-Oeste apresenta maior nível de tratamento de esgoto. De todas as regiões brasileiras, a região Norte é a mais carente no que se refere aos serviços coletivos de tratamento de esgoto. A região nordeste possui índices mais baixos que a média nacional. Nessa região, a coleta de esgoto total era de apenas 24% em 2015, e nas áreas urbanas esse índice chegava a 32%. Ainda nesse mesmo ano, 32% dos esgotos gerados eram tratados no Nordeste (SNIS, 2016).

A Figura 9 apresenta a visualização espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos, distribuídos por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.

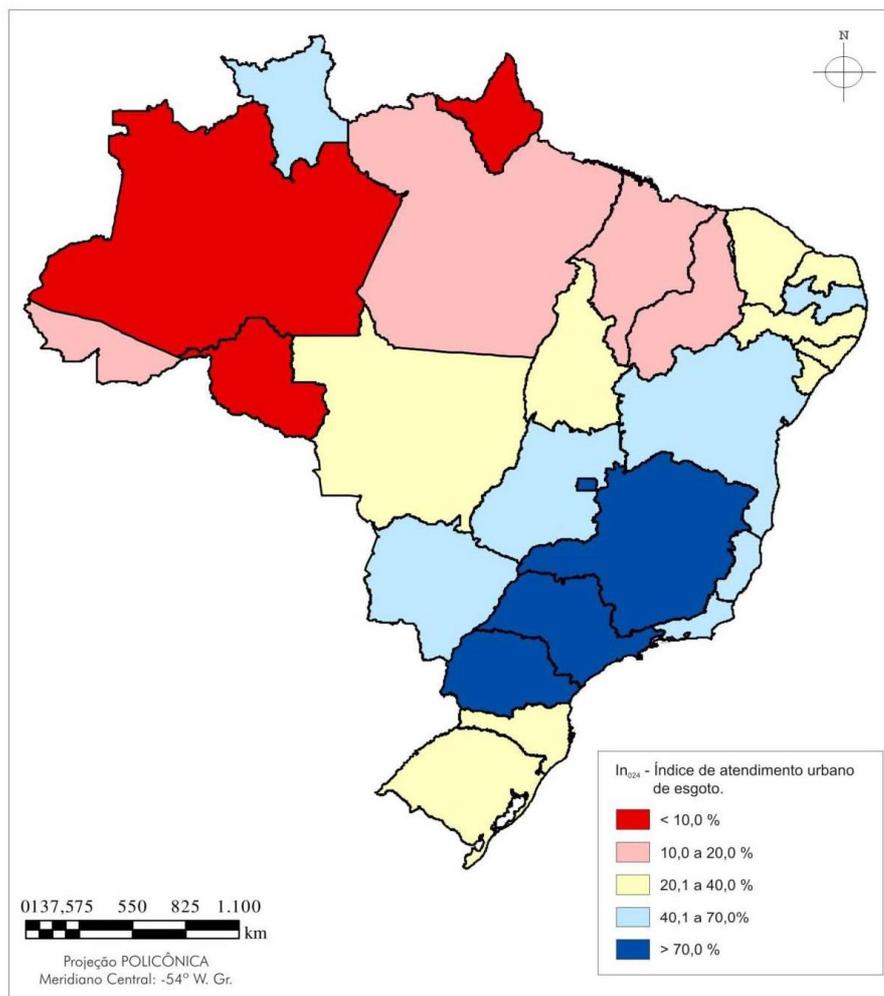


Figura 9 - Representação espacial do atendimento urbano da rede coletora de esgoto por estado. Fonte: SNIS, 2016.

Ao se observar a Quadro 2 identifica-se que 14 Unidades da Federação (UF) possuem parcela de tratamento de esgoto, em relação ao que é coletado, superior a 75%. No entanto, em relação à totalidade, esse índice não pode ser considerado um bom indicador da situação do esgotamento sanitário, visto que uma parcela considerável dessas UF's ainda possui baixos índices de coleta de esgoto.

Quadro 2 - Dados dos índices de cobertura de esgotos no Brasil por Estado e Região Geográfica.

Região Geográfica	Unidade da Federação	Número de Municípios	População Urbana (em mil hab.)	Parcela da População Atendida		Parcela Tratada em Relação à Coleta
				Coleta de esgoto	Tratamento de esgoto	
NORTE	Acre	22	562,8	35%	33%	94%
	Amapá	16	658,8	7%	7%	92%
	Amazonas	62	3.014,2	22%	19%	84%
	Pará	144	5.611,0	9%	4%	45%
	Rondônia	52	1.277,3	9%	4%	41%
	Roraima	15	374,1	19%	15%	79%
	Tocantins	139	1.169,2	30%	29%	96%
	<b>TOTAL</b>	<b>450</b>	<b>12.667,4</b>	<b>16%</b>	<b>12%</b>	<b>75%</b>
NORDESTE	Alagoas	102	2.426,3	26%	17%	64%
	Bahia	417	10.865,0	63%	51%	81%
	Ceará	184	6.569,3	44%	40%	91%
	Maranhão	217	4.283,4	17%	4%	23%
	Paraíba	223	2.956,4	59%	43%	72%
	Pernambuco	185	7.383,6	45%	27%	61%
	Piauí	224	2.096,9	12%	10%	81%
	Rio Grande do Norte	167	2.619,7	31%	25%	80%
	Sergipe	75	1.616,8	32%	22%	67%
	<b>TOTAL</b>	<b>1.794</b>	<b>40.817,4</b>	<b>43%</b>	<b>32%</b>	<b>74%</b>
SUDESTE	Espírito Santo	78	3.136,5	61%	41%	68%
	Minas Gerais	853	17.705,0	86%	44%	51%
	Rio de Janeiro	92	15.922,1	73%	42%	58%
	São Paulo	645	40.521,4	87%	64%	74%
	<b>TOTAL</b>	<b>1.668</b>	<b>77.285,0</b>	<b>83%</b>	<b>54%</b>	<b>65%</b>
SUL	Paraná	399	9.397,5	65%	64%	98%
	Rio Grande do Sul	497	9.477,2	54%	26%	48%
	Santa Catarina	295	5.557,4	33%	24%	74%
	<b>TOTAL</b>	<b>1.191</b>	<b>24.432,1</b>	<b>54%</b>	<b>40%</b>	<b>75%</b>

CENTRO-OESTE	Distrito Federal	1	2.694,3	83%	83%	100%
	Goiás	246	5.801,9	50%	48%	95%
	Mato Grosso	141	2.617,2	25%	22%	91%
	Mato Grosso do Sul	79	2.170,4	43%	42%	98%
	TOTAL	467	13.283,8	51%	49%	97%
BRASIL		5.570	168.485,7	61%	43%	70%

Fonte: ANA,2017.

Observando os valores do Quadro 3 é possível perceber que a situação de São Luís em relação às demais capitais nordestinas se destaca negativamente, especialmente no que se trata dos percentuais de atendimento com coleta e sem tratamento, com 44,3%, e de atendimento com coleta e com tratamento, com 3,8%. Cabe ressaltar que o índice de atendimento com coleta e sem tratamento para São Luís é o maior da região Nordeste, cinco vezes maior que Natal, segundo maior percentual da região. Paralelamente, para o índice de atendimento com coleta e com tratamento, o percentual observado para São Luís foi o menor da região Nordeste, principalmente considerando que capitais como Salvador e João Pessoa apresentaram percentual máximo, ou seja, 100%. Isso retrata bem o contexto preocupante do município no que se refere à ausência de ações com foco em melhorias nos serviços de esgotamento.

Quadro 3 - Dados do índice de atendimento de esgoto das capitais da Região Nordeste.

Município	UF	Índice sem atendimento - sem Coleta e sem Tratamento (2013)	Índice de Atendimento por Solução Individual (2013)	Índice de Atendimento com Coleta e sem Tratamento (2013)	Índice de Atendimento com Coleta e com Tratamento (2013)
São Luís	MA	32,5%	19,4%	44,3%	3,8%
Teresina	PI	36,8%	44,0%	0,0%	19,3%
Fortaleza	CE	2,2%	36,8%	0,0%	61,0%
Natal	RN	38,0%	30,9%	8,5%	22,6%
João Pessoa	PB	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Recife	PE	21,1%	15,9%	1,2%	61,9%
Maceió	AL	52,7%	17,8%	0,0%	29,6%
Aracaju	SE	49,4%	15,6%	0,0%	35,0%
Salvador	BA	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

Fonte: ANA, 2017.

#### 1.2.4. Relação entre Saneamento e Saúde

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde como o “estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças”. Philippi Júnior (2010) também afirma que o direito à paz, à habitação, à alimentação, à renda, à educação, ao meio ambiente saudável, à justiça social e à equidade são condições fundamentais e necessárias para a saúde.

A saúde pública é definida pela OMS como “a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde, por meio de medidas de alcance coletivo e de motivação da população”. Por isso, a saúde pública deve ter como objetivo a busca de soluções para os problemas que agravam a saúde e pioram a qualidade de vida da população, levando em consideração os sistemas sociocultural, ambiental e econômico. Dessa forma, a aplicação da saúde pública necessita de conhecimentos de diversas áreas, como a engenharia, medicina, biologia, direito, sociologia e outros. As ações de saúde pública incluem o saneamento do meio e a medicina preventiva e social. A saúde pública não é só responsável por conservar e melhorar a saúde, mas também por prevenir doenças. Para isso, é preciso investigar as causas das doenças no ambiente que o ser humano está inserido (PHILIPPI JÚNIOR, 2010).

As doenças de transmissão hídrica podem ser ocasionadas por diferentes microrganismos patogênicos, como se observa no Quadro 4.

Quadro 4 - Doenças de Veiculação Hídrica.

<b>DOENÇA</b>	<b>AGENTE CAUSADOR</b>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria Bacilar	<i>Shiggella sp.</i>
Febre Tifoide	<i>Salmonella typhi</i>
Febre Paratifoide	<i>Salmonella paratyphi A, B e C</i>
Gastrenterite	<i>Outros tipos de Salmonella, Shiggella, Proetetus sp., etc.</i>
Diarréia Infantil	<i>Tipos enteropatogênicos de Escherichia Coli</i>
Leptospirose	<i>Leptospira sp.</i>
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>
Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>
Teníase	<i>Taenia solium e Taenia saginata</i>
Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>

Fonte: CAEMA (2008).

As bactérias podem causar febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera. Os protozoários podem provocar amebíase ou disenteria amebiana, vermes e larvas podem causar esquistossomose e alguns vírus podem provocar hepatite infecciosa e poliomielite (CAEMA, 2008).

Essas doenças de veiculação hídrica são um problema de saúde pública ainda muito comum em países em desenvolvimento. Os principais afetados são crianças e jovens, os quais sofrem, dentre outras coisas, com o comprometimento de seu desenvolvimento físico e intelectual em decorrência de endemias tais como diarreia crônica. O saneamento básico é considerado a intervenção pública na saúde de menor custo efetividade para combater casos de diarreia e outras doenças de transmissão feco-oral relacionadas à água (UHR et al, 2016).

Heller (1998) aponta que os problemas de saneamento estão fortemente conectados com o modelo socioeconômico praticado e ao fato da população mais vulnerável ser justamente aquela excluída dos benefícios do desenvolvimento. Para o autor, existe uma relação clara entre saneamento e desenvolvimento (UHR et al, 2016).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Luís é a capital do estado do Maranhão, e localiza-se na Ilha do Maranhão, também chamada de Ilha de São Luís. A Ilha pertence à microrregião da aglomeração urbana de São Luís e faz parte da mesorregião norte maranhense (SILVA, 2015). A Ilha pertence à faixa insular do Golfão Maranhense que é composta por um arquipélago de oito ilhas. A capital São Luís ocupa aproximadamente 57% da Ilha e tem fronteiras com outros três municípios dentro da Ilha: Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar. A figura 10 apresenta o mapa de localização da Ilha de São Luís-MA, e os municípios existentes nela.

O município de São Luís está localizado na porção ocidental da Ilha entre a baía de São Marcos, o município de São José de Ribamar, o estreito dos mosquitos e o Oceano Atlântico (CAEMA, 2008, SILVA, 2015). Os municípios da Ilha de São Luís são independentes tanto no âmbito político quanto administrativo. Por isso, são independentes entre si na oferta de serviços de saneamento básico, como a coleta e tratamento de esgoto (SMEPE, 2011).

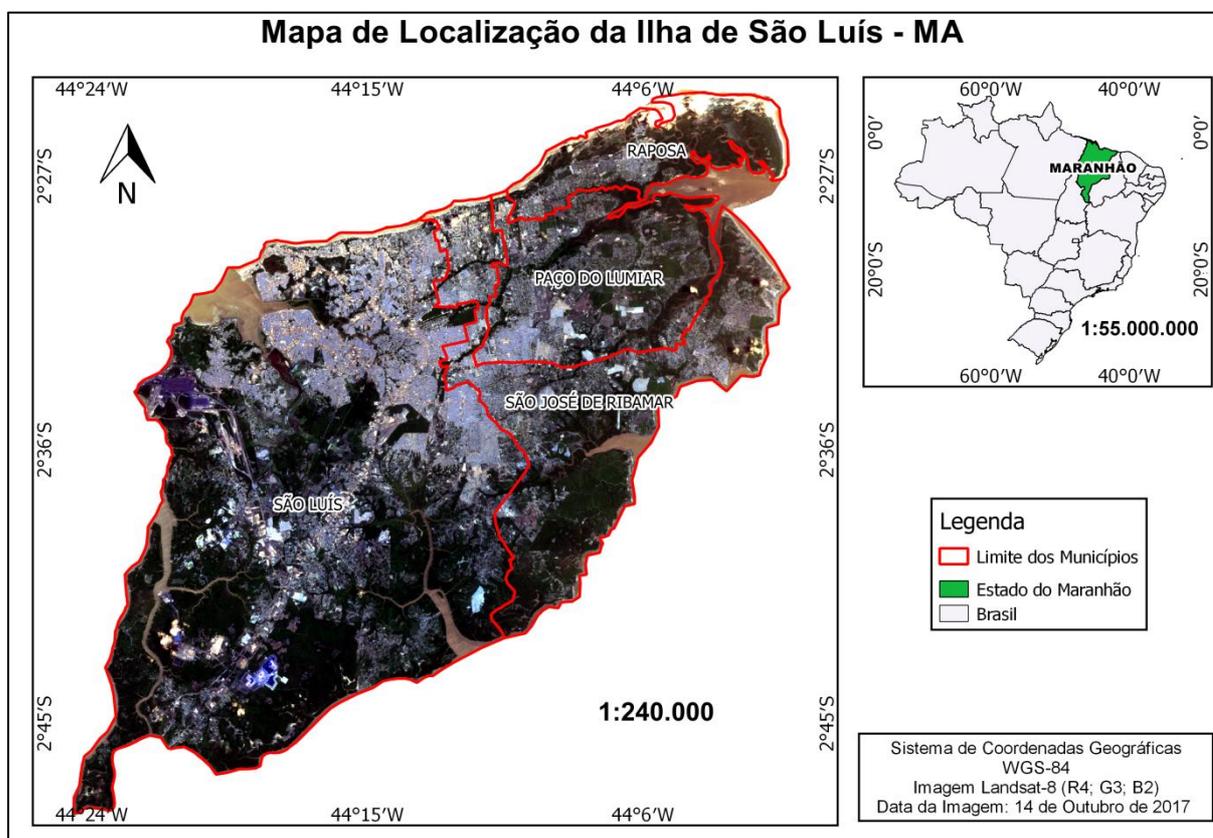


Figura 10 - Mapa de localização de São Luís-MA. Fonte: Imagem do Landsat 8 cortesia do U.S Geological Survey.

A população da cidade de São Luís estimada pelo IBGE em 2017 era de 1.091.868 habitantes. O clima de São Luís é classificado de acordo com Köppen como Tropical Chuvoso (Aw). Por estar localizada muito próxima à linha do Equador, existem apenas duas estações do ano na região: um verão chuvoso e um inverno seco (MENDONÇA et al, 2001). As chuvas se concentram nos meses de janeiro a junho, e a média pluviométrica é de 1953 mm. A umidade relativa do ar varia pouco ao longo do ano, permanecendo na faixa de 75 a 90%. A temperatura se situa entre 20° e 25° C, porém a máxima pode chegar até 30° C (CAEMA, 2008).

A vegetação da Ilha é composta por mangues, matas de galeria, restingas, capoeiras, campos inundáveis, babaçuais, matas secundárias mistas e florestas tropicais (MENDONÇA et al, 2001; NOVAES et al, 2007). O mapa de uso do solo da cidade está na figura abaixo.

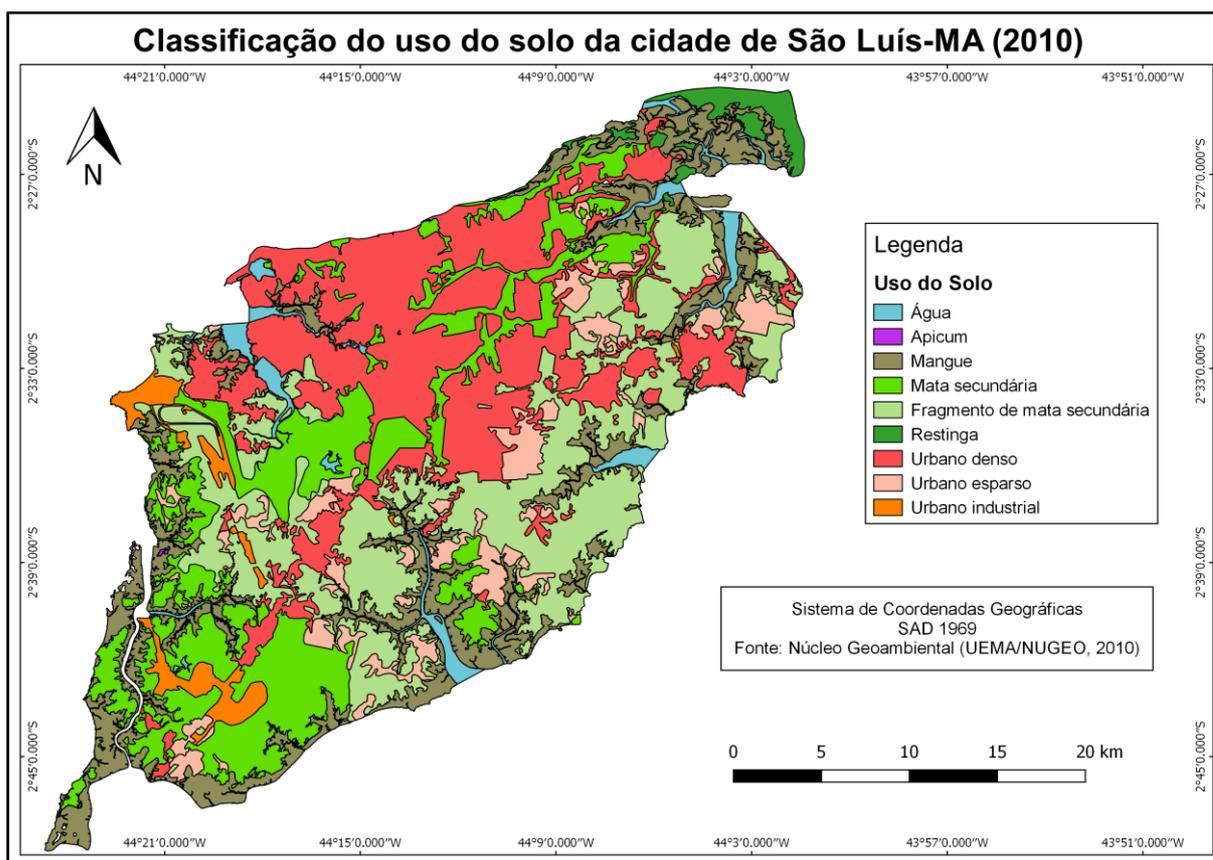


Figura 11 - Mapa de vegetação e uso do solo da ilha de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação às regiões hidrográficas nacionais, São Luís está localizada na região Atlântico Nordeste Ocidental, que se caracteriza pelos rios que desaguam no trecho nordeste ocidental do Atlântico (ANA, 2017). A rede hidrográfica da Ilha de São Luís é formada pelos rios Anil, Bacanga, Tibiri, Antônio Estures, Paciência, Batata, Bicas, Cururuca, Macaranã,

Calhau, Pimenta, Jaguarema, Claro, Geniparana, Pedrinhas, Coqueiro, Cachorros e rio da Prata. Esses são rios de pequeno porte que deságuam em várias direções da Ilha, em áreas de dunas e praias, com exceção do rio Anil e do Bacanga que drenam áreas de mangue. Existem várias regiões estuarinas em São Luís por causa da malha hidrográfica, que possuem grande importância por causa da alta fertilidade do solo e diversidade animal, e por isso são áreas fundamentais para a homeostase ambiental e para a cadeia alimentar (CAEMA, 2008).

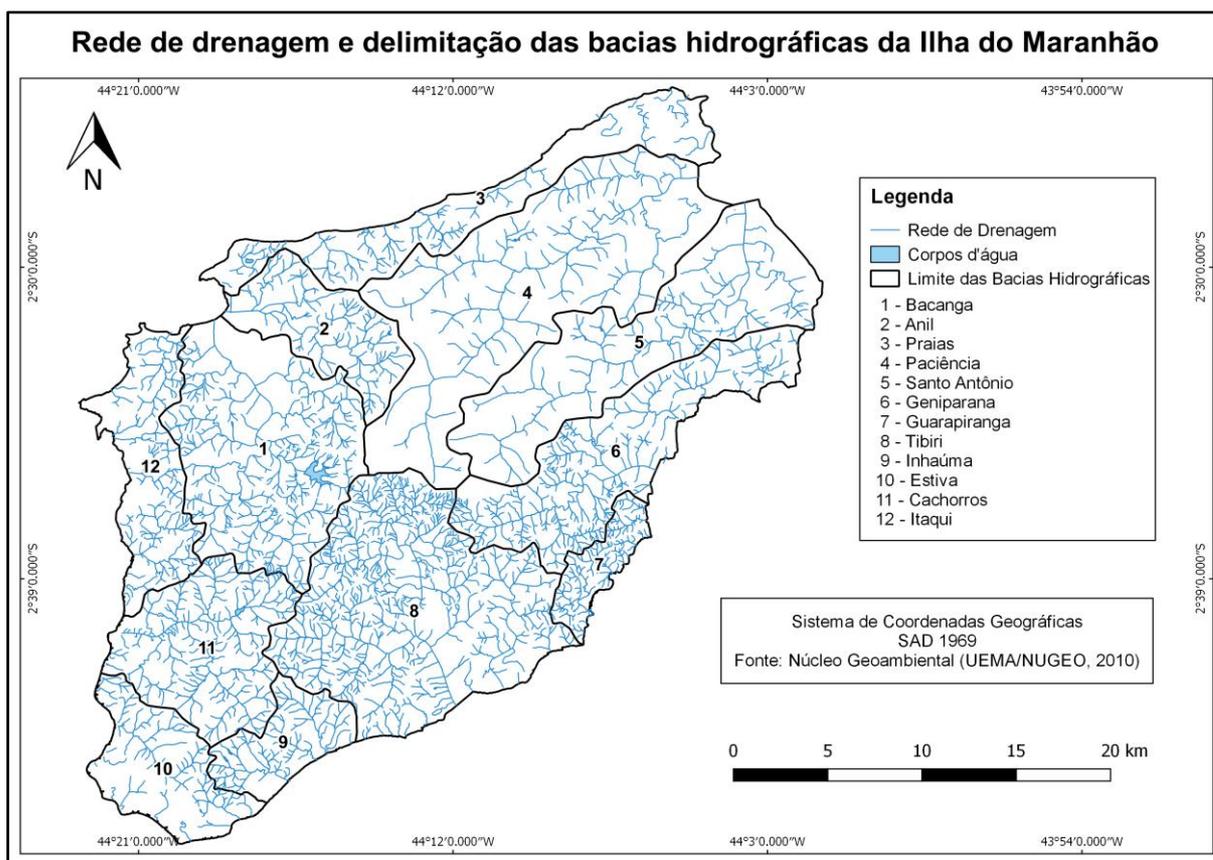


Figura 12 - Mapa da rede de drenagem e delimitação das bacias hidrográficas da Ilha de São Luís.  
Fonte: Elaborado pela autora.

A ilha de São Luís é composta por doze bacias hidrográficas: Bacanga, Anil, Praias, Paciência, Santo Antônio, Geniparana, Guarapiranga, Tibiri, Inhaúma, Estiva, Cachorros e Itaqui, conforme observado na figura 12.

## 2.1. Histórico de Urbanização de São Luís

A região da atual cidade de São Luís era densamente povoada por indígenas até a chegada dos colonizadores europeus por volta do século XVII. A cidade foi fundada por

franceses, posteriormente foi invadida pelos holandeses e depois colonizada por portugueses. A fundação ocorreu no dia 8 de setembro de 1612 pelo General da Marinha francesa Daniel de La Touche, com a construção do Forte de São Luís (SILVA & LIMA, 2013; ESPÍRITO SANTO, 2006).

Em 1756, houve a criação da Companhia Geral de Comércio do Grão Pará-Maranhão. A região transformou-se então em uma exportadora de algodão e arroz com a utilização da mão-de-obra escrava negra, São Luís tornou-se então uma das cidades economicamente mais importantes da colônia. O bairro portuário da Praia Grande foi consolidado nessa época, e nesse contexto surgiu a elite comercial maranhense com muita força hegemônica econômica e política (BURNETT, 2012). A cidade de São Luís é, por isso, herança e mistura de franceses, holandeses, portugueses, negros e índios.

A ocupação da cidade de São Luís se iniciou no que é o atual centro histórico da cidade, e as áreas ao redor do centro foram se adensando em seguida. Na segunda metade da década de 1960, o crescimento da capital maranhense ocorreu principalmente por causa dos grandes projetos econômicos do Governo Federal para o estado, consolidando assim a ocupação de novas regiões (BURNETT, 2012). A região cresceu de forma rápida e com grandes ocupações. Para acompanhar esse desenvolvimento foram construídas pontes sobre os rios Anil e Bacanga (SILVA & LIMA, 2013). Essas pontes permitiram que ocorresse a ocupação da orla norte da cidade, dando origem a bairros mais nobres que antes eram de difícil acesso e que então viraram alvo da especulação imobiliária (SILVA & LIMA, 2013).

A partir da década de 1980, o crescimento urbano se concentrou principalmente nas áreas litorâneas, na parte nordeste do município de São Luís e nas periferias ao redor da BR-135. Além dessa expansão urbana, o porto da Ilha de São Luís se configurou em um grande motivo para atrair empreendimentos para a região, devido a localização privilegiada da Ilha e a excelente profundidade dos canais ao redor (SOUSA et al, 2006). Ainda nessa década, houve a criação do distrito industrial com o Porto do Itaqui, que é um dos portos mais movimentados do País, e tem a função de escoar a produção industrial e do minério de ferro explorado pela Companhia Vale do Rio Doce (VALE) e do alumínio da ALUMAR. A construção da Estrada de Ferro Carajás serviu para a exportação dos minérios para o Pará (ESPÍRITO SANTO, 2014). Essa região, próxima ao Porto do Itaqui, foi ocupada majoritariamente por população de baixa renda (BURNETT, 2012).

A ocupação desordenada da área urbana decorreu também do grande êxodo rural que aconteceu na década de 1970 e 1980, gerando um aumento de mais de 99% da população urbana de São Luís (ESPÍRITO SANTO, 2014). A população do interior maranhense que

vivia da agricultura migrou em busca de novas oportunidades de trabalho na capital. A consequência desse aumento populacional foi a maior demanda por políticas habitacionais para que o déficit de moradias diminuísse (SOUSA et al, 2006).

Essa pressão por território empurrou boa parte dos imigrantes para as áreas de menor valor imobiliário, ocorrendo então invasões nas regiões mais baixas, especificamente próximas ao centro histórico. Esse processo ocorreu tão sem planejamento que em 1998, cerca de um terço da população urbana de São Luís habitava submoradias nessas áreas invadidas. Nesse contexto, os manguezais foram intensamente ocupados por se tornaram acessíveis graças a instalação de corredores viários. Tais moradias em manguezais ocorrem no formato de palafitas, que convivem com o lançamento esgoto *in natura* e do lixo diretamente nos cursos d'água (ESPÍRITO SANTO, 2014).

Os manguezais passaram então por uma sucessão urbano-espacial caracterizada pelo aterramento progressivo dessas áreas e pela ausência de infraestrutura nessas moradias, como esgotamento sanitário, abastecimento de água e drenagem das vias (ESPÍRITO SANTO, 2014). Muitos programas governamentais de habitação também foram cruciais para a ocupação dessas áreas de manguezais na margem do Rio Anil. Esses programas estão relacionados ao Minha Casa, Minha Vida do Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) (ESPÍRITO SANTO, 2014).

A urbanização da cidade de São Luís continuou ocorrendo de maneira acelerada na década de 1990, causando impactos sociais, econômicos e ambientais inclusive nos outros municípios da Ilha. Muitas áreas rurais foram se tornando urbanas, dando origem ao fenômeno de conurbação (ESPÍRITO SANTO, 2014). A consolidação da expansão da cidade de São Luís levou ao crescimento em direção aos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, que possuem grande parte da sua população localizada no limite entre os municípios, e, portanto, encontram-se muito dependentes das condições socioeconômicas de São Luís. Esse crescimento da conurbação de São José de Ribamar e de Paço do Lumiar deu origem à Região Metropolitana de São Luís (ESPÍRITO SANTO, 2014).

A cidade de São Luís foi nomeada Patrimônio Cultural da Humanidade em 1997 pela Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). No entanto a ocupação dessa cidade se baseou em um modelo de fragmentação urbana que deu origem ao aparecimento de vários tipos de cidades em uma: a histórica, a litorânea, a suburbana e a periférica. Muito relacionado a isso, está a fragmentação das políticas públicas urbanas, que ocorreu no estado maranhense por causa dos diversos interesses econômicos envolvidos (BURNETT, 2012).

A cidade de São Luís moderna contou com a intensificação da fragmentação espacial, da segregação social e da degradação ambiental. Encontrando-se em um contexto de ineficiência administrativa, desordem urbana e fragilidade (BURNETT, 2012).

Como visto acima, o processo de ocupação e uso do solo na capital maranhense foi resultado do processo histórico de urbanização e da implantação dos grandes empreendimentos industriais (NOVAES et al, 2007). São Luís teve que oferecer força de trabalho para atender as emergentes demandas industriais e atividades econômicas da Ilha. Porém, isso foi feito com um uso irregular do solo e com grandes dificuldades no planejamento, ocasionando assim diversos problemas ambientais em São Luís.

Tal processo acelerado de crescimento urbano continua acontecendo, especialmente em direção aos municípios vizinhos. Esse processo de conurbação é visível na figura 13, assim como também é possível notar aonde se encontram as áreas mais densas e menos densas na cidade.

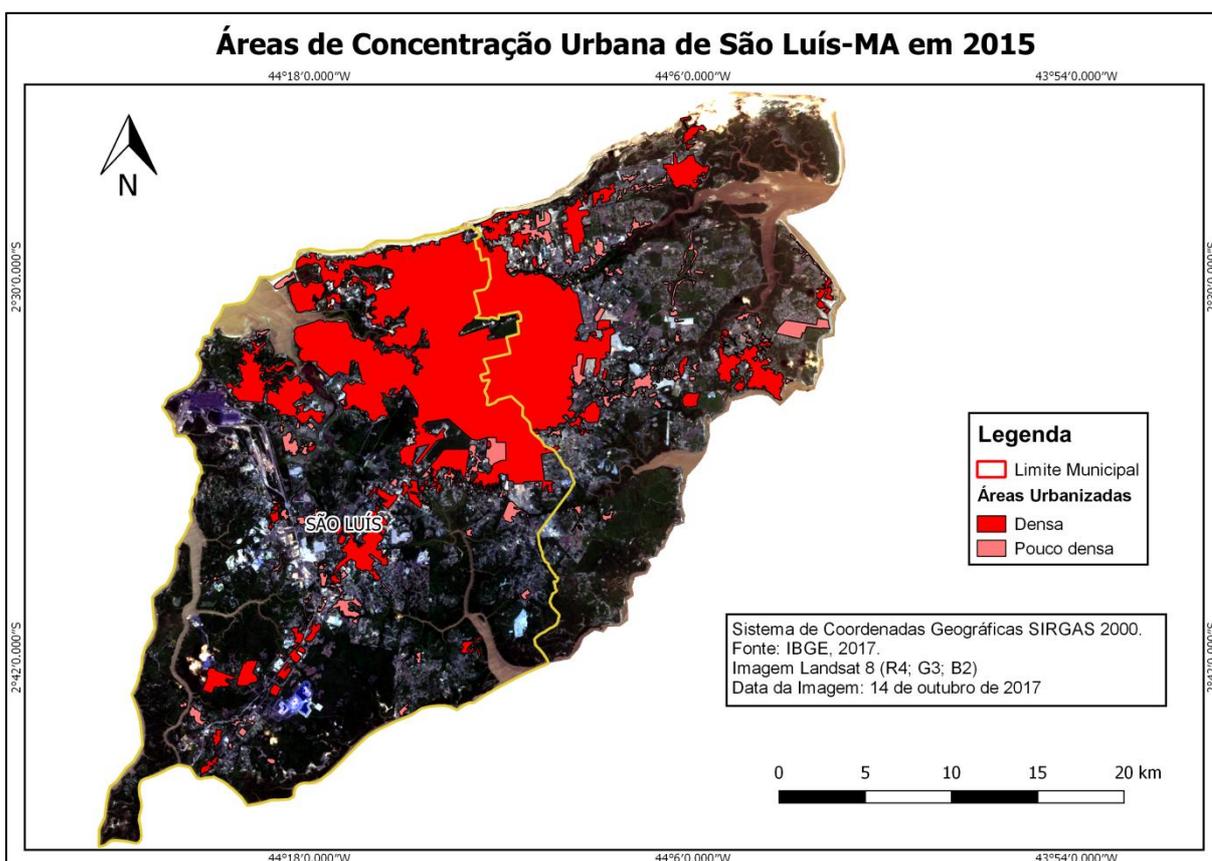


Figura 13 - Mapa da densidade de urbanização da Ilha de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

## 2.2. Problemas Ambientais de São Luís

A cidade de São Luís teve e ainda continua tendo o seu estado natural muito afetado pela ação antrópica sobre os diversos ecossistemas. Os principais impactos ambientais da urbanização na região são o uso inadequado do solo, a retirada das áreas verdes, o assoreamento dos rios, o aterramento de mangues, a poluição atmosférica e a poluição dos cursos d'água e dos mares (SILVA & LIMA, 2013).

O processo de ocupação do solo, e o crescimento urbano e industrial causaram muitos problemas ambientais no meio físico-biótico e antrópico da cidade (OLIVEIRA & FARIAS FILHO, 2012). Esse acelerado crescimento populacional e da industrialização trouxe grande intensidade às atividades humanas, especialmente na zona costeira de São Luís, estabelecendo assim grande vulnerabilidade à paisagem litorânea (OLIVEIRA & FARIAS FILHO, 2012).

O litoral ludovicense foi extremamente urbanizado e de forma mal planejada, e contou com a construção de bares, avenidas e mansões na beira das praias. Essa ocupação tem causado a degradação das praias e conseqüentemente a diminuição de qualidade ambiental por causa da disposição inadequada de esgoto e de lixo diretamente no mar, que contamina as águas e os solos. Além disso, Sodré & Filho (2010) apontam que a construção de empreendimentos na beira-mar, impulsionados pela especulação imobiliária, alterou a dinâmicanatural das praias. Esse quadro é piorado pela ineficiência do governo em tratar o esgoto, em coletar adequadamente o lixo e em fiscalizar os agentes poluidores das praias (SODRÉ & FILHO, 2010). O resultado é que as praias de São Luís sofrem com alto índice de poluição, sendo que a maioria encontra-se atualmente interdita para banho.

A ocupação da zona costeira da Ilha do Maranhão foi incentivada por projetos para urbanizar e aproveitar o espaço do litoral. No entanto, estes foram voltados para especulação imobiliária e para a indústria do turismo, sem uma devida preocupação com o planejamento urbano e ambiental, gerando assim graves problemas socioambientais (SILVA & LIMA, 2013). Esses ambientes costeiros são naturalmente mais frágeis, por isso, qualquer ação humana causa instabilidade e impactos negativos nesses ecossistemas (SILVA & LIMA, 2013).

O fato dessa urbanização não ter sido acompanhada da implementação de infraestrutura básica causou diversos impactos ambientais. Mendonça *et al.* (2001) afirma que um exemplo foi o surgimento de voçorocas em vários lugares de São Luís. Os rios da cidade de São Luís estão sendo altamente degradados, comprometendo o funcionamento dos ecossistemas, e também o abastecimento de água. Além do grave problema da poluição na Ilha, os rios

encontram-se altamente assoreados por causa do grande transporte de sedimentos oriundos da erosão do solo. A maior parte da erosão acontece por causa da ação das chuvas nos solos expostos, nos quais a vegetação foi retirada para dar lugar a áreas construídas desordenadamente ou em locais onde houve retirada de materiais para construção (MENDONÇA et al, 2001).

O crescimento urbano já devastou boa parte das áreas verdes da Ilha, principalmente os manguezais, que independentemente de serem protegidos por lei, continuam sendo desmatados por causa da ausência de fiscalização (MENDONÇA et al, 2001). A retirada da vegetação da Ilha também agrava o problema da erosão e do assoreamento dos rios. Além de afetar os mangues diretamente, nas áreas com maior erosão, ocorre o estreitamento dos mangues e nos locais com maior acumulação de sedimentos, os manguezais avançam na direção do mar (NOVAES et al, 2007).

É importante conhecer os impactos ambientais negativos da expansão urbana para que medidas preventivas ou mitigadoras sejam incluídas nas políticas de planejamento e de gestão territorial da Ilha de São Luís (SOUSA et al, 2006).

### **2.3. Histórico dos Serviços de Esgotamento Sanitário em São Luís**

O saneamento básico no Maranhão possui dois períodos históricos distintos: i) o pré-estatal de 1850 até 1946, ii) e o estatal que começou em 1947 e perdura até 2018. No ano de 1855 foi criada a Companhia de Águas do Rio Anil com o objetivo de instalar canalizações e explorar os serviços de distribuição das águas do rio Anil. O tempo de existência dessa companhia foi curto, chegando a falência em 1872 e foi marcado pelos impactos de três epidemias que ocorreram na cidade de São Luís, a febre amarela em 1851, a varíola em 1854 e a disenteria no ano de 1856 (ANJOS, 2006)

A Companhia das Águas de São Luís foi fundada no ano de 1874, porém esta companhia funcionou de forma precária até ser extinta em 1922. Entre as suas realizações, pode-se citar a implantação da primeira rede coletora na cidade de São Luís em 1911 (ANJOS, 2006). A rede era do tipo separador absoluto e foi instalada no Centro Histórico. Essa rede permaneceu ociosa por doze ou mais anos, pois não existia abastecimento público de água. Até o começo do século XXI, a população da cidade de São Luís contava apenas com a coleta de esgoto sem a adequada destinação. A existência dos serviços de atendimento não foi resultado de um planejamento propriamente dito, esta se deu principalmente em

função da pressão do crescimento urbano e das áreas de maior concentração (CAEMA, 2009a).

O Estado do Maranhão firmou contrato em 1923 com a empresa norte-americana Ullen & Company na intenção de atrair investimentos e tecnologias para a ampliação dos serviços de saneamento (ANJOS, 2006). Sob a gerência dessa empresa, o sistema de esgoto começou a funcionar na segunda década do século XX (CAEMA, 2009a). No entanto, em 1946 o contrato foi rompido por causa do desempenho operacional e da insatisfação da população. Os serviços de saneamento básico foram então estatizados no ano seguinte com a criação da autarquia estadual chamada Serviços de Águas, Esgotos, Luz, Tração e Prensa de Algodão (SAELTPA), que assimilou os serviços explorados pela Ullen (ANJOS, 2006).

A partir de 1955, o Serviço Especial de Saúde Pública (SESP) se instalou no estado para desenvolver atividades de saneamento básico e outros serviços. Três anos depois, foi decretada a Lei estadual nº 1.726 que criava o Departamento de Águas e Esgotos Sanitários (DAES).

Em 1960, o SESP muda de nome para Fundação de Serviços Especiais de Saúde Pública (FSESP), que décadas depois passaria a se chamar Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). A FSESP desenvolveu, no ano de 1962, um projeto de ampliação do sistema de esgotamento para São Luís. De 1923 até 1961, apenas 5 km de rede coletora foram construídos, se tornando assim o período de menor incremento no sistema de esgotamento. Enquanto que a época de maior ampliação das redes coletoras foi entre a década de 1970 e 1980 (ANJOS, 2006; CAEMA, 2009a).

A Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão (CAEMA), que se constitui em uma empresa de economia mista com administração pública, foi criada em julho de 1966 com o objetivo de gerenciar a política de saneamento básico do Estado do Maranhão. A CAEMA teria a função de planejar, coordenar, implantar, construir, ampliar e explorar os serviços de fornecimento de água e de esgoto. A Companhia de Saneamento de São Luís (SANEL) foi fundada em 1969 como uma sociedade de economia mista para atender os serviços de saneamento da capital. Após o lançamento do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), o governo do Estado decidiu centralizar todas as ações relacionadas com a política de saneamento na CAEMA e, por isso, incorporou a SANEL em 1971 (ANJOS, 2006).

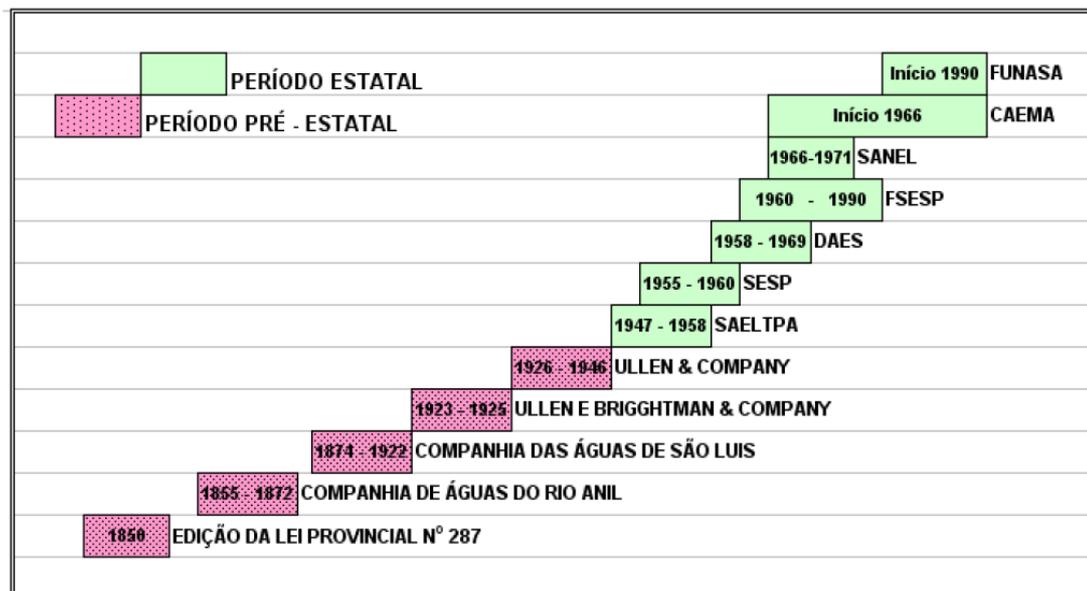


Figura 14 - Cronologia dos Serviços de Água e Esgotos no Estado do Maranhão. Fonte: ANJOS, 2006.

Alguns estudos foram desenvolvidos na década de 1970 por empresas de consultoria que discutiam alternativas para a interceptação e para a destinação do esgoto sanitário. Em 1988, a empresa de consultoria PROPLAN elaborou o “Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário da Ilha de São Luís/MA”, que indicava duas alternativas de esgotamento de acordo com a diretriz de descentralização das unidades de tratamento. Em dezembro de 1995, a CAEMA e o Governo do Estado do Maranhão solicitaram recursos financeiros à Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento. A solicitação foi aprovada e se iniciaram as negociações e preparação do projeto, com o objetivo de conseguir o contrato de empréstimo com o Overseas Economic Cooperation Fund of Japan (OEFC) no valor de 107 milhões de dólares (CAEMA, 2009a).

Em abril de 1997, a empresa ESSE Engenharia e Consultoria Ltda fez uma análise crítica do plano diretor do sistema de esgotamento elaborado pela PROPLAN, que apontou a necessidade de um novo estudo de concepção. Nesse mesmo ano, a ESSE elaborou um Estudo de Concepção do Sistema de Esgotamento da Ilha de São Luís, no qual cinco alternativas foram apresentadas. Além disso, foram desenvolvidos também Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica, Financeira e Ambiental para a Etapa 1 do Sistema de Esgotamento Sanitário da Ilha de São Luís. Em seguida, a ESSE realizou o Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) que foi aprovado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Maranhão. Em 1998, o Projeto Básico das Unidades do Sistema da Etapa 1: Sistemas Anil, Vinhais, Bacanga e São Francisco foi elaborado e concluído (CAEMA, 2009a).

Somente em 1998 que um Plano Geral do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís foi estabelecido. Até este ano, o desenvolvimento do esgotamento no município tinha somente preocupação com a construção de redes coletoras, desconsiderando a necessidade de um sistema adequado de interceptação e condução dos esgotos para estações de tratamento. Esse fato comprometeu o funcionamento da rede coletora existente, possuindo diversos problemas. A expansão urbana e a construção de vários condomínios e conjuntos habitacionais ocasionaram o crescimento da rede coletora em várias partes da cidade, inclusive bairros com o Turu que não estavam integrados com o sistema de coleta de esgoto. Essa expansão, sem uma integração adequada, ampliou os problemas de esgotamento de São Luís (CAEMA, 2008).

Em 2000, foi feito o Projeto Executivo do Sistema de Esgotamento Sanitário do Subsistema Ponta D'Areia e Sistema Ana Jansen. Em 2001, os projetos básicos e executivos do Subsistema 1 – Praias da Avenida Litorânea e do Subsistema 2 – Centro Histórico e Praias do Olho D'Água (CAEMA, 2009a) foram apresentados.

Em 2008, a ESSE elaborou o Diagnóstico da Situação Atual referente aos Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de São Luís – Etapa 1, incluindo os Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga. Um diagnóstico do sistema existente era importante para indicar quais as providências que deveriam ser tomadas em relação aos problemas encontrados. O Projeto Executivo foi elaborado baseado no cenário da cidade à época e não apenas no Projeto Básico feito em 1998 (CAEMA, 2008).

Os Projetos Executivos dos Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga tinham como principal objetivo despoluir, proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, buscando eliminar o lançamento de esgoto “in natura” nos cursos d'água a partir da instalação de redes coletoras, interceptores, elevatórias e estações de tratamento (CAEMA, 2009a).

#### **2.4. Esgotamento Sanitário em São Luís**

Os dados do Censo de 2010 (IBGE) mostram que a maioria da população de São Luís ainda não é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário (NICACIO *et al.*, 2013). A cidade de São Luís encontra-se na 76ª posição dentre as cem (100) cidades que compõem o *ranking* do Saneamento do Instituto Trata Brasil (2018), essa posição é baseada nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do ano de 2016. A capital maranhense apresentou uma melhoria nos últimos anos, pois em 2011 ocupava a 93ª posição no *ranking*. Porém esse

avanço não foi contínuo e a cidade ainda se encontra dentre as piores colocações nos serviços de esgotamento sanitário do País. De acordo com os dados do SNIS (2016), São Luís possuía 47,7 % da cidade ligada à rede coletora, ou seja, menos da metade da cidade estaria coberta pelos serviços de esgotamento sanitário, e apenas 11,04 % do esgoto era tratado.

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi criado pelo governo federal em 2007 para investir em projetos de infraestrutura logística, energética, social e urbana do País. Em 2011, foi inaugurada a segunda etapa do PAC com um maior número de investimentos para a área de saneamento. Nesse contexto, houve uma série de ações para melhorar e ampliar o acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgoto sanitário na cidade de São Luís. Pode-se citar como exemplos desses empreendimentos, a ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) dos sistemas Anil, Vinhais e São Francisco, que ainda se encontra em fase de construção.

O Programa Mais Saneamento foi lançado em 2015 pelo governo do Estado do Maranhão. Esse programa possui diversas iniciativas para aumentar a cobertura do serviço de esgotamento sanitário, e assim contribuir para devolução das condições de balneabilidade da orla. Dentre elas, pode-se citar a interceptação de esgotos e a despoluição dos Rios Pimenta, Claro e Calhau. Assim como a inauguração da ETE Vinhas, que é uma das maiores ETEs do Nordeste beneficiando 350 mil moradores de 48 bairros de São Luís. Essa estação vai contribuir para que o índice de esgoto tratado da capital chegue progressivamente a 40%, pois irá interceptar os esgotos dos Rios Pimenta, Parga, Claro, parcialmente do Rio Anil, além de outros córregos e manguezais. O programa inclui também a reforma de duas ETEs existentes (Bacanga e São Francisco), a construção de 355 km de redes coletoras e interceptores, a construção de 34 estações elevatórias de esgoto (EEE), a construção de uma nova ETE (Anil) e a supressão dos pontos de lançamento de esgoto e a despoluição da lagoa da Jansen.

As obras relacionadas a esses dois programas são responsabilidade da CAEMA. O Programa Mais Saneamento lançou a meta de aumentar para 70% a coleta e tratamento de esgoto até o final de 2018, interferindo positivamente na melhoria da balneabilidade das praias.

A realização desses projetos governamentais para saneamento básico é fundamental para melhorias das condições de habitação na cidade de São Luís e também para manter o meio ambiente saudável, pois evitarão o despejamento de grande quantidade de esgotos *in natura* que são lançados de maneira diretamente nos manguezais, praias e cursos d'água (NICACIO *et al.*, 2013). Dessa forma, as praias podem recuperar sua balneabilidade e a população ludovicense terá maior qualidade de vida ao ter acesso ao serviço de esgotamento sanitário.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia desta pesquisa incluiu o levantamento bibliográfico e de documentos, a realização de visitas a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) para a coleta de dados, assim como eventuais saídas de campo para complementação da aquisição de informações. Os dados coletados, em conjunto com a aplicação de técnicas de geoprocessamento, possibilitaram a construção de um diagnóstico sobre o esgotamento sanitário da cidade de São Luís. Além disso, dados socioeconômicos também foram utilizados para caracterizar a vulnerabilidade social da região e assim, inclusive estatisticamente, analisar a relação entre vulnerabilidade e esgotamento. Também foi analisado se as obras de esgoto estão sendo implementadas nas regiões de maior vulnerabilidade social, que consequentemente seriam as que apresentam o maior déficit da infraestrutura de esgotamento. O fluxograma da figura 15 apresenta as etapas da pesquisa.

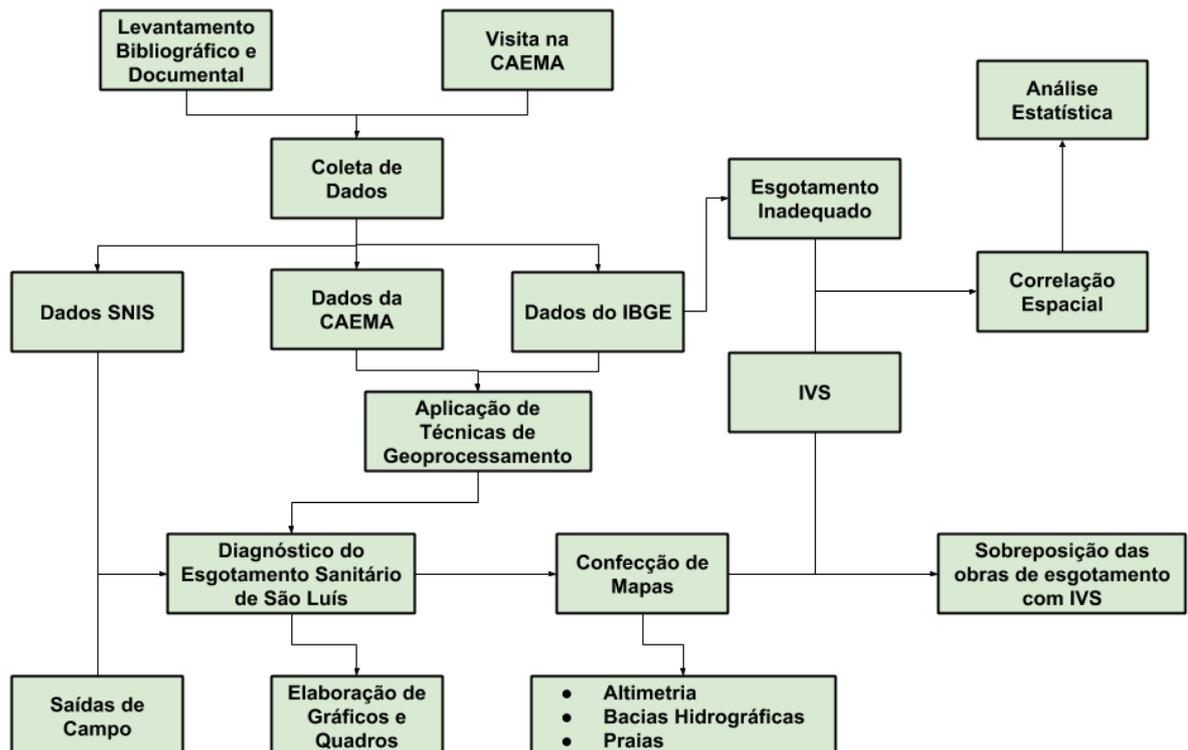


Figura 15 - Fluxograma da metodologia. Fonte: Elaborado pela autora.

Os principais dados utilizados foram os dados relacionados ao esgotamento sanitário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da CAEMA. Além desses dados, algumas informações adicionais produzidas por órgãos administrativos da cidade de São Luís e do Estado do Maranhão, como

o Instituto da Cidade e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) também foram utilizadas. Informações a respeito das bacias hidrográficas da ilha de São Luís foram disponibilizadas pelo Núcleo Geoambiental (NUGEO) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Foram necessárias informações a respeito das obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em nível federal na área de saneamento básico e também do Programa Mais Saneamento em nível estadual, incluindo as suas características dos empreendimentos, sua localização e o andamento. Dessa forma, foi possível caracterizar a infraestrutura dos serviços de esgotamento sanitário na cidade com os dados mais atuais possíveis, indicando quais áreas da cidade estão incluídas na rede coletora de esgoto e quais regiões ainda utilizam outros métodos de destinação para o esgoto, como por exemplo, fossas sépticas, lançamento *in natura* e esgotos a céu aberto. Esse conjunto de informações possibilitou a criação de um diagnóstico do esgotamento sanitário na cidade. Após a coleta dos dados, estes foram incluídos na plataforma de geoprocessamento QGIS para a obtenção de informações ambientais georreferenciadas e para a construção de mapas temáticos.

Outra etapa do trabalho foi a utilização de dados socioeconômicos para caracterizar o perfil da população ludovicense. As informações utilizadas foram derivadas dos dados agregados por setores censitários do IBGE, que se configura como a principal base de dados demográficos do País. Especificamente foram utilizados os dados que estão agregados no Índice de Vulnerabilidade Social – IVS (IPEA, 2015).

Com os resultados gerados, foram feitas análises da relação dos dados de esgotamento sanitário com os dados do IVS, com o intuito de compreender se a localização das obras de esgotamento está relacionada com a maior vulnerabilidade social das regiões da cidade de São Luís.

Ao final, com o conjunto de todas as informações coletadas foi possível analisar se a metas do Programa Mais Saneamento foram atingidas, que seria o tratamento de 70% do esgoto da cidade até o final de 2018. Assim como indicar quais desafios ainda são encontrados para se atingir a universalização do acesso ao saneamento básico até 2030, conforme estabelecido pela Agenda do Desenvolvimento Sustentável.

### **3.1. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**

O geoprocessamento é um termo que vem sendo empregado frequentemente por profissionais que trabalham com dados georreferenciados. Segundo Câmara *et al.* (2002)

esses são os dados localizados na superfície terrestre e representados numa posição cartográfica. Essas informações podem ser oriundas da cartografia digital, do processamento digital de imagens e dos sistemas de informação geográfica. Rosa e Brito (1996) definem geoprocessamento como o conjunto de tecnologias que são utilizadas para coletar e tratar informações espaciais para uma determinada finalidade e com diferentes níveis de sofisticação. Fitz (2008) complementa que essa tecnologia ou conjunto de tecnologias pode ou não estar agregada ao uso de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Muito embora as atividades mostradas se diferenciem umas das outras, estão altamente interligadas entre si, compartilhando na grande maioria das vezes uma mesma característica de *hardware*, mas *software* distinto. De acordo com Rosa e Brito (1996), a cartografia digital é uma tecnologia que se destina à captação, organização e desenho de mapas. O processamento digital de imagens se refere ao conjunto de técnicas voltadas para a manipulação numérica de imagens digitais, corrigindo as distorções existentes e aperfeiçoando o poder de discriminação dos alvos. Por fim, os sistemas de informação geográfica destinam-se à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados georreferenciados.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou *Geographic Information System* (GIS) são comumente confundidos com geoprocessamento. Fucate (1997) esclarece que geoprocessamento se trata de um conceito mais amplo que representa qualquer tipo de processamento de dados referenciados geograficamente, ao passo que um SIG processa dados, sejam eles gráficos ou não gráficos, enfatizando as análises espaciais e modelagens de superfície. Numa visão abrangente, de acordo com Câmara et al. (2002), um SIG tem os seguintes componentes: a) interface com usuário; b) entrada e integração de dados; c) funções de processamento gráfico e de imagens; d) visualização e plotagem; e) armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos), conforme ilustrado pela Figura 16.

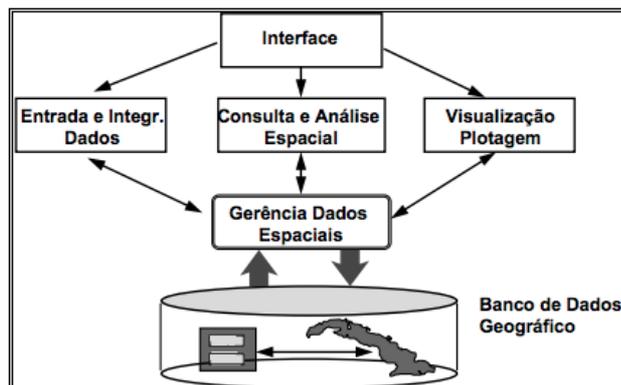


Figura 16 - Estrutura de um SIG. Fonte: Câmara *et al.* (2002).

De acordo com Fitz (2008), os produtos gerados por um SIG estão vinculados ao espaço físico, porém, podem abordar fenômenos climáticos, humanos, econômicos, sociais, entre outros. O mapeamento desses fenômenos por meio do SIG fornece subsídios não só para ações de planejamento, gestão, monitoramento e manejo, como também para futuras tomadas de decisões. Em uma dada região geográfica, o SIG pode subsidiar aplicações de diversas naturezas, sendo elas, de acordo com Fitz (2008): mapeamento atualizado da área em questão; zoneamentos diversos; monitoramento das áreas de risco e de proteção ambiental; estruturação de redes de energia, água e esgoto; adequação tarifária de impostos; estudos e modelagens de expansão urbana; controle de ocupações e construções irregulares; estabelecimento e/ou adequação de modais de transporte, etc.

A utilização do SIG traz diversos benefícios como a melhoria na gestão dos dados, a redução de trabalho na execução de algumas tarefas, eliminação de informações redundantes, facilidade e rapidez na revisão dos mapas cadastrais. Além disso, podem trazer melhorias para a capacidade de tomada de decisão, a implantação de ações preventivas, a comunicação e coordenação interna, e para a produtividade e a responsividade às emergências (CARMIGNAMI, 1998; MONTANHA JUNIOR, 2011).

O emprego desta ferramenta facilita a representação de uma realidade ou fenômeno geográfico através de um mapa. O SIG é capaz de automatizar processos como a manipulação, o armazenamento e a geração de mapas. Portanto, é possível realizar operações de manipulação com banco de dados, mudanças de projeções cartográficas, análises espaciais em áreas de interesse, geração de novos mapas, entre outras (THOMÉ, 1998; MONTANHA JUNIOR, 2011).

No entanto, é de extrema importância que se ressalte a necessidade de o SIG estar vinculado a um banco de dados consistente para que possa produzir resultados eficientes. Nesse contexto, uma técnica que contribui bastante nesse sentido é a sobreposição, onde cada

mapa contendo um tema específico é sobreposto a outro mapa de temática diferente, mas de mesma dimensão, resultando em um produto derivado dessa combinação (Buzai, 2000; Fitz, 2008).

O detalhamento da informação disponível para um SIG pode variar muito. Uma pequena comunidade pode ter apenas as informações disponíveis na Internet, enquanto que uma grande área metropolitana pode ter muitas camadas de informações bem desenvolvidas, incluindo modelos digitais de elevação (DEM), conjuntos de dados de hidrografia, mapas de zoneamento, segmentos de ruas vetorizadas, limites as áreas inundação, mapas de uso da terra, instalações de drenagem existentes, entre outras (YOUNG et al. 2000).

Antes da existência dos Sistemas de Informações Geográficas, o geoprocessamento era feito no papel ou por meio de programa de desenho assistido por computador (CAD), como o AutoCAD. Esse foi um dos primeiros *softwares* desenvolvidos para computadores pessoais para desenho em duas e três dimensões. Os *softwares* de SIG e de CAD são bem diferentes entre si, levando em consideração que o último é basicamente um instrumento de desenho e os SIGs servem para gerenciamento e manipulação de dados. De tal forma, os dois podem ser utilizados em conjunto (MONTANHA JUNIOR, 2011).

Essas duas ferramentas são constantemente confundidas entre si, o CAD é capaz de capturar, modificar ou criar desenhos eletrônicos georreferenciados, porém não é apto para realizar operações espaciais, organizar e manusear as relações topológicas ou conectar dados por meio do atributo de localização (FERREIRA, 2005; MONTANHA JUNIOR, 2011).

O programa de Sistema de Informação Geográfica utilizado para realizar espacializar e analisar as informações georreferenciadas foi o Quantum GIS - QGIS, que é um *software* livre, gratuito e desenvolvido de forma colaborativa. A versão utilizada foi o QGIS 2.18.17. No QGIS foi feita a edição dos arquivos de esgotamento sanitário, cruzamento com dados socioeconômicos e produção de mapas. A análise geoespacial da correlação do esgoto com os com dados socioeconômicos foi feita no software GeoDa.

### *3.1.1. Aplicação do SIG no Esgotamento Sanitário*

O SIG é uma ferramenta valiosa para o planejamento de infraestrutura (YOUNG et al. 2000). A utilização de geoprocessamento facilita a sistematização dos dados e possibilita a apresentação rápida e segura das informações em mapas, proporcionando assim a consulta, interpretação e análise dos dados (PEREIRA & SOARES, 2006).

De acordo com Cordovez (2001), a localização é essencial para o planejamento das informações dos órgãos públicos, aliado ao SIG, permitem agregar dados geográficos e atributos alfanuméricos num mesmo banco de dados. Conforme foi especificado na seção anterior, o SIG possui vários benefícios, além de todas as funcionalidades já relacionadas; pode ser também um concentrador de informações de outros sistemas, tornando uma poderosa ferramenta estratégica para tomadas de decisões e também de controle operacional.

A utilização do SIG no setor de saneamento tem ganhado importância, em particular na gestão das redes de água e de esgoto. Essa ferramenta facilita a atualização do cadastro das redes, além de trazer maior confiabilidade para esses dados. O gerenciamento do cadastro das redes de forma integrada a outros sistemas de gestão, controle e operação do saneamento é viabilizado. A aplicação de Sistemas de Informações Geográficas no estudo do esgotamento sanitário simplifica o processo de tomada de decisões, como, trocar tubulações e equipamentos antigos ou desgastados, definir quais registros serão fechados e que tipos de estabelecimentos serão afetados no caso de vazamento de uma rede, além de possibilitar o controle de dados comercial e operacional com informações vetoriais e alfanuméricas atualizadas (MONTANHA JUNIOR, 2011).

Esse instrumento realiza o gerenciamento inteligente das informações cadastrais das redes coletoras de esgoto. Suas funcionalidades permitem gerenciar os cadastros de maneira mais eficiente, além de melhorar o desempenho, operacionalidade e rapidez de atividades cotidianas (BRITO, 2008). Administrar o fluxo de esgoto para toda a cidade não é uma tarefa simples, pois a quantidade de informações é grande. Para que exista um controle mais sistêmico da situação, é preciso ter acesso às informações sobre tubulações, válvulas, hidrantes, instalações de armazenamento, enfim, sobre todos os pontos relevantes do sistema de esgoto (OLIVEIRA, 2009; MONTANHA JUNIOR, 2011).

Um dos maiores benefícios da utilização da tecnologia SIG é a capacidade de maior visão da distribuição de toda rede de esgoto, assim como a detecção de falhas na cartografia, a identificação dos locais de maior consumo em conjunto com seus dados cadastrais e analisar a obsolescência da infraestrutura. É possível distinguir as áreas de maior arrecadação, quais os clientes inadimplentes, e quais ligações estão cortadas, ligadas ou suprimidas, entre de outras funcionalidades. Além de melhorar a disponibilidade de acesso aos dados pelos departamentos da empresa armazenados no Banco de Dados Geográfico, isso repercute positivamente na execução, planejamento operacional, manutenção e atualização das informações em curto espaço de tempo. Trazendo assim melhorias para a distribuição de um bem público que é a água (MONTANHA JUNIOR, 2011).

As agências de água e esgoto estão constantemente procurando por tecnologias que tornem suas operações mais eficientes, fornecendo assim altos níveis de serviço. O planejamento, design, análise, operação e manutenção de sistemas de água e esgoto em áreas metropolitanas podem se beneficiar significativamente da tecnologia GIS por causa da natureza espacial que esses dados possuem. Boa parte da tomada de decisão pode ser automatizada através do uso de um especialista em SIG (McKinney et al., 1992; 1993).

Esse sistema automatiza o processo de solução de problemas regionais de água e ajuda na identificação e seleção de alternativas de menor custo (Lamie e Wong, 1991). A interface com um SIG pode aprimorar os modelos de sistema de esgoto, superando as limitações encontradas na exibição de informações gráficas (TSIHRINTZIS et al, 1996).

### **3.2. Dados de Esgotamento Sanitário**

#### *3.2.1. Dados da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA)*

Este trabalho contou com algumas visitas a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão para coleta de informações a respeito do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de São Luís. Os dados coletados foram os projetos do SES, diagnóstico do sistema de esgoto existente, relatórios do andamento das obras e plantas das obras que foram elaboradas no AutoCAD. Esses materiais continham informações sobre as unidades do sistema de esgoto que já existiam, quais foram planejadas e também sobre o andamento da construção dessas obras. Os dados foram coletados por meio digital (pen drive e CDs), porém outras informações também foram obtidas através de conversa com funcionários da Companhia.

A etapa de campo caracterizou-se por:

- 1) Visitas na sede da CAEMA, as quais se constituíram por entrevistas informais (sem aplicação de questionário) com profissionais de diversos setores hierárquicos da companhia. Incluem-se nessa lista: o diretor-presidente da CAEMA em vigência até agosto de 2017; a, até então, gerente de meio ambiente; e engenheiros da Unidade Gestora de Projetos (UGP) e da Coordenadoria de Obras Metropolitanas.
- 2) Visitação guiada de duas Estações de Tratamento de Esgoto: Bacanga e Vinhais, com registros fotográficos.

Os documentos obtidos foram documentos oficiais da CAEMA que foram realizados pela empresa de consultoria contratada ESSE como os Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de São Luís (Etapa 1), que incluíam os tomos dos Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga, e também o Diagnóstico da Situação Atual do Sistema Existente. Além disso, foram disponibilizados relatórios e planilhas do andamento das obras de cada sistema, e também as plantas do CAD das unidades de esgoto de São Luís, incluindo as redes coletoras, interceptores, estações elevatórias e estações de tratamento.

O projeto de um sistema de esgotamento sanitário apresenta informações hidráulicas e sanitárias em memoriais (descritivo, justificativo e de cálculo), peças gráficas e planilha orçamentária (PEREIRA & SOARES, 2006). O projeto executivo dos sistemas de esgotamento de São Luís contém o memorial descritivo, orçamento, a relação de desenhos, projetos da rede coletora, projetos hidromecânicos, projetos estruturais e elétricos.

As duas visitas às Estações de Tratamento de Esgoto foram guiadas por funcionárias da CAEMA que eram responsáveis pela supervisão das ETEs. A visita na ETE Bacanga ocorreu no dia 4 de julho de 2018, e na ETE Vinhas foi em 5 de julho do mesmo ano. Nessas visitas, as supervisoras indicaram como estava o funcionamento de cada etapa de tratamento da estação. Foi possível registrar a visita em fotografias.

### *3.2.2. Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)*

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é administrado pelo Governo Federal no âmbito da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades (MCID). O SNIS é o banco de dados mais importante do setor de saneamento do Brasil que contém informações institucionais, administrativas, operacionais, gerenciais, econômico-financeiras e sobre a qualidade da prestação de serviços de água, de esgoto e do manejo dos resíduos sólidos. O SNIS possui uma série histórica que coleta dados desde 1995 e permite a utilização destes como indicadores para comparar o desempenho da prestação de serviços. Esse sistema está dividido em dois componentes: água e esgotos (SNIS-AE) e resíduos sólidos (SNIS-RS). Os prestadores de serviços ou os órgãos municipais responsáveis pela gestão dos serviços de saneamento são encarregados de fornecerem as informações para o SNIS anualmente. Os dados coletados são públicos e disponibilizados de forma gratuita.

O SNIS-AE reúne informações e indicadores de cada ano de referência, cujos dados podem ter diversos tipos de agrupamento como, por exemplo, a unidade da federação, as

regiões metropolitanas, as macrorregiões do País, os municípios ou os prestadores de serviços. Entre as informações e indicadores coletados estão a quantidade de ligações (totais e ativas), extensão da rede coletora de esgoto, volumes de esgotos (coletado, tratado etc.), consumo de energia elétrica, receitas e despesas, investimentos realizados, índice de atendimento com os serviços e índice de tratamento dos esgotos.

O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos é lançado todo ano com base nos dados do SNIS. O mais recente corresponde aos dados de 2016, que são fornecidos pelos prestadores dos serviços, que podem ser companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas e, também, as próprias prefeituras. As informações e indicadores apresentados pelo SNIS permitem a caracterização com objetividade de aspectos da gestão dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios brasileiros.

Os indicadores utilizados neste trabalho foram o índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056), índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024) e o índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046). Já as informações utilizadas foram a população total do município, a população total atendida com esgotamento sanitário (ES001), a quantidade de ligações totais de esgotos (ES009), a quantidade de ligações ativas de esgotos (ES002), o volume de esgoto coletado (ES005), o volume de esgoto tratado (ES006) e a extensão da rede de esgoto (ES004).

O índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água é calculado pela divisão do total de habitantes atendidos pelo serviço de esgotamento sanitário pela população total que reside no município abastecido com água. Esse índice é expresso em percentual (%). O cálculo é feito por meio da equação abaixo:

$$IN056 = \frac{ES001}{GE12a} \times 100$$

Em que: **ES001** é população total atendida com esgotamento sanitário; **GE12A** se refere à população total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE.

O índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água se refere à quantidade de pessoas que vivem em cidades que possuem acesso ao esgotamento sanitário. O seu valor também é expresso em percentual e é calculado pela fórmula abaixo.

$$IN024 = \frac{ES026}{GE06a} \times 100$$

Na qual: **ES026** é a população urbana atendida com esgotamento sanitário; **GE06a** equivale a população urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água.

O índice de esgoto tratado referido à água consumida se refere à quantidade de esgoto tratado em relação ao volume de água que é consumido. Seu resultado é apresentado em porcentagem, e o cálculo está representado na expressão abaixo.

$$IN046 = \frac{ES006 + ES015}{AG010 - AG019} \times 100$$

Em que: **AG010** é o volume de água consumido; **AG019** se refere ao volume de água tratada exportado; **ES006** indica o volume de esgotos tratado; **ES015** é o volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador.

Em relação às informações do SNIS utilizadas neste trabalho, a população total do município é o valor da soma das populações urbana e rural de um município, sedes municipais e localidades, no ano de referência. É baseada na estimativa do IBGE. A população total atendida com esgotamento sanitário (ES001) se refere à população urbana que é efetivamente atendida com os serviços de esgotamento sanitário acrescida de outras populações atendidas localizadas em áreas não consideradas urbanas.

A ligação de esgoto corresponde a unidade ou conjunto de unidades, prédios de apartamentos, prédios comerciais, entre outros, que estão cadastrados como usuários dos serviços de esgoto. A quantidade de ligações totais de esgotos (ES009) corresponde ao total de ligações ativas e inativas de esgotos conectados a rede pública existentes no ano de referência. Enquanto que a quantidade de ligações ativas de esgotos (ES002) se refere às ligações ativas de esgoto que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência.

A extensão da rede de esgotos (ES004) corresponde ao comprimento total da malha de coleta de esgoto em quilômetros (km). Consideram-se nesse cálculo as redes de coletoras, os coletores-tronco e os interceptores operados pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência, excluindo os ramais prediais e as linhas de recalque.

O volume de esgotos coletado (ES005) corresponde ao volume anual de esgoto que é lançado na rede coletora, e seu valor é expresso em 1.000 m<sup>3</sup>/ano. Essa informação, em geral

é considerada como sendo de 80% a 85% do volume de água consumido na residência. Por fim, o volume de esgotos tratado (ES006) corresponde ao volume anual de esgoto coletado na área de cobertura do prestador de serviços e que foi submetido a tratamento em uma ETE. A vazão desse esgoto geralmente é mensurada ou estimada na entrada da ETE. Seu valor também é expresso em 1.000 m<sup>3</sup>/ano.

### 3.2.3. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

O IBGE (2010) define setor censitário como “a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País”. Os dados utilizados nesta pesquisa foram os dados agregados por setor censitário.

O IBGE coleta informações relacionadas ao tipo de esgotamento sanitário dos domicílios particulares permanentes nos dados do Censo. As variáveis em questão são: rede geral de esgoto ou pluvial; fossa séptica; fossa rudimentar; vala; rio, lago ou mar; e outro.

A rede geral de esgoto ou pluvial é quando a canalização das águas servidas e dos dejetos está conectada a um sistema de coleta que conduzia os efluentes do local, mesmo nos casos em que não existe estação de tratamento da matéria esgotada. A fossa séptica é quando a canalização do banheiro ou sanitário está ligada a uma fossa próxima, onde ocorre um processo de tratamento ou decantação, incluindo ou não a destinação final do efluente líquido para um desaguadouro geral da área, região ou município. A fossa rudimentar ocorre nos casos que o banheiro ou sanitário está ligado a uma fossa rústica, também chamada de fossa negra, ou até mesmo apenas poço ou buraco. A destinação de vala é quando o banheiro ou sanitário destina diretamente o esgoto para uma vala a céu aberto. Existe o tipo de lançamento direto nos rios, lagos ou mares e também o tipo outro que inclui qualquer tipo de destinação de esgoto que não se enquadra em nenhum dos mencionados anteriormente.

Levando em consideração essas variáveis mencionadas acima, os domicílios considerados como esgotamento adequado foram os que estavam conectados a rede geral de esgoto ou possuíam fossa séptica. Já o esgotamento inadequado eram todos os domicílios que destinavam esgoto em fossas rudimentares, em valas, nos rios, lagos ou mar, e também os que possuíam outros tipos de destinação.

### 3.3. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS)

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) em 2015 a partir dos indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil em uma tentativa de sintetizar a realidade social brasileira. Esse índice aponta situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade social em uma perspectiva que supera a definição de pobreza apenas por insuficiência de recursos monetários, por isso é considerado complementar ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). O IVS contém dezesseis indicadores divididos em três dimensões (subíndices) advindos dos dados do Censo do IBGE: infraestrutura urbana, capital humano e renda e trabalho. Dessa forma, o índice tem o objetivo de sinalizar o acesso, a ausência ou a insuficiência de alguns “ativos” que deveriam ser disponibilizados pelo Estado para todos os cidadãos. Os três subíndices do IVS representam os grandes conjuntos de ativos, cuja posse ou privação determina a qualidade de vida das populações (IPEA, 2015).

A dimensão de infraestrutura urbana se refere às condições de acesso aos serviços de saneamento básico e de mobilidade urbana. Os indicadores que compõem esse subíndice são a presença de redes de abastecimento de água, de serviços de esgoto e de coleta de lixo, assim como o indicador do tempo de deslocamento até o trabalho e o local de trabalho da população de baixa renda. O subíndice do capital humano envolve os dois aspectos que determinam a inclusão dos indivíduos na sociedade: saúde e educação. Incluem-se nessa categoria os indicadores de mortalidade infantil, da presença de jovens que não frequentam a escola, de mães precoces, mães chefes de família com baixa escolaridade e filhos pequenos, assim como a ocorrência de baixa escolaridade dos adultos e a existência de jovens que não trabalham e nem estudam. A dimensão de renda e trabalho agrupa informações relacionadas com a insuficiência de renda e também com o fluxo de renda que podem configurar um estado de insegurança de renda. Os indicadores considerados são a desocupação de adultos, a ocupação informal de adultos pouco escolarizados, a dependência com a renda de pessoas idosas e o trabalho infantil (IPEA, 2015). A composição do IVS e seus indicadores estão descritos no quadro abaixo.

Quadro 5 - Síntese da formulação do IVS.

Subíndices	Variável (dados agregados do IBGE)	Peso (%)
Infraestrutura Urbana	1) Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem o serviço de coleta de lixo (0-100%)	30
	2) Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e	30

	esgotamento sanitário inadequados (0-100%)	
	3) Percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho (0-100%).	40
<b>Capital Humano</b>	1) Mortalidade até um ano de idade	12,5
	2) Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequenta a escola	12,5
	3) Percentual de crianças de 6 a 14 anos que não frequenta a escola (0-100%)	12,5
	4) Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram	12,5
	5) Percentual de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família (0-100%)	12,5
	6) Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade (0-100%)	12,5
	7) Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo (0-100%)	12,5
	8) Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e são vulneráveis à pobreza, na população total dessa faixa etária (0-100%)	12,5
<b>Renda e Trabalho</b>	1) Proporção de vulneráveis à pobreza (pessoas com renda domiciliar <i>per capita</i> igual ou inferior a meio salário mínimo) (0-100%)	20
	2) Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade (0-100%)	20
	3) Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal (0-100%)	20
	4) Percentual de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos (0-100%)	20
	5) Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade (0-100%)	20

Fonte: IPEA (2015).

O valor do IVS varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior é a vulnerabilidade social do município. Os municípios que apresentam valores entre 0 e 0,200 são considerados com muito baixa vulnerabilidade social. Valores entre 0,201 e 0,300 representam baixa vulnerabilidade social. Os que possuem entre 0,301 e 0,400 são de média vulnerabilidade social, enquanto que os valores de 0,401 até 0,500 indicam alta vulnerabilidade social. Por fim, os municípios que possuem o IVS entre 0,501 e 1 apresentam muito alta vulnerabilidade social (IPEA, 2015). A figura 17 demonstra essa classificação do índice.

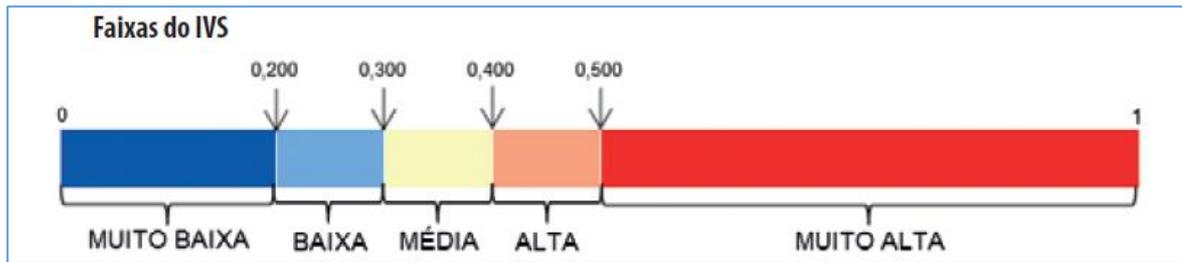


Figura 17 - Faixas do índice de vulnerabilidade social (IVS). Fonte: IPEA, 2015.

O índice de vulnerabilidade social é um instrumento que permite analisar e compreender as desigualdades socioespaciais por meio dos dados socioeconômicos do IBGE. O grande benefício da utilização desse índice é que ele está disponível na escala intramunicipal, diferente de outros índices com o IDHM, que apresenta apenas a escala municipal. Por isso, é possível discutir as desigualdades socioespaciais e seus efeitos na realidade intramunicipal (IPEA, 2015).

Ao mesmo tempo, o IVS não é tão restrito quanto os setores censitários do IBGE, que representam a área de referência na qual um recenseador do Censo Demográfico realiza o seu levantamento de dados. A escala utilizada no IVS contém um conjunto de setores censitários que apresenta as mesmas características socioeconômicas (Figura 18). Esse conjunto é chamado de Unidades de Desenvolvimento Humano – UDH. No entanto, esse recorte das UDHs está disponível apenas para as principais Regiões Metropolitanas do País, enquanto que os demais municípios possuem o IVS apenas na escala municipal (IPEA, 2015).

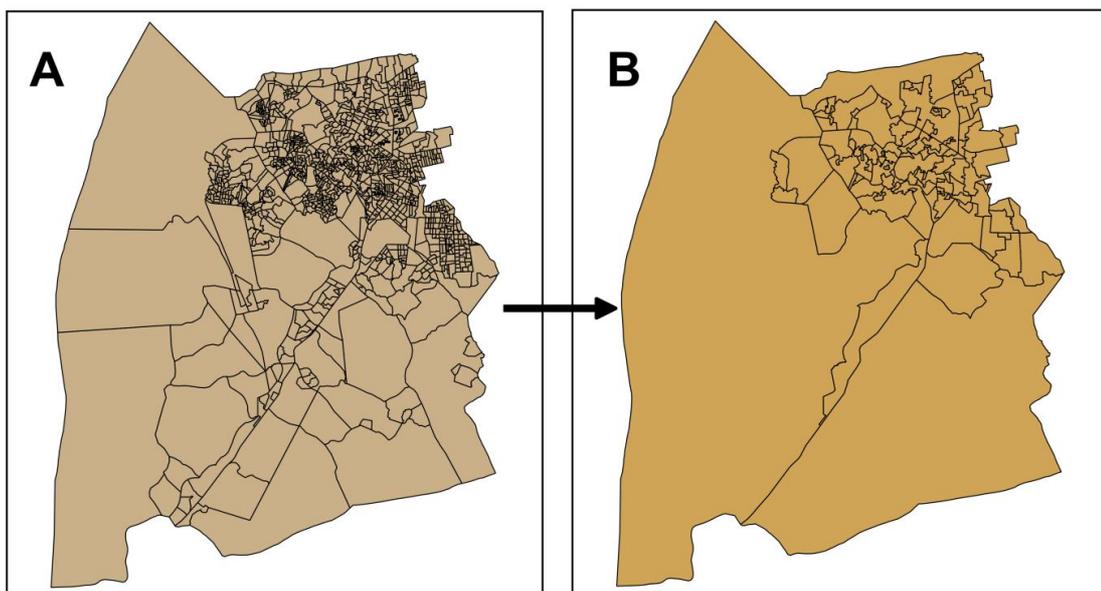


Figura 18 - Relação entre setores censitários (imagem A) e Unidades de Desenvolvimento Humano - UDHs (imagem B). Fonte: Elaborado pela autora.

A vulnerabilidade social é definida nesse índice como a ausência ou insuficiência de bens e serviços públicos, e por isso indica as falhas de oferta de bens e de serviços públicos no território brasileiro. Tal índice foi desenhado para dialogar com a política social brasileira. Assim, é possível realizar uma caracterização da exclusão e da vulnerabilidade social do País através de indicadores que orientam o trabalho dos gestores públicos em diferentes âmbitos do governo.

A partir desse índice será feita a correlação da disponibilidade de serviços de esgotamento sanitário com a vulnerabilidade social, assim como a análise da capacidade das obras em suprir a necessidade de infraestrutura sanitária das áreas de maior vulnerabilidade social, pois teoricamente estas regiões seriam as mais deficitárias em relação ao esgotamento sanitário.

### **3.4. Geoprocessamento dos Dados**

Após a coleta dos dados, é importante mencionar que algumas etapas de pré-processamento serão necessárias antes de se realizarem as análises propriamente ditas. Os dados espaciais precisam estar no formato *shapefile* e também em um sistema de coordenadas compatível para os dados para que estes possam ser sobrepostos e comparados.

Essa etapa da metodologia foi realizada no QGIS, incluindo a inserção dos dados na plataforma, o manuseio destes e a elaboração dos mapas.

#### *3.4.1. Dados da CAEMA*

As plantas do sistema de esgotamento sanitário de São Luís foram criadas no programa AutoCAD pela CAEMA, por isso encontravam-se no formato *.dwg*. Esses dados foram transformados para *.dxf* através do site <https://cloudconvert.com/dwg-to-dxf>. Em seguida, os arquivos foram importados para o QGIS e salvos em formato *shapefile* para que fosse possível editá-los. Para o manuseio desses arquivos, eles foram reprojatados para o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000.

Esses dados continham diversas informações desnecessárias que foram removidas, dessa maneira, restaram apenas os dados da delimitação de cada sistema de esgotamento, assim como da localização das estações elevatórias, da rede coletora, dos interceptores, das linhas de recalque e das estações de tratamento de esgoto. Foram elaborados mapas para os quatro sistemas de esgotamento sanitário (Anil, Vinhais, São Francisco, Bacanga) que

continham todas essas informações mencionadas acima, além de trazer o *status* do andamento da obra. Isso significa dizer que os mapas dos sistemas informavam quais estações elevatórias já existiam, estão sendo construídas, já foram finalizadas e quais ainda não saíram do projeto. É possível observar também as tubulações (rede coletora, interceptores, linhas de recalque) que já existem e as que foram concebidas nos mapas.

#### 3.4.2. *Dados do IBGE*

As informações dos dados agregados por setor censitário do Censo Demográfico 2010 foram espacializadas na forma de mapas mostrando a quantidade de domicílios por setor censitário que adotava cada tipo de esgotamento sanitário. Os tipos são classificados em: rede geral; fossa séptica; fossa rudimentar; vala; rio, mar ou lago; e outros. Para cada um desses tipos foi feito um mapa que possuía cinco classes em relação ao número de domicílios por setor censitário: (0 a 50, 50 a 150, 150 a 200, 200 a 300 e acima de 300 domicílios).

Os domicílios com rede geral e fossa séptica foram unidos para dar origem ao mapa dos domicílios com esgotamento adequado, enquanto que os que possuíam os tipos de destinação restantes (fossa rudimentar, vala, rio, mar ou lago, e outros) foram considerados domicílios com esgotamento inadequado.

#### 3.4.3. *Dados do IVS*

Os arquivos espacializados do IVS para o conjunto das unidades de desenvolvimento humano (UDHs) da cidade de São Luís foram baixados do site do IPEA. Em seguida, foi feita a operação de interseção das UDHs com os setores censitários no QGIS para que a informação a respeito da vulnerabilidade social estivesse disponível também na escala do setor. Com isso, foi possível incluir algumas informações das tabelas do Censo como a situação do setor censitário e a população. Esses campos foram preenchidos a partir da base de dados dos setores censitários através da função “*join*” (QGIS), gerando assim o arquivo final para a análise socioeconômica. Foi possível também calcular a área dos setores censitários.

Foram gerados mapas da vulnerabilidade social para a escala dos setores censitários e também para a escala das UDHs. Essas duas opções foram utilizadas em etapas diferentes do cruzamento com as informações de esgotamento sanitário.

### **3.5. Cruzamento dos Dados de Vulnerabilidade Social com Esgotamento Sanitário**

Para o cruzamento dos dados de vulnerabilidade social e do esgotamento sanitário foram necessárias duas abordagens que conseqüentemente tiveram características e metodologias diferentes. Essa diferença foi resultado das diversas unidades de análise espacial que os dados possuíam. A vulnerabilidade social poderia ser aferida tanto na escala dos setores censitários quanto nas UDHS, porém as informações de esgotamento sanitário possuíam duas características diversas, os dados do Censo que estavam dispostos também pelo setor censitário, e os dados da CAEMA que estavam apresentados no formato de plantas que informavam a localização das unidades de coleta, elevação e tratamento do esgoto. Enquanto que as informações do Censo e do IVS eram disponibilizadas no formato de polígonos que abrangiam toda a área da cidade de São Luís, as obras e estruturas do esgotamento tinham formato de ponto e de linhas, representando apenas o desenho do sistema de esgotamento sanitário. Dessa forma, dados tão distintos não poderiam ser correlacionados, e por isso se optou por duas análises diferentes de acordo com o tipo das informações e suas características espaciais.

Além da questão espacial na realização dessas análises, foi considerada também a questão temporal. Os dados do Censo do IBGE e do IVS são ambos de 2010, inclusive porque a vulnerabilidade social se baseia em informações do IBGE para o seu cálculo. Enquanto que os dados do esgotamento são do ano de 2018. Levando em consideração que não existirão novas informações do Censo até 2020, não é possível afirmar quais mudanças esses dados sofreram nos últimos oito anos. Dessa forma, a correlação espacial estatística foi feita com dados semelhantes e passíveis de serem comparados, enquanto que os dados mais distintos foram apenas sobrepostos para que houvesse a visualização da sua relação.

#### *3.5.1. Correlação do Esgotamento Adequado com a Vulnerabilidade Social*

A correlação entre a quantidade de domicílios com esgotamento adequado e a vulnerabilidade social foi a principal análise estatística realizada neste trabalho. A mensuração dessa correlação foi feita através da análise exploratória de dados espaciais (AEDE) de duas variáveis: IVS (IPEA, 2015) e número de domicílios que possuíam esgotamento adequado por setor censitário de acordo com o Censo de 2010. É importante lembrar que a destinação do esgotamento adequado neste trabalho foi definida como a existência de rede coletora de esgoto ou fossa séptica. Essa variável de esgotamento foi

escolhida, pois dentro do IVS existe um indicador relacionado ao percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado. Dentro do IVS existem informações a respeito de destinação de esgoto inadequadas, como fossas rudimentares ou diretamente em valas, rios, lagos ou mares. Por isso, o indicador do esgotamento adequado foi escolhido para que a correlação não fosse realizada entre dados redundantes que representasse a mesma informação.

O método de análise exploratória de dados espaciais considera a distribuição e o relacionamento dos dados no espaço. Por isso, é aplicado nos estudos dos processos de difusão espacial, por indicar padrões de autocorrelação a partir da dependência espacial entre os objetos geográficos (ANSELIN, 1994). Esse método possibilita mapear e visualizar a distribuição espacial dos domicílios que realizam disposição adequada do esgoto correlacionada com a vulnerabilidade social. Dessa forma, seria possível responder a hipótese que as regiões com maior déficit no serviço de esgotamento sanitário são também as que possuem os piores índices sociais, isto é, a maior vulnerabilidade. Em outras palavras, as regiões com destinação adequada do esgoto seriam as menos vulneráveis.

A AEDE costuma ser utilizada para dados espacializados, pois a análise dos padrões espaciais existentes é facilitada pela representação das informações através de mapas coloridos (ANSELIN *et al.*, 1996; SILVA, 2018). Para realizar a AEDE é necessário calcular a associação espacial das variáveis por meio de índices que aferem esta autocorrelação, como o Índice de Moran, e também através de diagramas de espalhamento e distribuição espacial em mapas (ANSELIN *et al.*, 1996).

Os cálculos gerados identificam os agrupamentos cujos elementos possuem valores altos e baixos, áreas de transições, além de situações atípicas (ANSELIN *et al.*, 1996). O *software* de SIG utilizado para executar tais operações foi o *software* livre GeoDa, que foi desenvolvido pela Universidade de Chicago. Essa escolha foi feita por causa da facilidade de manuseio e sua especificidade do programa para esse tipo de análise (ANSELIN; SYABRI; KHO, 2006).

O uso de métodos de AEDE requer que a localização esteja associada a áreas que estão delimitadas por polígonos (ANSELIN, 1994). Na análise realiza, os polígonos estão representados pelos setores censitários que são georreferenciados e contém as informações alvo da correlação: IVS e número de domicílios com esgotamento adequado. Esse tipo de análise é bastante utilizada para investigar eventos agregados nas cidades, por exemplo, a ocorrência de doenças em áreas sem saneamento ou a ausência de serviços públicos (SILVA, 2018).

Existem cuidados essenciais a serem tomados quando se utilizam os métodos de métodos de AEDE. É preciso entender os padrões espaciais das possíveis variáveis a serem correlacionadas para garantir que as correlações estão corretas (MILLER, 1999). Por exemplo, no caso do esgotamento adequado e da vulnerabilidade social, a hipótese de pesquisa aponta para a existência de áreas com baixa vulnerabilidade e mais domicílios com esgotamento adequado. Complementando esse cenário, também existirão áreas com maior vulnerabilidade e menos habitações com destinação correta do esgoto. Além desses dois cenários que corroboram a hipótese, existe a chance de se encontrar áreas com muita vulnerabilidade social e a existência de número alto de domicílios com esgotamento adequado, e também locais com pouca vulnerabilidade e muitos domicílios com a destinação correta. Em todos esses casos, os cenários se mostraram bastante indutivos e constatáveis empiricamente.

A autocorrelação espacial pode ser do tipo global ou local, ambas são calculadas através do Índice de Moran (MORAN, 1950) e podem ser analisadas com uma (univariada), duas (bivariada) ou até mesmo várias variáveis (multivariada) (ANSELIN, 1994). Neste estudo a análise adotada foi a autocorrelação espacial local bivariada. Esse índice compara as variáveis de uma unidade amostral (setor censitário) com a média dessas variáveis de seus vizinhos, assinalados na matriz de proximidade. Quanto mais próximo a +1, maior a dependência espacial positiva, e quanto mais próximo de -1 maior a dependência espacial negativa e se o valor for igual a zero, isso indica ausência de dependência espacial (ANSELIN, 1995).

Ao se analisar a hipótese da pesquisa em relação ao Índice de Moran, espera-se que ele esteja mais próximo de -1. Visto que, de acordo com a hipótese, a correlação espacial ocorre com duas variáveis inversamente proporcionais: quanto maior a vulnerabilidade social, menor a quantidade de domicílios com esgotamento adequado (e vice-versa).

A análise de autocorrelação espacial local foi escolhida, pois quando se trabalha com muitas unidades amostrais, é comum que existam diferentes situações de associação espacial e que alguns locais apresentem maior dependência espacial. Os indicadores locais fornecem um valor para cada subárea e com isso identificam agrupamentos de unidades amostrais com características semelhantes (*clusters*) e discrepantes, possibilitando analisar mais de um regime espacial (ANSELIN, 1995).

Ao calcular o Índice de Moran Local bivariado, o *software* GeoDa fornece a o diagrama de espalhamento das amostras analisadas e o mapa de cluster, que mapeia os setores censitários de acordo com a sua disposição no diagrama e a significância (ANSELIN; SYABRI; KHO, 2006). O diagrama de espalhamento é construído com valores normalizados

(valores de atributos após subtração de sua média e divididos pelo desvio padrão) e serve para visualizar a dependência espacial. Pelo diagrama, observa-se que o Índice de Moran corresponde ao coeficiente de regressão linear (inclinação da reta), que pelos cálculos geométricos corresponde à tangente do ângulo da reta de regressão (ANSELIN, 1995). O diagrama de espalhamento é dividido em quadrantes (ANSELIN, 1995).

Os setores censitários considerados significativos com intervalo de confiança maior de 95% compõem o mapa cluster ao estabelecer a categorização de cenários. O mapa que representa a correlação espacial entre o esgotamento adequado e a vulnerabilidade social deriva do mapa de cluster que foi gerado pelo software GeoDa. Este mapa foi exportado para o *software* QGIS, no formato vetorial (*.shapefile*). No QGIS, foi possível categorizar os clusters (setores censitários com significância estatística) de acordo com os cenários esperados e elaborar o mapa com as cores de cada cenário.

A partir desse mapa foi possível investigar a dimensão da área e populacional de cada um dos cenários encontrados. Para facilitar a discussão dos resultados, os valores em percentual (área e população) foram tabulados e também representados em uma matriz, na qual cada um dos eixos equivalia a uma das variáveis e os quadrantes representavam os cenários com significância. Os dados de população e de área foram inseridos nesse diagrama, o que facilitou a análise e comparação dos cenários encontrados.

### 3.5.2. *Sobreposição das Obras de Esgotamento com a Vulnerabilidade Social*

Como mencionado acima, os dados das obras de esgotamento não possuem a mesma dimensão espacial e temporal da vulnerabilidade social. O IVS apresenta um retrato dos indicadores socioeconômicos para a realidade intra-urbana de São Luís no ano de 2010. Porém em face à ausência de informações mais recentes e levando em consideração que a delimitação dos sistemas de esgotamento não apresentou mudanças significativas nas últimas décadas, foi feita a sobreposição dessas duas camadas de informação.

Dessa forma, cada sistema de esgotamento foi relacionado com o índice de vulnerabilidade social do local em que se encontravam. As obras de infraestrutura de esgotamento e o seu andamento foram sobrepostas ao IVS na escala de UDHS para que a visualização fosse facilitada. Da mesma forma que a delimitação do setor censitário, muitas vezes a rede coletora de esgoto segue o traçado das ruas, por isso a informação de vulnerabilidade social na escala do setor poderia dificultar a visão da rede coletora.

Os mapas gerados foram feitos a partir da inclusão de todas as unidades do esgotamento para cada sistema, incluindo a rede coletora, interceptores, linha de recalque, estações elevatórias e estações de tratamento de esgoto, com as informações da vulnerabilidade social ao fundo com um grau de transparência para visualização das duas camadas.

### **3.6. Elaboração de Mapas Complementares**

Algumas informações adicionais foram utilizadas para produzir mapas que complementarizam o estudo. Entre elas pode-se citar o mapa de localização, o de densidade populacional, o das bacias hidrográficas, o da altimetria e o das condições de balneabilidade das praias.

O mapa de localização da área de estudo foi construído a partir de uma imagem do Landsat-8 em cor verdadeira (bandas RGB (4-3-2)). As imagens do sensor *Operational Land Imager* do Landsat-8 possuem 30 metros de resolução espacial, suficiente para representar espacialmente a ilha de São Luís e seus quatro municípios integrantes. O sistema Landsat é composto por uma série histórica de satélites que apresenta mais de 30 anos de imagens que representam cobertura da superfície terrestre (USGS, 2018).

O mapa da densidade urbana foi feito com base nos setores censitários ao se acrescentar as informações relacionadas ao número de habitantes por setor, que foi extraída de uma das variáveis da base de informações dos dados agregados do IBGE. Em seguida, foi calculada a área de cada setor censitário em km<sup>2</sup> e isso possibilitou o cálculo da densidade populacional que é realizado pela divisão entre o número de habitantes pelos quilômetros quadrados. O resultado foi categorizado em quatro classes: os setores que possuíam entre 0 e 300 habitantes/km<sup>2</sup>; entre 300 e 1000; de 1000 até 5000; e os setores que tiveram mais de 5000 habitantes por km<sup>2</sup>.

As informações das bacias hidrográficas da ilha de São Luís foram disponibilizadas no formato *shapefile* pelo Núcleo Geoambiental (NUGEO) da Universidade Estadual do Maranhão. Com isso, foi possível elaborar dois mapas: um com a rede de drenagem e a delimitação das bacias hidrográficas da ilha inteira, e outro contendo apenas as bacias hidrográficas que eram atingidas pelo sistema de esgotamento sanitário. Esses mapas possibilitaram identificar quais as bacias hidrográficas se localizavam na cidade de São Luís e quais não estavam sendo atendidas pelo sistema coletivo de esgoto.

O mapa de altimetria foi elaborado a partir dos dados de topografia da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pela plataforma *Earth Explorer* ([earthexplorer.usgs.gov](http://earthexplorer.usgs.gov)) do *United States Geological Survey* (USGS). Tratam-se de dados obtidos por radar cuja missão foi liderada pela *National Aeronautics and Spatial Administration* (NASA) e que possibilitou a coleta de dados altimétricos para praticamente toda a superfície terrestre. Além disso, esses dados subsidiam análises espaciais baseadas no comportamento do relevo, incluindo aquelas voltadas ao modo como os sistemas de esgotamento sanitário são dispostos em meios urbanos. O produto utilizado para produzir o mapa em questão foi o *SRTM 1 Arc-Second Global*, com resolução espacial de 30 metros (USGS, 2015).

Por fim, a elaboração do mapa da balneabilidade das praias se deu a partir do uso de uma imagem do *MultiSpectral Instrument* (MSI) a bordo do satélite Sentinel-2. A escolha da imagem desse sensor justifica-se pela gratuidade do seu download, disponibilizado pela ESA (*European Space Agency*), no site <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, e pela alta resolução espacial de 10 metros nas bandas utilizadas para a composição em cor verdadeira (R-4;G-3;B-2). A seleção da imagem de 03 de agosto de 2017 ocorreu em função da presença mínima de nuvens encobrendo a área de interesse a ser mapeada (ESA, 2018).

Após o *download* do arquivo com a imagem da referida área, foi feita a conversão do formato das bandas 2 (azul), 3 (verde) e 4 (vermelho) de JP2 para TIF. Em seguida, as três bandas foram unidas em um único arquivo por meio da função “mosaico” para que fosse feita a composição em cor verdadeira, gerando a imagem apresentada no mapa. Os pontos que representam cada ponto de coleta foram criados com base no conjunto de coordenadas informados na nota de balneabilidade da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) do Maranhão. No mapa em questão, esses pontos foram posicionados em frente ao local utilizado como referência para a coleta das amostras de água para posterior análise laboratorial. A localização desses pontos de coleta foi disponibilizada em coordenadas geográficas, por isso foi possível plotá-los na imagem de satélite. Todas essas etapas foram realizadas no QGIS.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado desta dissertação consiste em um diagnóstico do esgotamento sanitário da cidade de São Luís, sendo composto por três bases de dados diferentes: os dados do Censo de 2010 do IBGE, os dados da CAEMA e os dados do SNIS. Os resultados estão dispostos na forma de mapas sobre a caracterização espacial da disponibilidade de infraestrutura de esgotamento sanitário na cidade, assim como gráficos e quadros que expressam informações importantes para o diagnóstico do esgotamento na cidade.

Foi feita também a caracterização da vulnerabilidade social das populações atingidas ou não pelos serviços de esgotamento sanitário e também, mapas com a localização dos empreendimentos de infraestrutura sanitária do PAC e do Mais Saneamento. Outro resultado obtido foi a correlação dos domicílios com esgotamento adequado e o índice de vulnerabilidade social, assim como a sobreposição das obras de esgotamento com a vulnerabilidade social. Por fim, foi feita também uma análise da vulnerabilidade socioambiental do município de São Luís.

##### 4.1. Diagnóstico do Esgotamento Sanitário de São Luís - IBGE (2010)

Em 2010, a cidade de São Luís possuía 53,5% dos domicílios atendidos com saneamento adequado, 42,6 % com saneamento semi-adequado e 3,9% considerados inadaquado. A classificação adequada foi concedida para os domicílios que possuíam abastecimento de água por rede geral, esgotamento sanitário por rede geral ou fossa séptica e lixo coletado diretamente ou indiretamente. Os que foram considerados semi-adequados possuíam pelo uma forma de saneamento considerada adequada, enquanto que os inadequados tinham todas as formas de saneamento consideradas inadequadas. No quadro 6, pode-se notar a evolução que esses índices tiveram de 2000 até 2010. O percentual de domicílios com serviços adequados aumento, enquanto que os inadequados diminuíram. Já os semi-adequados não apresentaram mudança.

Quadro 6 - Proporção de domicílios particulares permanentes por tipo de saneamento na cidade de São Luís - MA.

Ano do censo demográfico	Proporção de domicílios particulares permanentes, por tipo de saneamento (%)		
	Adequado	Semi-Adequado	Inadequado
2000	45,4	42,5	12,1

<b>2010</b>	53,5	42,6	3,9
-------------	------	------	-----

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Ao se analisar o serviço de esgotamento sanitário da cidade de São Luís, 41,3% dos domicílios estava ligado à rede geral de esgoto em 2000, já em 2010 esse valor cresceu para 46,68%. A quantidade de fossa séptica também aumentou de 11,14% para 19,77% em 2010. O percentual total de fossas rudimentares permaneceu o mesmo em 2000 e 2010, porém a quantidade diminuiu nas áreas urbanas, e aumentou nas áreas rurais.

Quadro 7 - Domicílios particulares permanentes segundo o tipo de esgotamento sanitário em 2000 na cidade de São Luís.

Tipo de esgotamento sanitário	Situação do domicílio (percentual do total de domicílios particulares permanentes)		
	Total	Urbana	Rural
Rede geral de esgoto ou pluvial	41,3	41,27	0,03
Fossa séptica	11,14	11,07	0,07
Fossa rudimentar	24,86	23,3	1,56
Vala	4,78	4,71	0,07
Rio, lago ou mar	1,92	1,91	0,01
Outro escoadouro	0,86	0,85	0,01
Não tinham banheiro ou sanitário	15,14	13,48	1,66
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>96,59</b>	<b>3,41</b>
<b>Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 2000.</b>			

A destinação do esgoto em valas, rios, lagos, mares e em outros tipos de escoadouros não apresentou variação significativa entre 2000 e 2010. Por outro lado, os domicílios que não tinham acesso banheiro ou sanitário diminuíram consideravelmente. Em 2000, 15% domicílios não possuíam banheiro ou sanitário, enquanto que em 2010 esse valor diminuiu para 1,9%. Por isso, de acordo com as informações do Censo o cenário do esgotamento sanitário em São Luís apresentou melhorias nesses dez anos.

Quadro 8 - Domicílios particulares permanentes segundo o tipo de esgotamento sanitário em 2010.

Tipo de esgotamento sanitário	Situação do domicílio (percentual do total de domicílios particulares permanentes)		
	Total	Urbana	Rural
Rede geral de esgoto ou pluvial	46,68	46,59	0,09
Fossa séptica	19,77	18,21	1,56
Fossa rudimentar	23,14	20,66	2,48

<b>Vala</b>	4,63	4,23	0,4
<b>Rio, lago ou mar</b>	2,14	2,13	0,01
<b>Outro tipo</b>	1,74	1,3	0,43
<b>Não tinham</b>	1,9	1,68	0,22
<b>Total</b>	100	94,79	5,21
<b>Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 2010.</b>			

Os dados do IBGE disponíveis a respeito do esgotamento sanitário são dispostos através do número de domicílios por setor censitário de acordo com o tipo de destinação do esgoto. Por isso, para compreender os resultados gerados é preciso analisar a densidade populacional de São Luís por setor censitário. Como é possível notar na figura 19, as áreas que possuem maior quantidade de habitantes por metro quadrado estão concentradas na área central da cidade. São os setores censitários que possuem mais de 5000 habitantes/m<sup>2</sup> e estão na cor marrom no mapa.

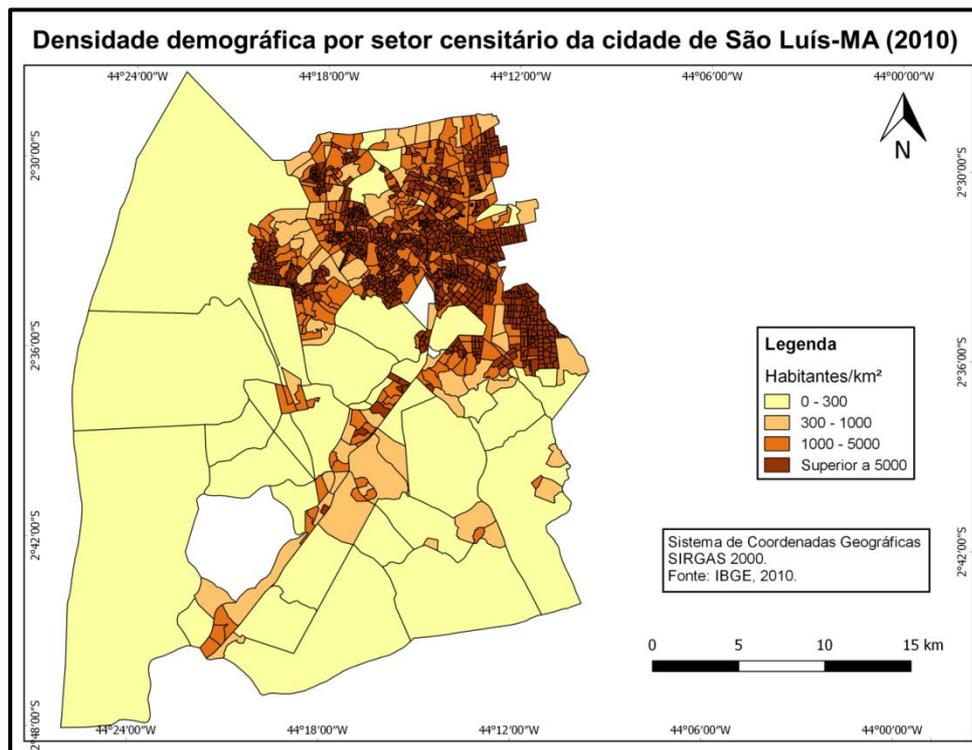


Figura 19 - Mapa da densidade demográfica por setor censitário de São Luís no ano de 2010. Fonte: Elaborado pela autora.

O esgotamento adequado foi calculado através da junção dos domicílios ligados a rede geral de esgoto com os que possuíam fossa séptica. A distribuição desses domicílios encontra-se visível na figura 20, na qual as áreas em tom de azul mais escuro são que concentram a destinação adequada do esgoto, seja por meio da rede coletora ou por fossas sépticas.

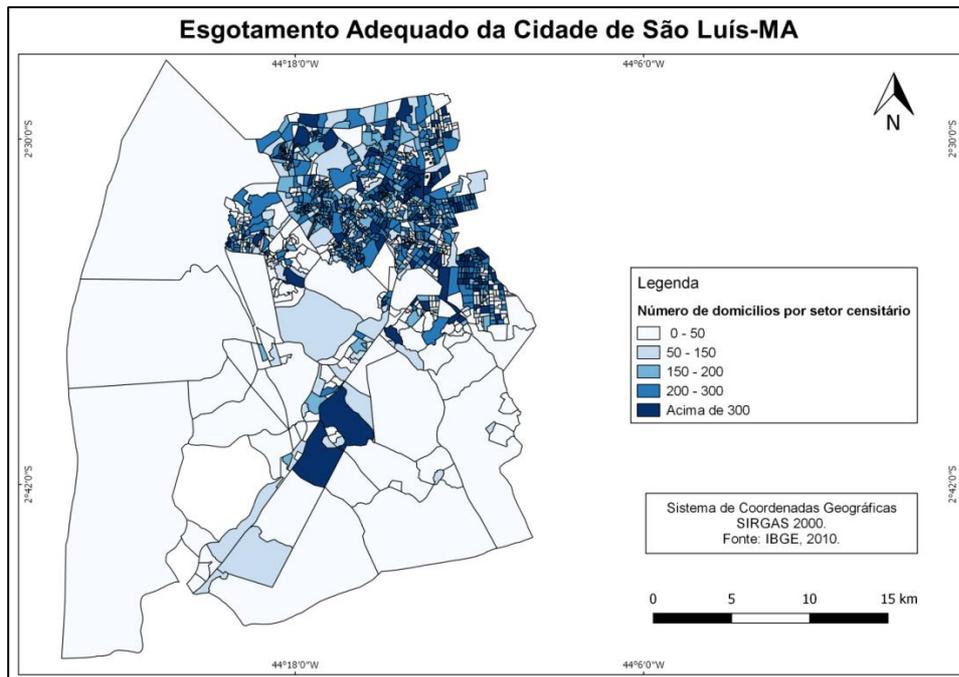


Figura 20 - Mapa do número de domicílios com esgotamento sanitário adequado por setor censitário.  
Fonte: Elaborado pela autora.

Por outro lado, os domicílios com esgotamento inadequado eram os que tinham fossa rudimentar ou realizavam a destinação em valas, nos rios, lagos ou mares, além de outros tipos de escoadouro. O mapa da figura 21 espaciliza esse tipo de destinação ao mostrar as regiões que possuem maior destinação inadequada do esgoto.

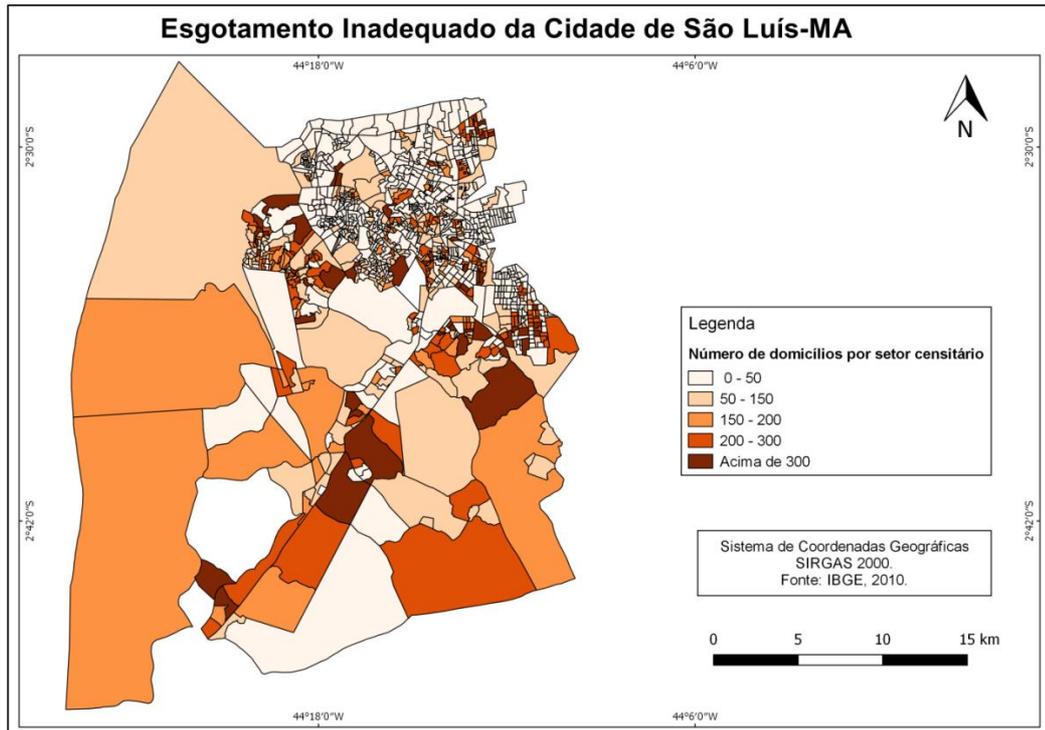


Figura 21 - Mapa do número de domicílios com esgotamento sanitário inadequado por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 22 aponta os lugares que concentram a disposição do esgoto através da rede coletora. Os domicílios se concentram na região litorânea da cidade, exatamente dentro dos sistemas de esgotamento sanitário existentes, como será possível observar na próxima seção.

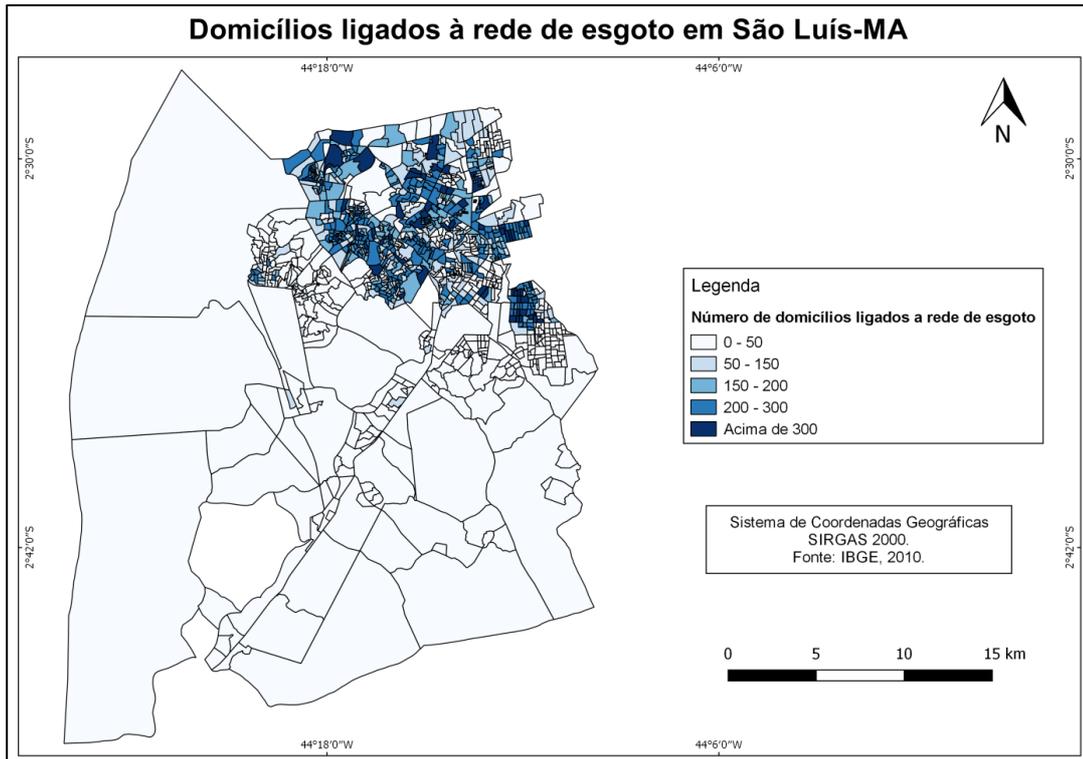


Figura 22 - Mapa do número de domicílios ligados à rede de esgoto por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

Os setores censitários que possuíam mais domicílios com fossas sépticas estão espalhados pela cidade, não possuindo um padrão visível para a sua distribuição, como se observa na figura 23.

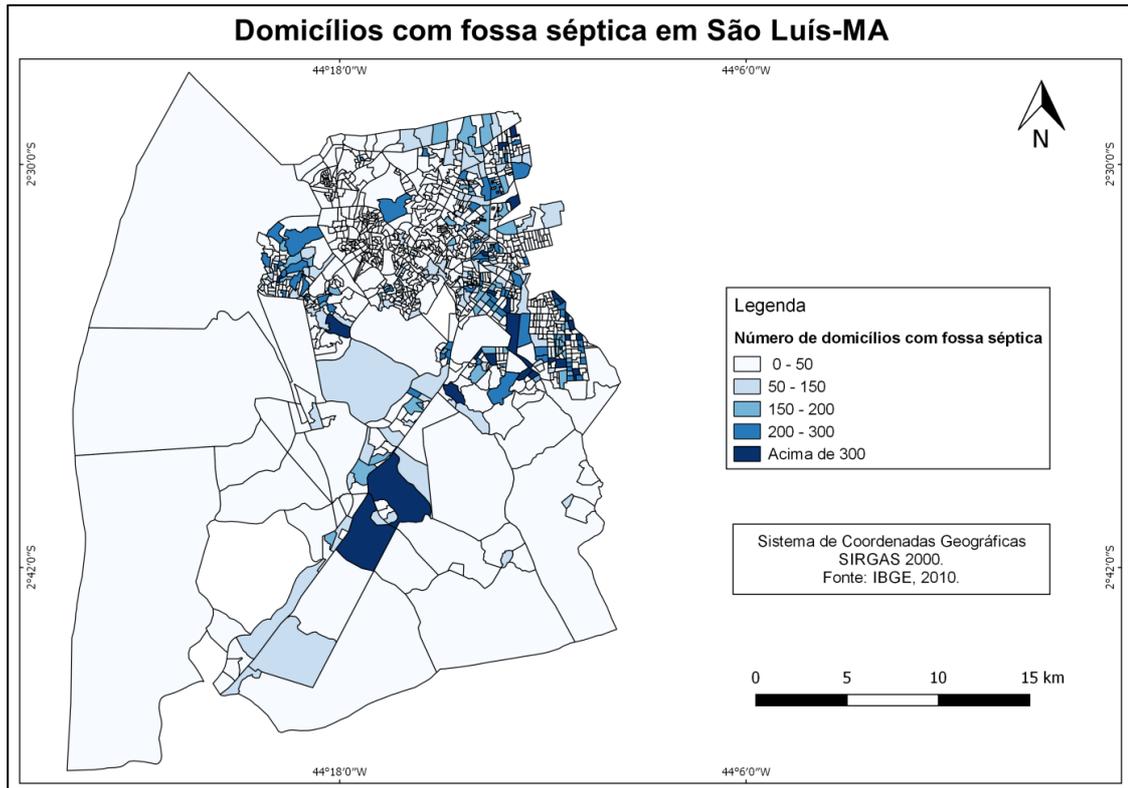


Figura 23 - Mapa do número de domicílios com fossa séptica por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

Os domicílios com fossas rudimentares também são encontrados por toda a cidade (figura 24). No entanto, pode-se notar uma maior ocorrência desse tipo de disposição em setores que pertencem à zona rural ou industrial de São Luís, assim como em alguns bairros mais periféricos.

A disposição dos efluentes sanitários em valas é maior ocorrência na parte sul da cidade de São Luís, como se observa na figura 25.

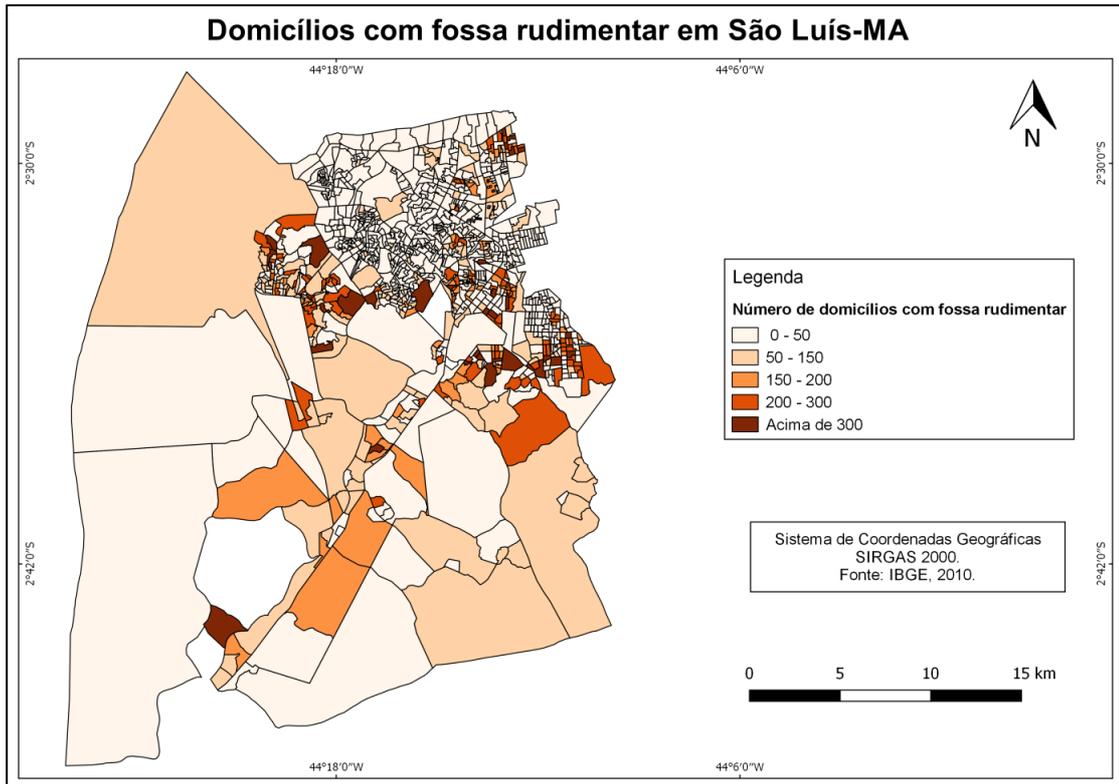


Figura 24 - Mapa do número de domicílios com fossa rudimentar por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

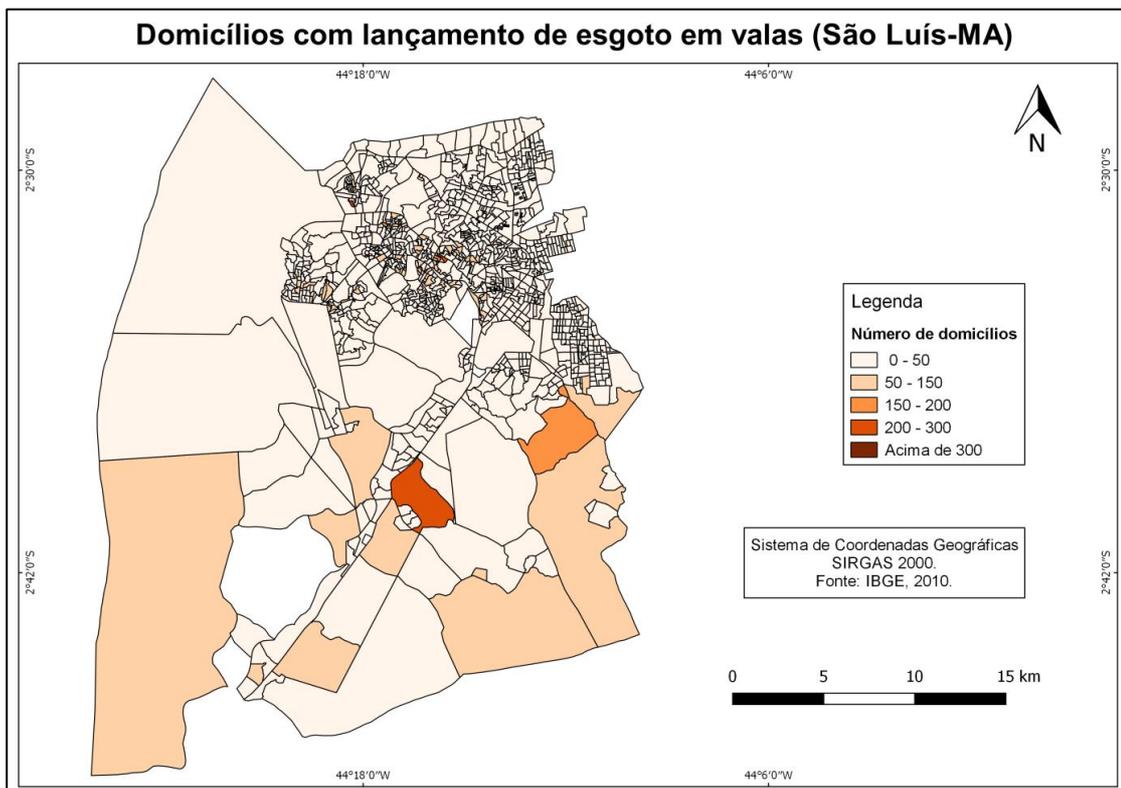


Figura 25 - Mapa do número de domicílios com lançamento de esgoto em valas por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

A quantidade de domicílios com disposição do esgoto diretamente nos rios, lagos ou mar é menor em relação aos outros tipo de destinação, como se nota na figura 26.

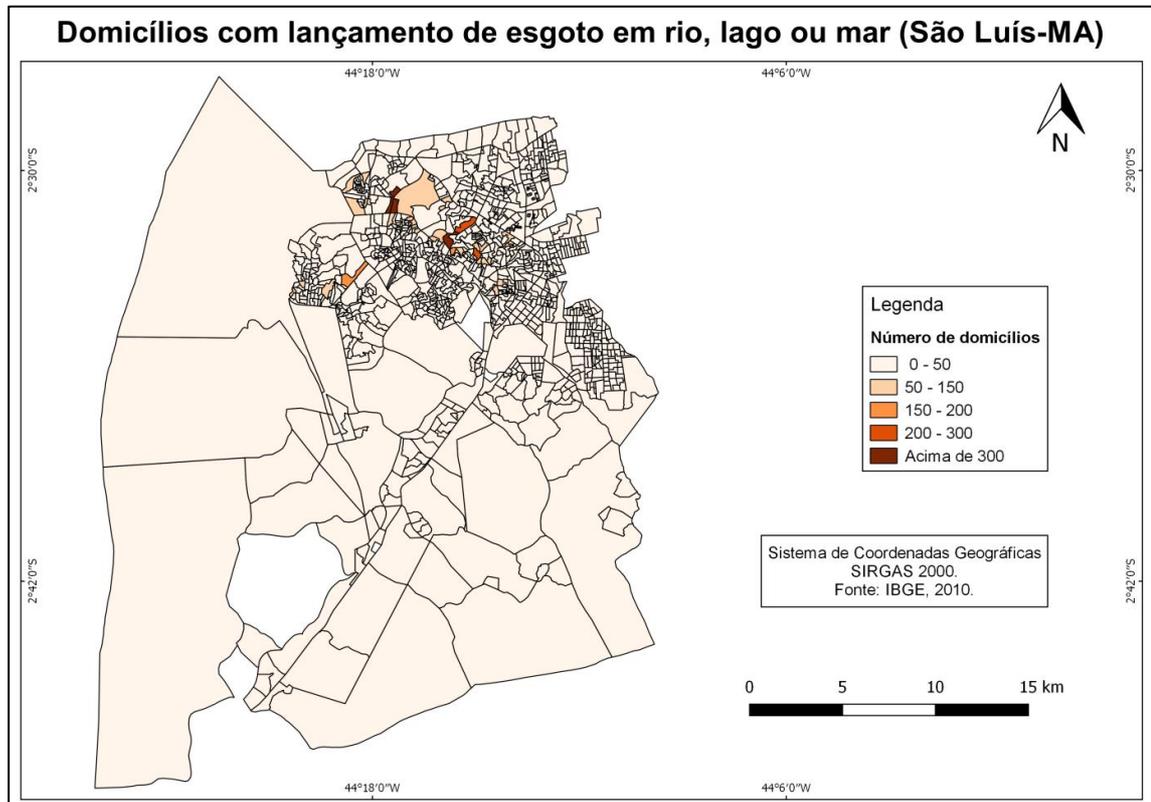


Figura 26 - Mapa do número de domicílios com lançamento de esgoto em rio, lago ou mar por setor censitário. Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.2. Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís - CAEMA

A Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão é responsável pelo sistema de esgotamento sanitário de São Luís. Esse tópico abordará o diagnóstico do sistema de esgoto existente da primeira década dos anos 2000. Foi apresentado o sistema proposto pelos projetos executivos realizados pela empresa de consultoria ESSE entre 2008 e 2011, e também o diagnóstico do andamento das obras, com detalhe para mudanças que foram incorporadas para além dos projetos executivos. As obras implantadas da cidade recebem tanto recursos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que é de responsabilidade do Ministério das Cidades, quanto do Programa Mais Saneamento do Governo do Estado do Maranhão.

#### *4.2.1. Sistema Existente de Esgotamento Sanitário de São Luís*

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade de São Luís é composto pelos sistemas Anil, Bacanga, Vinhais e São Francisco (figura 27), que continham duas Estações de Tratamento de Esgotos (Bacanga e Jaracati), 59 Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) e mais 560 km de redes coletoras e interceptores (CAEMA, 2009a).

O volume de esgoto que estava sendo coletado pelo SES era de 113.600 m<sup>3</sup> por dia. De acordo com o cadastro da rede coletora da CAEMA, os quatro sistemas teriam 533 km de rede. O sistema Anil teria 53 km de rede coletora, o sistema Vinhais 272 km, o São Francisco possuía 80 km e o Bacanga 127,5 km. Em relação a interceptores, o sistema Vinhais possuía uma extensão de 14,5 km, enquanto que o Anil não tinha nenhum interceptor. O sistema São Francisco possuía 13,5 km de interceptores e o sistema Bacanga apenas 866 metros (CAEMA, 2009a).

A rede coletora, em geral, apresenta vários problemas de estabilidade, rupturas, entupimentos, conexões cruzadas, ausência de poços de visita (PVs) nos pontos necessários, tampas de PVs soterradas. A maioria da tubulação coletora é feita de manilhas cerâmicas, sendo que alguns trechos são muito antigos, enquanto que a rede coletora mais nova foi construída com PVC (CAEMA, 2008). Dessa forma, pode-se afirmar que o sistema existente de esgoto em São Luís não é suficiente, precisando urgentemente de melhorias que busquem solucionar o déficit de atendimento de esgoto no município.

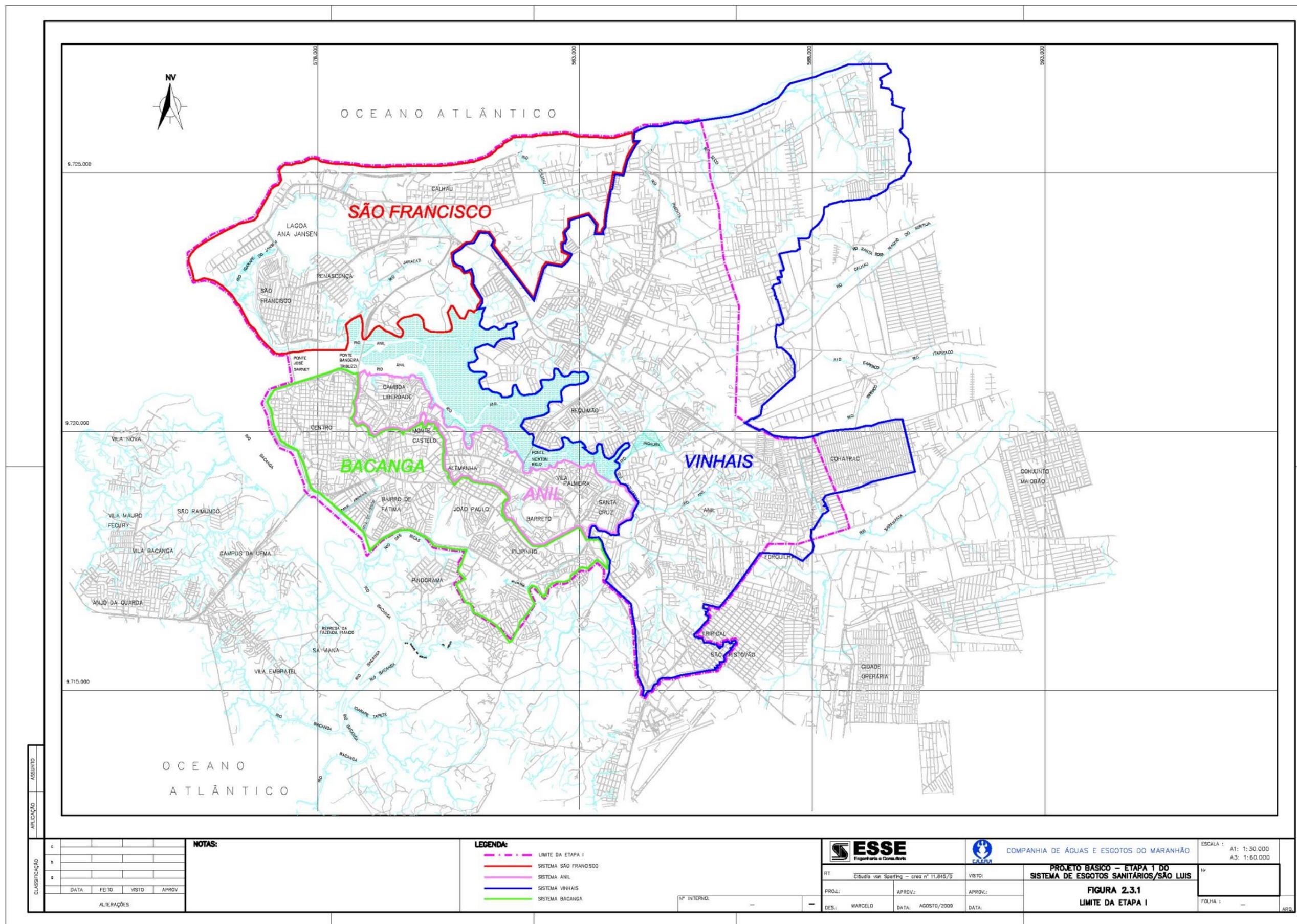


Figura 27 – Mapa do limite da Etapa 1 do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís, englobando os sistemas Anil, São Francisco, Bacanga e maior parte do Vinhais. Fonte: CAEMA, 2009a.

O sistema de esgoto de São Luís possui um grande número de elevatórias devido ao relevo plano da região (figura 28) e pelo fato de que a ocupação urbana da cidade ocorreu na faixa litorânea e ao longo dos cursos d'água. Dessa forma, as elevatórias são necessárias para reversão de bacia, ou para a recuperação das cotas altimétricas e assim minimizar o aprofundamento de interceptores e redes no terreno (CAEMA, 2008).

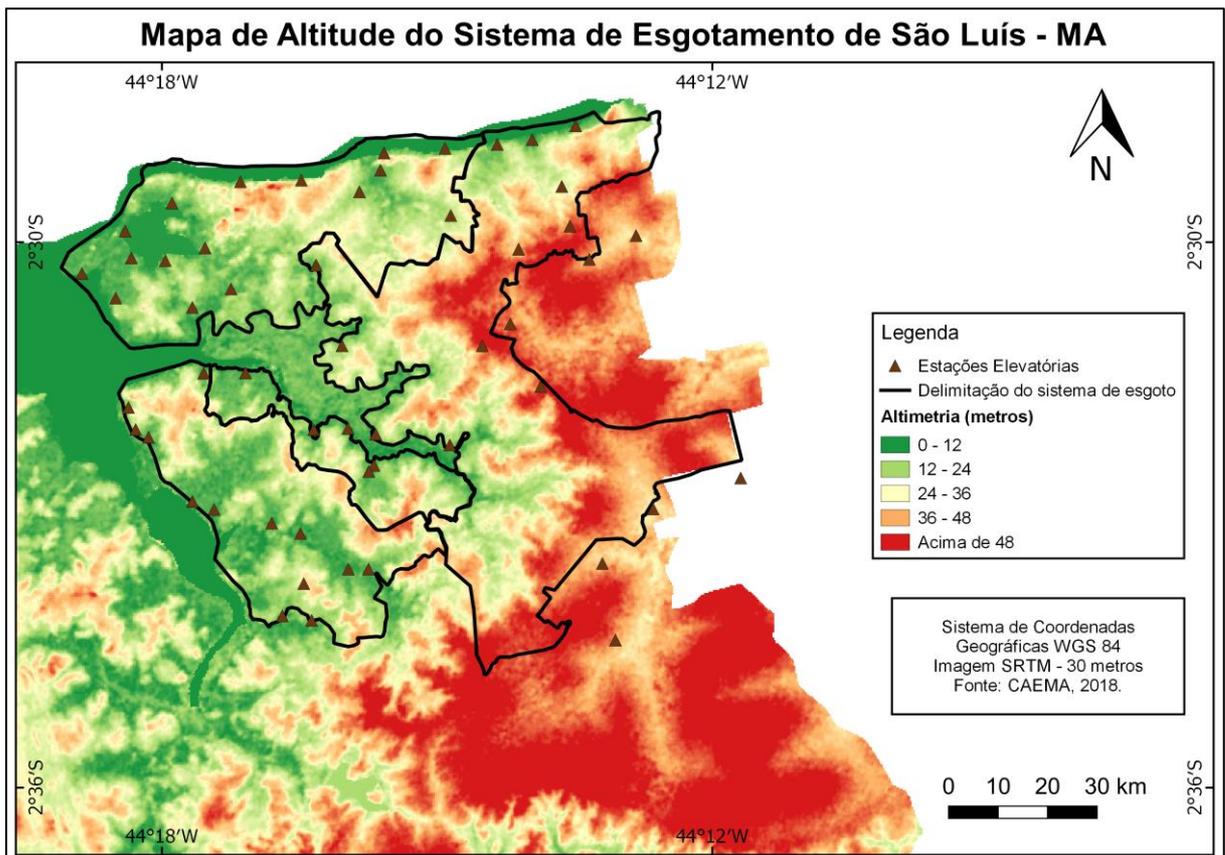


Figura 28 - Mapa da altitude do Sistema de Esgotamento da cidade de São Luís, com o destaque para a quantidade e localização das estações elevatórias de esgoto. Fonte: Elaborado pela autora.

A CAEMA não possui um cadastro atualizado e detalhado das elevatórias. Por isso, foi realizado um cadastro das elevatórias no diagnóstico da situação de 2008 realizado pela empresa de consultoria ESSE. Esse estudo incluiu os Sistemas Bacanga, Vinhais, São Francisco e Cidade Operária, já que no ano em questão o Sistema Anil não tinha nenhuma elevatória. Foi encontrado o total de 59 (cinquenta e nove) elevatórias, sendo que 14 (quatorze) encontravam-se no Sistema São Francisco, 9 (nove) situam-se no Sistema Bacanga, 31 (trinta e uma) no Sistema Vinhais, 3 (três) na Cidade Operária e 2 (duas) no Maiobão. Esse cadastro das elevatórias e linhas de recalque trazia diversas informações, como o sistema a que pertence, o nome da elevatória, a localização, a origem e o destino do

recalque do esgoto, o tipo da bomba, informações a respeito do funcionamento da EE, a ocorrência de extravasamento, o estado de conservação da elevatória, entre outras informações. As elevatórias se encontram em uma situação física precária, o que contribui para a precariedade operacional também (CAEMA, 2008).

Na década de 1996 até 2006, o movimento de saneamento ambiental da Ilha de São Luís se desenvolveu, o que resultou na construção das duas estações de tratamento de esgoto, Jaracati e Bacanga (CAEMA, 2011b). As duas ETEs do Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís possuem a mesma estrutura que consiste no tratamento preliminar seguido de tratamento primário (reatores anaeróbios) e desinfecção (ozonização). Também possuem o prédio da administração e um laboratório de 50 m<sup>2</sup>. Além disso, existiam ETEs de menor porte implantadas para atender os conjuntos habitacionais da Cidade Operária, Maiobão e Lima Verde. A ETE da Cidade Operária foi desativada e sua área foi invadida. Já a ETE Maiobão consiste em quatro lagoas que tem funcionamento precário, e a ETE Lima Verde tem um tratamento por meio de filtro biológico por gravidade, mas também funcionam precariamente (CAEMA, 2009a).

As Estações de Tratamento de Esgoto do Bacanga e do Jaracati operaram durante pouco tempo, e foram desativadas em 2005 por falta de manutenção. As ETEs permaneceram desativadas e abandonadas, por isso os esgotos estavam sendo lançados diretamente nos rios e nas praias, afetando as condições de balneabilidade. Por isso foi elaborado um Planejamento Estratégico 2009-2013 em convênio com a Companhia de Saneamento do Distrito Federal/CAESB, que tinha como uma das suas prioridades a coleta e o tratamento de esgoto. A recuperação e reativação das duas ETEs existentes, assim como a recuperação e manutenção das elevatórias foram determinadas urgência pela presidência da companhia (CAEMA, 2009b). Em 2010, ocorreu uma tentativa de recuperação das ETEs, mas estas voltaram a funcionar com uma vazão bem menor que a capacidade inicialmente planejada (SMEPE, 2011).

O diagnóstico do sistema existente indica quais são as implantações que precisam ser feitas, assim como as revisões das capacidades das unidades do sistema e complementações que são necessárias. Ou seja, tem o objetivo final de indicar quais as providências a serem tomadas para solucionar os problemas encontrados (CAEMA, 2008).

O sistema de esgotamento de São Luís possui um conjunto de componentes de coleta e encaminhamento dos esgotos que não estão ordenados de acordo com um plano de escoamento, por isso existiam mais de duzentos pontos de lançamento *in natura* do esgoto (CAEMA, 2008).

Os principais problemas de operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário estão relacionados com a situação física do sistema. Em termos gerais os principais problemas encontrados foram: a ocorrência de instalações intra-domiciliares e intra-prediais inadequadas que causam aumento da vazão parasitária, o arraste de sedimentos, e o carregamento de gordura e de resíduos sólidos diversos; o baixo índice de atendimento por rede coletora de esgoto; a existência de trechos de rede coletora, no geral, em precário estado de conservação; a ocorrência de significativas extensões de interceptores e emissários em estado de conservação precário e/ou sub-dimensionado; a ocorrência de grande número de eventos que obstruem, danificam e inviabilizam o escoamento normal do esgoto nas tubulações da rede coletora, interceptores e emissários; a grande ocorrência de interconexões entre redes de água pluvial e redes de esgoto sanitário, resultando em vazões parasitárias muito aumentadas; o alto número de elevatórias com equipamentos danificados e até mesmo sem os equipamentos necessários para operação destas elevatórias; a inexistência de um plano para priorização de recuperação da rede coletora, interceptores e emissários; a necessidade de um plano para priorização técnica e econômica no processo de implantação de novas unidades do sistema; o índice do volume tratado de esgoto se igual a zero; a necessidade de projetos para recuperação das ETEs Jaracati e Bacanga, sem os quais essas unidades não voltam a operar; e por fim, um gerenciamento operacional insuficiente (CAEMA, 2008).

#### **4.2.1.1. Sistema Anil**

O sistema Anil possuía apenas rede coletora, e por isso o escoamento do esgoto resultava em lançamento “in natura” (CAEMA, 2009a).

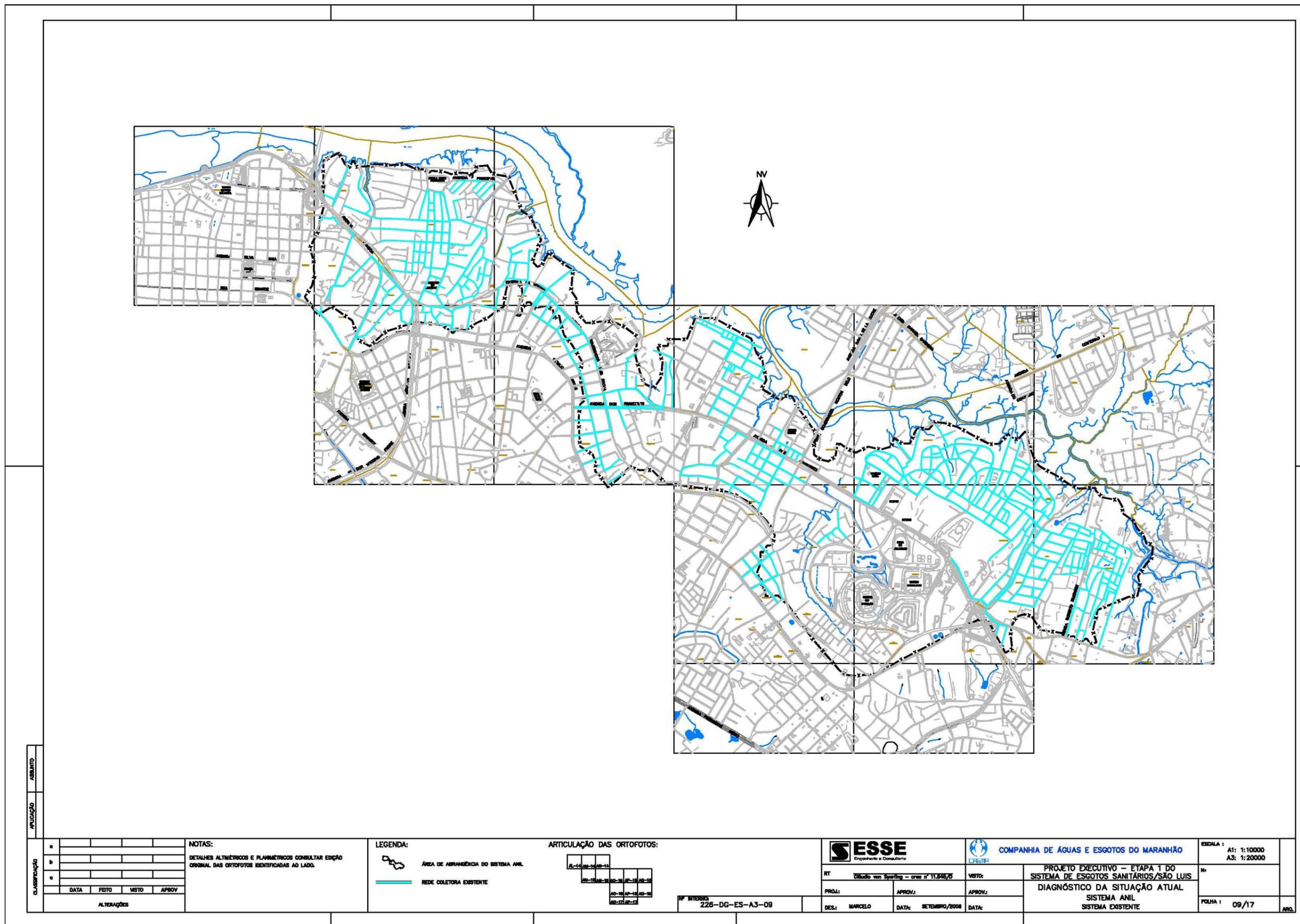


Figura 29 – Mapa do sistema Anil existente. Fonte: CAEMA, 2008.

#### 4.2.1.2. Sistema Vinhais

O sistema Vinhais é o mais complexo dos quatro sistemas no aspecto da coleta e do encaminhamento, porque é o de maior extensão territorial e tem mais elevatórias e linhas de recalque. Esse sistema possuía, em 2008, o total de 31 estações elevatórias: Araras, Arpoador, Campo Verde, Cohab, Cohajap, Cohatrac, Fernando de Noronha, Girassol, Iemanjá, IPEM São Cristóvão, Ipês, Juçara, Lago Verde, Lusíada, Lusitanos, Murici, Pacífico, Pimenta I, Pimenta II, Pindaré, Pinheiros, Planalto Vinhais, Porto das Dunas, Quintas do Sol, São Domingos, Transição Cohama, Turu I, Turu II, Turu III, Vivendas do Turu e Zeus (CAEMA, 2009a). O Quadro 9 apresenta a lista dessas elevatórias, o funcionamento da EE em 2008 e 2009 e o seu estado de conservação.

Quadro 9 – Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema Vinhais.

<b>NOME DA ELEVATÓRIA</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2008)</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2009)</b>	<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO</b>
Araras	Operando	Sim	Bom estado
Arpoador	Parada	Desativada	Aguardando manutenção do conjunto motor-bomba (CMB)
Campo Verde	Operada	Sim	Bom estado
Cohab	Parada	Sim	Elevatória em reforma
Cohajap	Parada	Sim	Estado regular
Cohatrac IV	Operando	Sim	Em reforma
Fernando de Noronha	Operando	Sim	Bom estado
Girassol	Desativada	Desativada	-
Iemanjá	Operando	Sim	Boas condições
IPEM São Cristóvão	Operando	Sim	Bom estado
Ipês	Operando	Sim	Bom estado
Juçara	Operando	Sim	Bom estado
Lago Verde	Parada	Desativada	Aguardando recuperação dos CMB's
Lusíada	Parada	Desativada	Aguardando recuperação dos CMB's
Lusitanos	Operando	Sim	Reformada recentemente
Murici	Operando	Sim	Bom estado
Pacífico		Sim	Bom estado
Pimenta I	Parada	Sim	Bom estado
Pimenta II	Operando	Sim	Aguardando manutenção do conjunto motor-bomba (CMB)
Pindaré	Operando	Desativada	Aguardando recuperação dos

			CMB's
Pinheiros	Parada	Desativada	Aguardando manutenção do conjunto motor-bomba (CMB)
Planalto Vinhais	Operando	Sim	Bom estado
Porto das Dunas	Operando	Sim	Bom estado
Quintas do Sol	Operando	Sim	Recém reformada
São Domingos	Parada	Desativada	-
Transição Cohama	Operando	Sim	-
Turu I	Operando	Sim	Em reforma
Turu II	Operando	Sim	Bom estado
Turu III	Desativada	Desativada	Desativada sem equipamento
Vivendas do Turu	Desativada	Desativada	Desativada sem equipamento
Zeus	Operando	Sim	Bom estado

Fonte: CAEMA, 2008, 2009a.

A estação elevatória Novo Tempo estava localizada nesse sistema, porém o esgoto era direcionado para o sistema São Francisco. Enquanto que na estação La Ravardiere acontecia o contrário, a EE em questão se encontrava no sistema São Francisco e os esgotos eram recalcados para o sistema Vinhais (CAEMA, 2008).

Os interceptores existentes desse sistema eram o Cohajap, Olho d'Água 1, Olho d'Água 2, Isabel Cafeteira 1, Aurora, Cohatrac. A extensão total dos interceptores e emissários desse sistema era 14.554 metros.

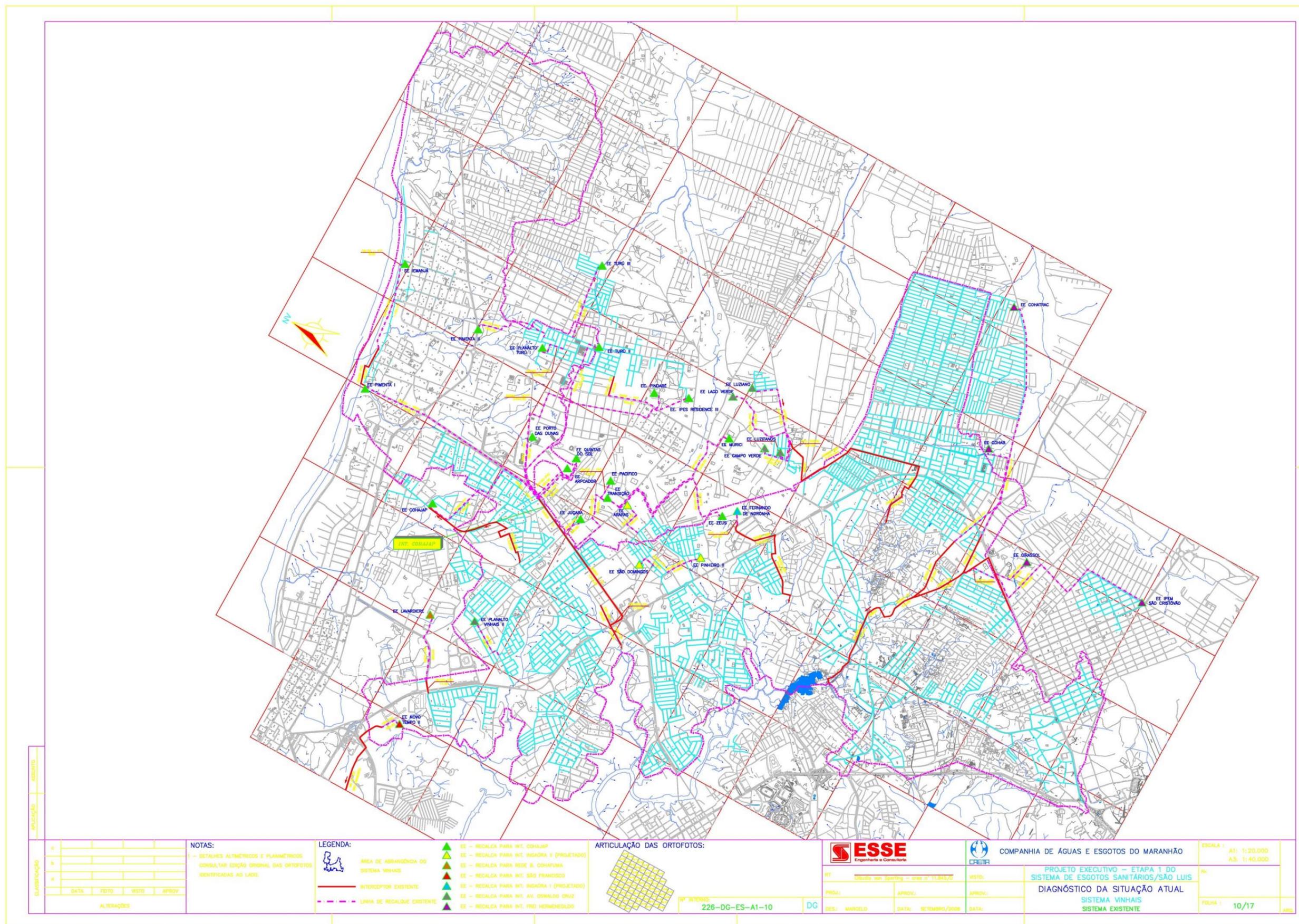


Figura 30 - Mapa do sistema Vinhais existente. Fonte: CAEMA, 2008.

#### 4.2.1.3. Sistema São Francisco

A concentração de esgotos do sistema São Francisco ocorre na ETE Jaracati que já é existente e recebe as contribuições dos bairros Ponta D'Areia, Calhau, Renascença, Lagoa Ana Jansen, São Francisco e Santa Eulália por meio de interceptores e elevatórias de linha (CAEMA, 2008).

O escoamento do sistema São Francisco ocorria por meio da rede coletora, interceptores, estações elevatórias e linhas de recalque que levavam o esgoto para a ETE Jaracati. As estações elevatórias eram: Ana Jansen 1.1, Ana Jansen 1.2, Ana Jansen 1.3, Ana Jansen 2.1, Atlântica 1.1, Atlântica 2.1, Atlântica 2.2, Calhau I, Calhau II, Jaracati, La Ravardiere, Novo Tempo, Ponta d'Areia e São Francisco 1.2.

A elevatória La Ravardiere, Cohajap e Planalto Vinhais estavam localizadas nesse sistema, porém recalavam o esgoto para o sistema Vinhais. Todas as outras elevatórias existentes direcionavam o esgoto para a ETE Jaracati. Em 2008, o esgoto não estava chegando à ETE Jaracati por causa de problemas nas estações elevatórias, especialmente na ETE Jaracati. Já os bairros Renascença I, Renascença II, São Francisco, Ilhinha e Ponta do Farol lançavam o esgoto "in natura" pela ausência de interceptores (CAEMA, 2009a). O Quadro 10 mostra o funcionamento das EEs e seu estado de conservação.

Quadro 10 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema São Francisco.

<b>NOME DA ELEVATÓRIA</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2008)</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2009)</b>	<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO</b>
Ana Jansen 1.1	Parada	Sim	Bom estado
Ana Jansen 1.2	Operando	Sim	Boas condições
Ana Jansen 1.3	Operando	Sim	Bom estado
Ana Jansen 2.1	Parada	Sim	Bom estado, sem motor-bomba
Atlântica 1.1	Operando	Sim	Bom estado
Atlântica 2.1	Operando	Sim	Bom estado
Atlântica 2.2	Operando	Sim	Boas condições
Calhau I	Parada	Sim	Bom estado
Calhau II	Operando	Sim	Boas condições
Jaracati	Parada	Desativada	Aguardando recuperação dos CMB's
La Ravardiere	Operando	Sim	Reformada recentemente
Novo Tempo	Operando	Sim	Bom estado
Ponta d'areia	Operando	Sim	Bom estado
São Francisco 1.2	Parada	Desativada	Aguardando recuperação dos CMB's

Fonte: CAEMA, 2008, 2009a.

Os interceptores existentes eram o Atlântica 1, Atlântica 2, Ponta d'Areia, Calhau - Jaracati e alguns no entorno da lagoa Ana Jansen. Todos esses interceptores possuíam a extensão total de 13.517 metros.

A ETE Jaracati está localizada às margens do rio Anil em uma área de mangue, que consequentemente era uma área de solo mole. Essa estação de tratamento foi construída de acordo com o Projeto Básico elaborado pela ESSE Engenharia em 1998 para atender uma população de 76.869 habitantes até 2020. A estação é composta por tratamento preliminar, seguido de tratamento primário (reatores anaeróbios) e desinfecção (ozonização). Possui ainda prédio de administração e um laboratório com 50 m<sup>2</sup> de área (CAEMA, 2008).

A presença de solo mole obrigou que a fundação das estruturas e tubulações fosse estaqueada sob o risco da ocorrência de recalque. Mas, parte dessas estruturas e tubulações foi assentada diretamente no solo, o que provocou recalques diferenciados, havendo abatimento do solo, de pavimentos, rompimentos em tubulações e estruturas periféricas. No entanto, as estruturas de concreto do tratamento preliminar e reatores, além dos demais componentes a elas acopladas não sofreram recalques, estando em bom estado de conservação (CAEMA, 2008).

O tratamento preliminar é composto por uma grade grossa para remoção dos sólidos mais grosseiros, duas grades curvas mecanizadas, dois desarenadores e um medidor de vazão Parshall. As vazões previstas no projeto para a ETE Jaracati estão descritas no quadro 11.

Quadro 11 - Vazões de Projeto da ETE Jaracati.

ANO	VAZÕES (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
<b>2000</b>	70,31	108,21	168,85
<b>2005</b>	91,49	141,30	221,00
<b>2010</b>	99,86	158,04	251,14
<b>2015</b>	104,02	166,37	266,13
<b>2020</b>	108,95	178,23	287,47

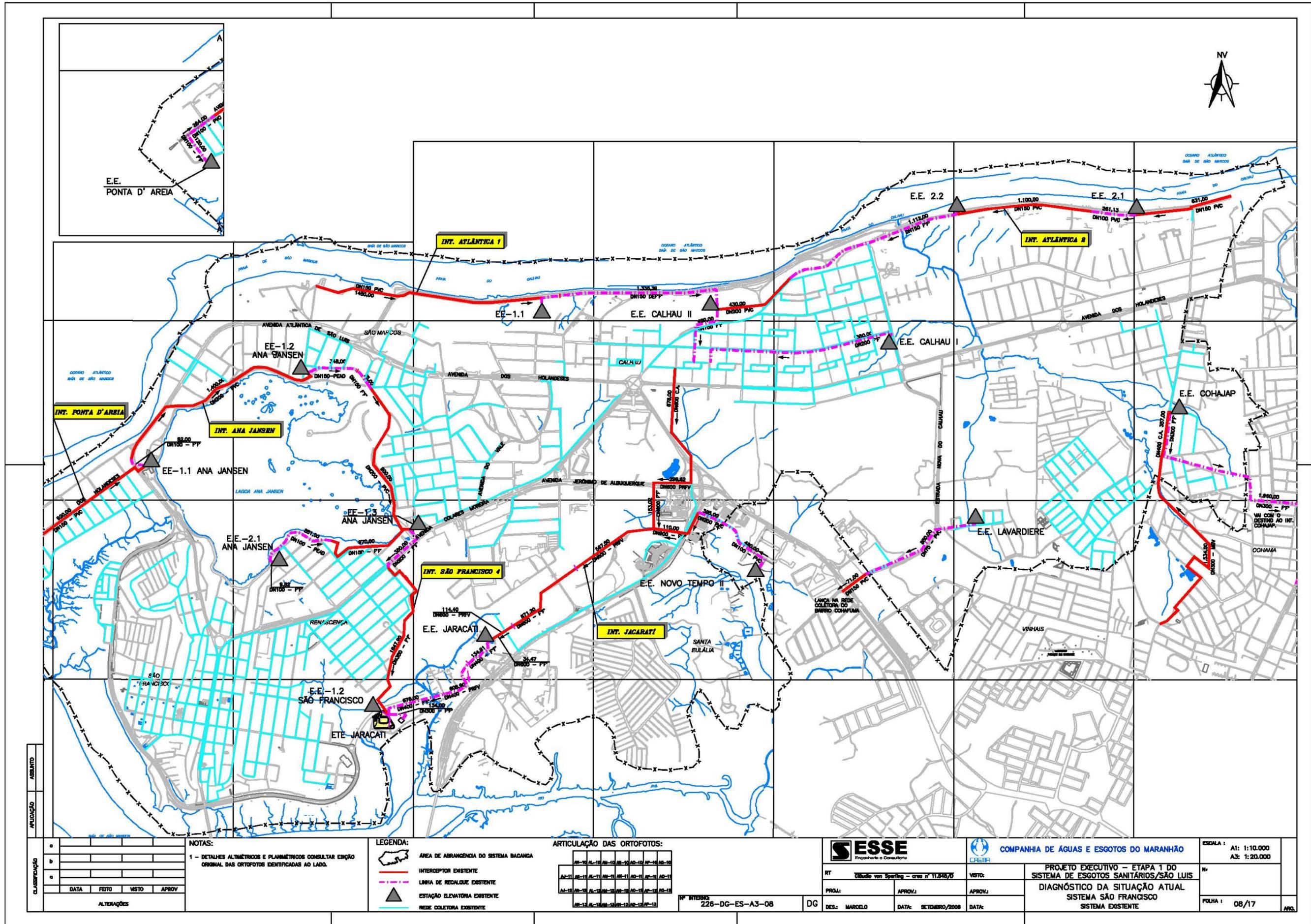
Fonte: CAEMA, 2008.

O tratamento primário é realizado pelos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente de Manta de Lodo (UASB), que também é chamado de reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência. Nos reatores são gerados o gás, o lodo e o efluente líquido. O gás é encaminhado para os queimadores de gás, o lodo é desidratado nos leitos de secagem e o efluente líquido passa pelo processo de desinfecção. Nos leitos de secagem o líquido drenado

retorna, por gravidade, até a elevatória da ETE e o lodo desidratado é encaminhado juntamente com os materiais gradeados e a areia recolhidos nas caçambas para a disposição final junto ao aterro sanitário da cidade. A ETE Jaracati possui três reatores, dois queimadores de secagem (CAEMA, 2008).

A etapa de desinfecção conta com dois geradores de ozônio e um tanque de contato. A geração de ozônio se dá pela combinação do ar com descargas elétricas em alta voltagem produzida por um gerador. O ozônio é aplicado através de difusores em um tanque de contato. Após a desinfecção o efluente tratado é lançado no corpo receptor, o rio Anil (CAEMA, 2008).

A ETE Jaracati funcionou por quase dois anos e desde 2005 encontra-se desativada, se deteriorando desde então. Por causa da sua situação extremamente precária, a ETE Jaracati necessita de um projeto de recuperação para que volte a operar (CAEMA, 2008).



APLICACAO	ASSINATO		
a			
b			
c			
DATA	FEITO	REVISAO	APROVADO
ALTERACOES			

NOTAS:  
1 - DETALHES ALTIMÉTRICOS E PLANIMÉTRICOS CONSULTAR EDIÇÃO ORIGINAL DAS ORTOFOTOS IDENTIFICADAS AO LADO.

- LEGENDA:
- ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA BACANCA
  - INTERCEPTOR EXISTENTE
  - - - LINHA DE REGALQUE EXISTENTE
  - ▲ ESTAÇÃO ELEVATORIA EXISTENTE
  - REDE COLETORA EXISTENTE

ARTICULAÇÃO DAS ORTOFOTOS:

00-10	01-10	02-10	03-10	04-10	05-10	06-10	07-10	08-10	09-10
10-10	11-10	12-10	13-10	14-10	15-10	16-10	17-10	18-10	19-10
20-10	21-10	22-10	23-10	24-10	25-10	26-10	27-10	28-10	29-10
30-10	31-10	32-10	33-10	34-10	35-10	36-10	37-10	38-10	39-10

Nº INTERIOR: 226-DG-ES-A3-08

**ESSE**  
Engenharia e Consultoria

RT: Gilvato von Spiering - CRM nº 11.848/0

PROJ: APROV: APROV:

DES: MARCELO DATA: SETEMBRO/2008 DATA:

**COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO**

PROJETO EXECUTIVO - ETAPA 1 DO SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS/SÃO LUIS

DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL SISTEMA SÃO FRANCISCO SISTEMA EXISTENTE

ESCALA: A1: 1:10.000 A2: 1:20.000

Nº: FOLHA: 08/17

Figura 31 – Mapa do sistema São Francisco existente. Fonte: CAEMA, 2008.

#### 4.2.1.4. Sistema Bacanga

O sistema Bacanga contava com rede coletora, nove estações elevatórias e um interceptor na área do Centro Histórico. Existiam quatro estações elevatórias de propriedade da Prefeitura de São Luís que se chamavam Bacanga 01, 02, 03 e 04, as demais elevatórias são de propriedade da CAEMA. As EEEs do Parque Timbira, Beco da Prensa, Estrela e Portinho destinavam o seu esgoto à ETE Bacanga, que em 2008 estava desativada devido ao não funcionamento das elevatórias e da própria ETE. A EEE Areinha lançava o esgoto diretamente no Rio Bacanga. Além disso, existiam diversos pontos de lançamento “in natura” na Av. Beira Mar, Lago do Bacanga e no Rio das Bicas (CAEMA, 2009a). O único interceptor desse sistema estava localizado na Avenida Vitorino Freire por 866 metros.

Quadro 12 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes do sistema Bacanga.

<b>NOME DA ELEVATÓRIA</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2008)</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2009)</b>	<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO</b>
Areinha	Operando	Sim	Bom estado
Beco da Prensa	Operando	Sim	No período de chuva o CMB não recalca a vazão afluente
Estrela	Operando	Sim	Dificuldades para manutenção e limpeza
Parque Timbira	Parada	Desativada	Recém reformada
Portinho	Operando	Sim	Boas condições

Fonte: CAEMA, 2008, 2009a.

A ETE Bacanga está localizada nas margens do rio Bacanga, que também é uma área de mangue, foi construída de acordo com o Projeto Básico de 1998. A estação foi projetada para atender 139.355 habitantes até 2020. A estrutura e os problemas dessa ETE são muito similares aos da ETE Jaracati, necessitando também de um projeto de recuperação (CAEMA, 2008). As vazões projetadas estão dispostas no quadro 13.

Quadro 13 - Vazões de Projeto da ETE Bacanga.

ANO	VAZÕES (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
<b>2000</b>	94,48	158,39	260,66
<b>2005</b>	101,03	169,83	279,89
<b>2010</b>	104,87	177,51	293,72
<b>2015</b>	106,00	179,75	297,76
<b>2020</b>	107,12	182,00	301,80



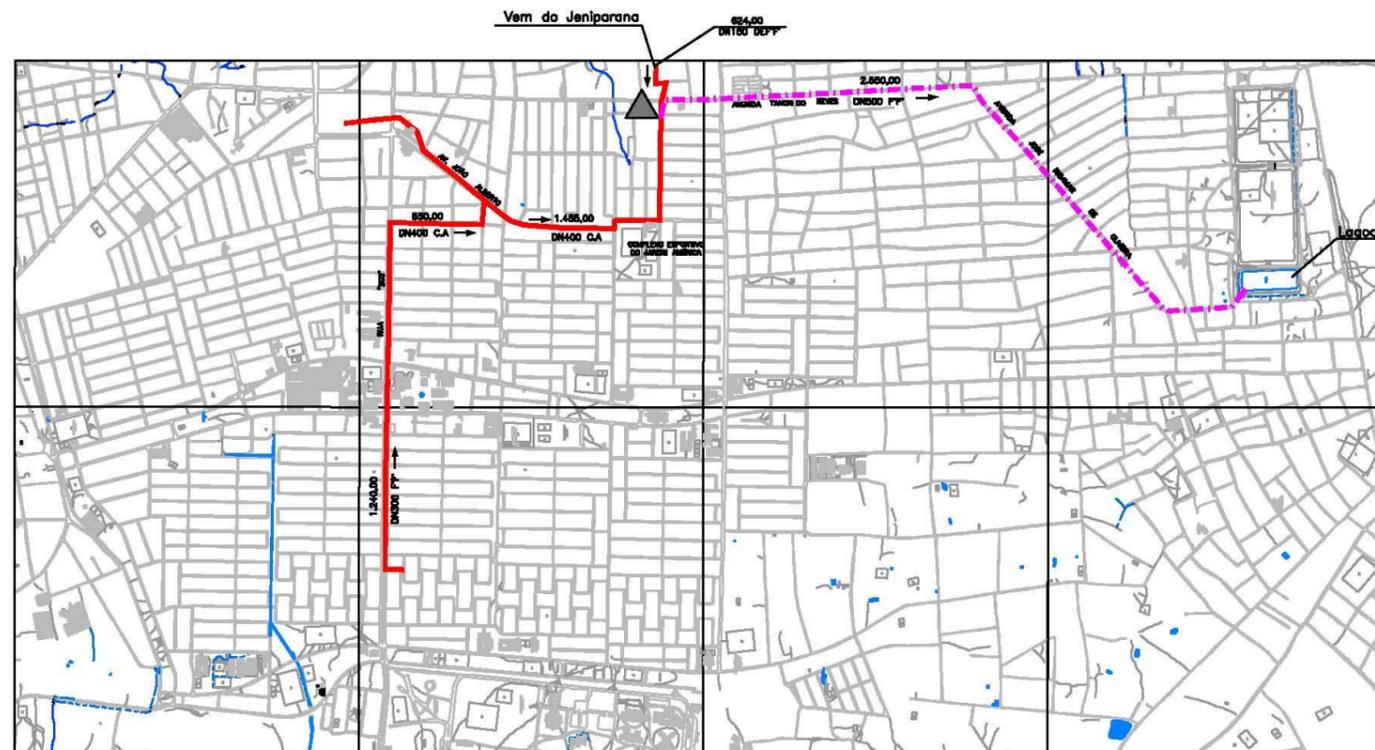
#### 4.2.1.5. Cidade Operária e Maiobão

As três estações elevatórias da Cidade Operária estão desativadas: Geniparana, Operária I e Operária II (Quadro 14). A elevatória Maiobão I estava desativada devido a um rompimento da linha de recalque, enquanto que a EE Maiobão II estava desativada há mais de 5 anos, tendo sobrado apenas o terreno, não existindo mais instalações físicas nem equipamentos.

Quadro 14 - Funcionamento e conservação das elevatórias existentes na Cidade Operária e no Maiobão.

<b>NOME DA ELEVATÓRIA</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2008)</b>	<b>EM OPERAÇÃO (2009)</b>	<b>ESTADO DE CONSERVAÇÃO</b>
Geniparana	Desativada	Desativada	Desativada há mais de 10 anos. Existe somente o terreno.
Operária I	Desativada	Desativada	Desativada há mais de 10 anos. Prédio com morador.
Operária II	Desativada	Desativada	Desativada há mais de 10 anos. Prédio em ruínas.
Maiobão	Parada	Sim	Bom estado

Fonte: CAEMA, 2008, 2009a.



CLASSIFICAÇÃO	APLICADO	ASSINADO	NOTAS: 1 - DETALHES ALTIMÉTRICOS E PLANIMÉTRICOS CONSULTAR EDIÇÃO ORIGINAL DAS ORTOFOTOS IDENTIFICADAS AO LADO.	LEGENDA: LINHA DE RECALQUE EXISTENTE INTERCEPTOR EXISTENTE ESTAÇÃO ELEVATORIA EXISTENTE	ARTICULAÇÃO DAS ORTOFOTOS: 	<b>ESSE</b> Engenharia e Consultoria	<b>COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO</b> CAEMA	ESCALA : A1: 1:10000 A3: 1:20000
	ALTERAÇÕES							PROJ.: DES.: MARCELO APROV.1: DATA: SETEMBRO/2008 APROV.2: DATA:

Figura 33 – Mapa dos componentes existentes da Cidade Operária. Fonte: CAEMA, 2008.

#### 4.2.2. Sistema de Esgotamento Sanitário Proposto para São Luís

Os Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de São Luís - Etapa 1 elaborados em 2008 incluem diversas obras nos Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga. O empreendimento se consiste na construção de novas redes coletoras, interceptores de esgoto, estações elevatórias, linhas de recalque (emissários de recalque) e duas Estações de Tratamento de Esgoto (Anil e Vinhais). Além das novas unidades, será feita a recuperação quando necessária do sistema existente que foi implantado ao longo de várias décadas por meio de projetos anteriores (CAEMA, 2009a).

O projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário existente de São Luís não precisava de reformulações em termos de concepção, porém as unidades do sistema precisavam de um redimensionamento por causa do crescimento populacional. Especialmente, os interceptores, as elevatórias, as linhas de recalque e as ETEs precisam de revisões. Por isso, o Projeto Executivo de 2008 sofreu mudanças em relação ao Projeto Básico de 1998 (CAEMA, 2008; CAEMA, 2009a).

Os interceptores foram planejados de acordo com a necessidade de coletar os lançamentos de esgotos in natura que eram feitos diretamente nos cursos d'água e talvegues, e transportá-los até uma unidade de tratamento. O traçado desse tipo de tubulação depende da topografia local e de vistorias de campo (CAEMA, 2009a).

Os sistemas Anil e Vinhais terão duas estações de tratamento que são similares em relação aos processos, porém diferem quanto ao porte. O esgoto coletado e transportado pelas redes coletoras e interceptores ao chegarem até a ETE irão passar pelo tratamento preliminar, seguido do tratamento primário e por fim, a desinfecção. Essas etapas estão descritas na figura 34. O tratamento preliminar consiste na utilização de grades, desarenador e no medidor de Parshall. Primeiramente, os sólidos de maiores dimensões serão retidos por uma grade manual e em seguida por grades mecanizadas. Os sólidos com densidade e dimensões parecidas com a da areia serão removidos pelo sistema de desarenação mecanizado. Ainda nessa etapa, o efluente será encaminhado a um canal para que sua vazão seja quantificada no medidor Parshall. Os materiais que foram extraídos nessa etapa são lançados em caçambas, que posteriormente serão esvaziadas em um aterro sanitário para disposição final (CAEMA, 2009a).

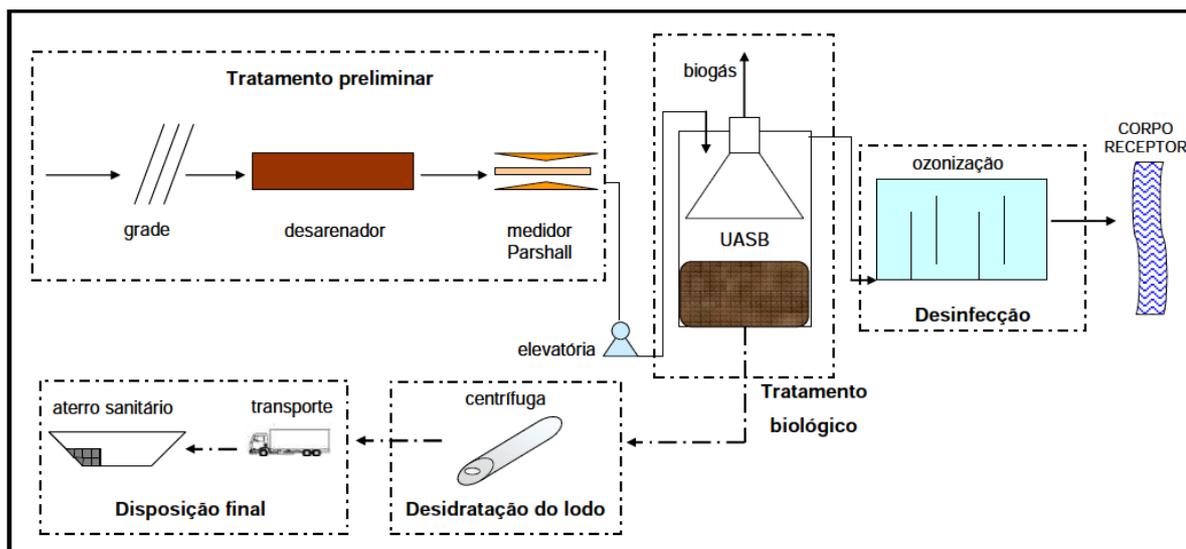


Figura 34 - Fluxograma do processo das Estações de Tratamento de Esgoto Anil e Vinhais. Fonte: CAEMA (2009).

Após a medição da vazão do esgoto, este será encaminhado para a estação elevatória que por meio de bombas submersíveis recalcará os esgotos para o tratamento primário, que consiste em reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). Esse é um reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência, que é responsável pela degradação anaeróbia da matéria orgânica que existe nos esgotos e pela estabilização do lodo gerado (CAEMA, 2009a).

Os produtos gerados por esse processão são o biogás, o lodo estabilizado e o efluente líquido. O biogás será conduzido para o queimador de gás, o lodo irá para o sistema de desidratação mecanizada e o efluente líquido será encaminhado para o processo de desinfecção com a utilização do ozônio (CAEMA, 2009a).

O processo de bioestabilização da matéria orgânica decomponível ocorre na câmara de digestão, que é a zona mais profunda dos reatores. Essas câmaras de digestão são delimitadas superiormente pelo separador trifásico, também chamado de coifa, que são dispositivos de retenção de biomassa (manta de lodo em suspensão) e de recolhimento do biogás. Os gases produzidos durante o processo bioquímico de digestão anaeróbia da matéria orgânica são o metano e o dióxido de carbono (CAEMA, 2009a).

O lodo produzido no sistema será levado para um poço de lodo, posteriormente sendo recalcado para o sistema de desidratação por centrífugas. A desidratação mecânica do lodo busca a redução do volume do lodo, pois esse processo demanda menos espaço em relação aos leitos de secagem (CAEMA, 2009a).

A escolha do ozônio para a desinfecção foi feita por causa da sua eficiência para destruir bactérias, vírus e cistos, pela geração do ozônio acontecer na própria ETE tendo como matérias primas apenas o ar e energia elétrica e pelo fato deste não dar origem a subprodutos que gerariam impactos a vida aquática do corpo receptor. A produção do ozônio ocorre pela combinação do ar com descargas elétricas em alta voltagem produzidas por um gerador. O ozônio será então aplicado através de difusores em um tanque de contato. Após a desinfecção, o efluente tratado será lançado no corpo receptor, que para as duas ETEs é o rio Anil (CAEMA, 2009a).

#### 4.2.2.1. Sistema Anil

O Projeto Executivo de 1998 planejou 43 quilômetros de rede coletora para o sistema Anil, além de dois interceptores. O interceptor Anil ME 1 se encontraria a montante da ETE Anil, e transportaria cerca de 45% dos esgotos produzidos pelo sistema Anil. Esse interceptor receberia os esgotos da elevatória Anil ME 1.1, transportando-os até a ETE. Já o interceptor Anil ME 2 englobaria a área a jusante da ETE Anil, incluindo o Projeto de Urbanismo Rio Anil e os conjuntos habitacionais que na época estavam em fase de implantação. Esse interceptor seria responsável pelo transporte de aproximadamente 55% dos esgotos do sistema. Esses dois interceptores teriam aproximadamente 5.800 metros (CAEMA, 2008, CAEMA, 2009a).

Existiam 12 estações elevatórias (EE) projetadas para esse sistema, sendo que 10 elevatórias funcionariam em linha nos interceptores, uma seria de reversão e existiria uma EE dentro da ETE Anil. O Quadro 15 apresenta essas EE, com a sua vazão e a extensão da linha de recalque.

Quadro 15 – Características das estações elevatórias propostas.

<b>Estação Elevatória de Esgoto</b>	<b>Vazão total recalçada (L/s)</b>	<b>Extensão da linha de recalque (m)</b>
Anil ME 1.1	9,10	368,00
Anil ME 1.2	27,10	370,00
Anil ME 1.3	34,70	310,00
Anil ME 1.4	39,40	396,00
Anil ME 1.5	43,60	590,00
Anil ME 1.6	70,40	458,00
Anil ME 2.1	37,40	165,00
Anil ME 2.2	44,50	160,00

Anil ME 2.3	58,90	558,00
Anil ME 2.4	80,00	434,00
Rua 4	5,50	165,00
ETE Anil	167,00	7,20

Fonte: CAEMA, 2009a.

A ETE Anil, que será implantada próxima à ponte do Caratatiua, será responsável por receber o esgoto de parte da bacia da margem esquerda do rio Anil através dos dois interceptores e das estações elevatórias.

Essa ETE irá beneficiar cerca de 56 mil moradores em quase 20 bairros de São Luís, como Anil, Liberdade, Camboa, Fé em Deus, Ivar Saldanha, Apedouro, Santa Cruz, Vera Cruz, Racional, Vila Palmeira, Barreto, Alemanha, Caratatiua, Monte Castelo, entre outros. A configuração técnica da ETE Anil vai permitir o tratamento de cerca de 100 litros de esgoto por segundo.

A vazão máxima prevista no projeto será de 162,32 L/s, que corresponde à vazão doméstica mais a infiltração nas tubulações de coleta (Quadro 16). A ETE Anil é composta por um tratamento preliminar que consiste em um desarenador composto por dois canais paralelos, sendo um efetivo e o outro reserva, duas grades de limpeza mecanizada, uma grade de limpeza manual e o medidor de vazão de Parshall, que é um equipamento aplicado na medição contínua de vazão de uma Estação de Tratamento de Esgoto. Enquanto que o tratamento primário da ETE contará com seis reatores UASB, que serão instalados em duas etapas, quatro na primeira etapa, e os outros dois em uma etapa futura. Cada reator possuirá quatro separadores trifásicos (coifas). Após os separadores, existem os compartimentos de decantação que são responsáveis por retornarem o lodo ao compartimento de digestão, proporcionando assim uma elevada idade do lodo no sistema e o baixo teor de sólidos no efluente final. O sistema de desinfecção consiste na aplicação de ozônio através de difusores em um tanque de contato (CAEMA, 2009a).

O lodo oriundo dos reatores UASB é encaminhado ao sistema de desidratação mecanizada. O lodo será recalcado para as centrífugas, onde polímeros serão injetados para melhorar a característica de desidratabilidade. A desidratação ocorrerá por meio de processos físicos nas centrífugas de eixo horizontal. O líquido drenado retornará para a estação elevatória de esgotos da ETE, enquanto que o lodo desidratado será acumulado em caçambas para ser posteriormente transportado para aterro controlado (CAEMA, 2009a).

Quadro 16 - Vazões ao longo dos anos para a ETE Anil.

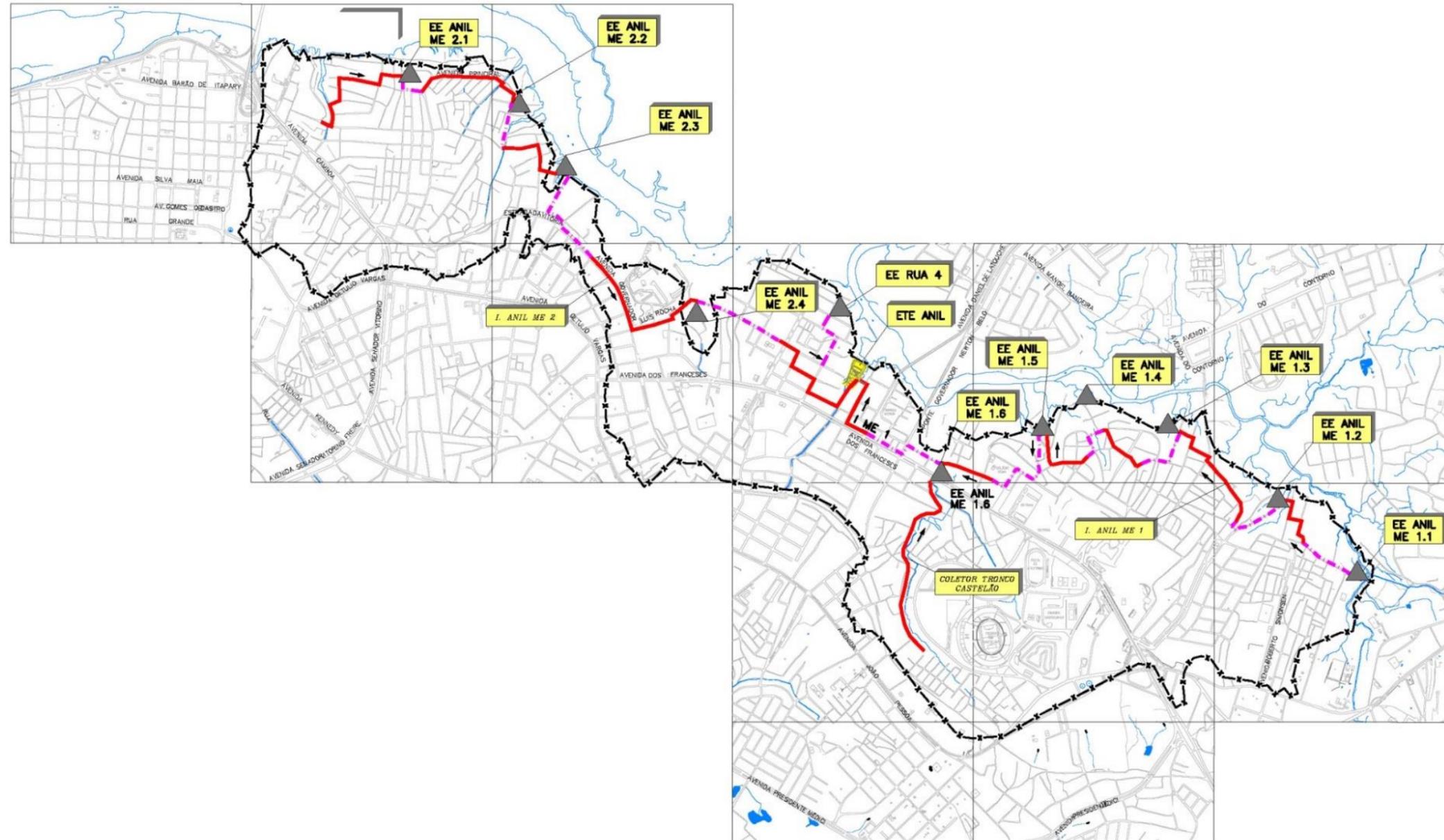
ANO	VAZÕES (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
2010	30,38	45,14	68,76
2015	34,91	54,19	85,05
2020	41,49	67,36	108,76
2025	52,10	88,59	146,96
2030	56,37	97,12	162,32

Fonte: CAEMA, 2009a

As obras de esgotamento sanitário de São Luís estão divididas entre as obras que receberam recursos do PAC 1 e do PAC 2. Essas informações, disponibilizadas pela CAEMA através de relatórios e planilhas de controle, trazem um panorama mais atual a respeito das obras que estão sendo desenvolvidas na cidade de São Luís. Esses dados são do período de abril, maio e junho de 2018.

Para o sistema Anil, a primeira fase do PAC inclui a construção da Estação de Tratamento de Esgoto; de cinco estações elevatórias (Anil ME 2.1, Anil ME 2.2, Anil ME 2.3, Anil ME 2.4 e a da ETE Anil – final); do interceptor ME 2 com extensão de aproximadamente 3.317,00 metros; de 3 km de rede coletora com 245 ligações prediais de esgoto; e 47 unidades de Kit's sanitários.

Entre as obras contidas no PAC 2 estão a construção de oito EEEs (Anil ME-1.1, Anil ME-1.2, Anil ME-1.3, Anil ME 1.4, Anil ME 1.5, Anil ME 1.6, Rua 4 e Castelão), a construção do Interceptor ME 1 com extensão de aproximadamente 2.527,85 metros, a construção do Coletor tronco Castelão com extensão de aproximadamente 1.871,80 metros, mais de 45 km de rede coletora contendo mais de 4000 ligações prediais de esgoto e 732 Kit's Sanitários.



CLASSIFICAÇÃO	AVULSO	NOTAS:	<b>LEGENDA:</b> -x-x- LIMITE DO SISTEMA ▲ ELEVATÓRIA PROJETADA ■ ETE ANIL	<b>ARTICULAÇÃO DAS ORTOFOTOS:</b> AL-14, AP-14, AQ-14 AM-15, AN-15, AO-15, AP-15, AQ-15 AD-16, AP-16, AQ-16 AD-17, AP-17	<b>ESSE</b> Engenharia e Consultoria	COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO CEMAR	ESCALA: A1= 1:10000 A3= 1:20000					
	c									RT	Projeto Executivo – ETAPA 1 DO SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS/SÃO LUIS SISTEMA ANIL	FOLHA 1
	b									PROJ.: Cidúlio von Sperling – crm nº 11.845/0 DES.: WELINGTON DATA: OUTUBRO/2008	VISTO: APROV.: DATA:	FIGURA 2.6.1 SISTEMA PROPOSTO

Figura 35 – Mapa do sistema Anil proposto. Fonte: CAEMA, 2009a.

#### 4.2.2.2. Sistema Vinhais

O sistema Vinhais terá 56 quilômetros de rede coletora e cinco novos interceptores. As extensões dos interceptores estão descritas no quadro 17.

Quadro 17 – Extensão dos interceptores propostos no sistema de esgotamento sanitário de Vinhais.

<b>Interceptor</b>	<b>Extensão (m)</b>
<b>Santos Dumont</b>	2.807,46
<b>Ingaúra 1</b>	2.205,00
<b>Ingaúra 2</b>	1.980,35
<b>Vinhais</b>	3.000,94
<b>Anil MD</b>	5.909,42

Fonte: CAEMA, 2009a

Os interceptores Santos Dumont, Ingaúra 1 e Ingaúra 2 lançam seus esgotos no interceptor Anil MD. Este último lança os efluentes sanitários na estação elevatória da ETE Vinhais. O último trecho do interceptor Anil MD também recebe o esgoto do interceptor existente Cohajap. O interceptor Vinhais também encaminha os esgotos para a elevatória da ETE Vinhais (CAEMA, 2009a).

Quadro 18 – Características das elevatórias propostas no sistema Vinhais.

<b>Estação Elevatória de Esgoto</b>	<b>Vazão total recalçada (L/s)</b>	<b>Extensão da linha de recalque (m)</b>
<b>Cohafuma</b>	18,00	373,00
<b>Base Aérea</b>	13,21	372,00
<b>Vinhais</b>	85,00	648,00
<b>Anil MD</b>	616,00	769,00
<b>Ipase</b>	629,70	1253,00
<b>João Castelo I</b>	5,00	342,00
<b>João Castelo II</b>	8,20	767,00
<b>ETE Vinhais</b>	1239,00	345,00

Fonte: CAEMA, 2009a

O sistema Vinhais tem a concentração de esgotos na ETE Vinhais. Essa ETE recebe as contribuições da margem direita do rio Anil, parte da margem esquerda do rio Anil e das reversões das bacias Paciência e Oceânica através de interceptores e estações elevatórias (CAEMA, 2008).

As vazões são calculadas em função dos valores estimados de extensão das redes coletoras e dos interceptores existentes. A vazão máxima afluyente à estação de tratamento é de 1236,91 L/s (CAEMA, 2009a).

Quadro 19 - Vazões ao longo dos anos para a ETE Vinhais.

ANO	VAZÕES (L/s)		
	Mínima	Média	Máxima
<b>2010</b>	161,41	260,97	420,26
<b>2015</b>	200,89	339,92	562,38
<b>2020</b>	269,08	476,30	807,86
<b>2025</b>	337,84	613,84	1.055,43
<b>2030</b>	388,26	714,66	1.236,91

Fonte: CAEMA, 2009a

A estrutura da ETE Vinhais é similar a da ETE Anil, com diferenças apenas em relação ao dimensionamento. Por exemplo, essa ETE contará com 48 reatores UASB que serão implantados em duas etapas, 24 em cada uma delas (CAEMA, 2009a).

Para o sistema Vinhais, a primeira fase do PAC inclui a construção da Estação de Tratamento de Esgoto; de quatro estações elevatórias (Anil MD, Ipase, Vinhais e ETE Vinhais); cinco interceptores (Santos Dumonto, Anil MD, Vinhais, Ingaúra I e Ingaúra II); quatro trechos de linhas de recalque (Anil MD, Ipase, Vinhais e Final); de 8km de rede coletora e 616 ligações domiciliares; e 63 kits sanitários (CAEMA, 2018c). Já a segunda etapa do PAC era constituída pela construção de cinco elevatórias (Cohajap, Cohafuma, Base Aérea, João Castelo I e João Castelo II); sete interceptores (Cohajap, Cohafuma, Gata Mansa, Isabel Cafeteira, Aurora, Turmalina, Vinhais 2); 105 km de rede coletora e 5.295 ligações prediais; e 1200 kits sanitários (CAEMA, 2018d).

Além disso, dentro da segunda fase do PAC para o sistema Vinhais foi feita a implantação e ampliação do esgotamento sanitário para os subsistemas do rio Claro e do rio Pimenta. O projeto contempla a execução dos seguintes itens: estação elevatória de esgoto do rio Claro, linha de recalque, interceptores rio Claro e Pimenta, rede coletora de esgotos e ramais prediais atendendo uma população de 34.548 pessoas até 2030, abrangendo os bairros Olho d'água, Parque Shalom e Jardim Atlântico.

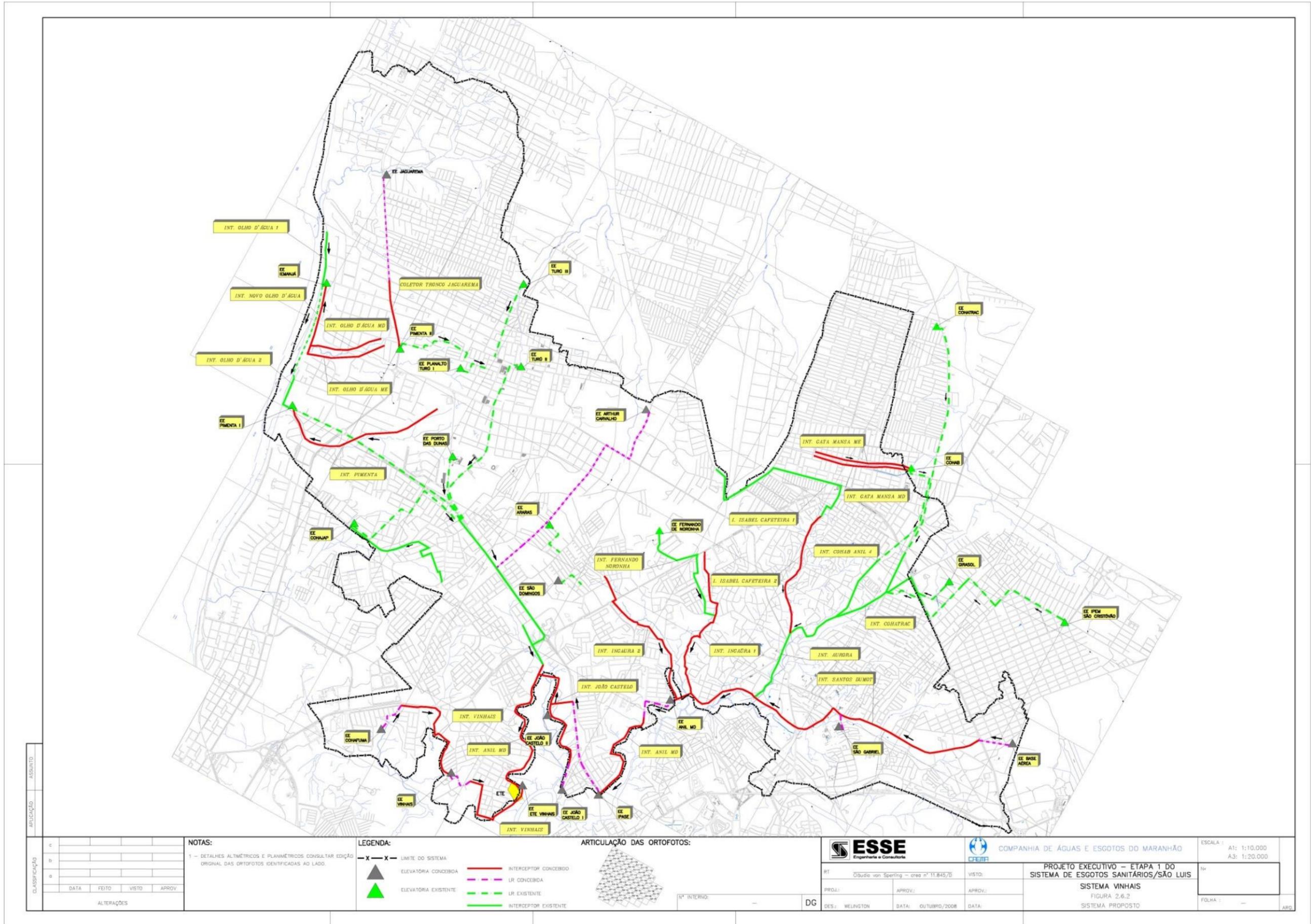


Figura 36 – Mapa do sistema Vinhais proposto. Fonte: CAEMA, 2009a.

#### 4.2.2.3. Sistema São Francisco

O sistema São Francisco contará com 41 quilômetros de rede coletora e mais seis interceptores (CAEMA, 2010). O primeiro trecho do interceptor Renascença lançará os esgotos na EEE Renascença, e o segundo trecho encaminhará os efluentes para um poço de visita (PV) existente no interceptor Jaracati. O interceptor São Francisco 1 receberá os esgotos da estação elevatória Ana Jansen 1.1, levando-os até a elevatória São Francisco 1.1. O segundo trecho deste mesmo interceptor, lançará os esgotos na EEE São Francisco 1.3. Em seguida, o interceptor São Francisco 1 receberá o interceptor São Francisco 2 e lançará os esgotos em um PV que está localizado próximo a ETE Jaracati. Já o interceptor São Francisco 3 encaminhará os esgotos em um interceptor que já existente, o São Francisco 4 (CAEMA, 2009a). O interceptor Canaã será praticamente todo construído em área verde até a estação elevatória Canaã, e o interceptor Ponta do Farol irá até à estação elevatória Ponta do Farol (CAEMA, 2010). A extensão de cada um desses interceptores está descrita no quadro 20.

Quadro 20 – Características dos interceptores propostos.

<b>Interceptor</b>	<b>Extensão (m)</b>
<b>Renascença</b>	1.507,75
<b>São Francisco 1</b>	2.606,60
<b>São Francisco 2</b>	925,68
<b>São Francisco 3</b>	471,59
<b>Canaã</b>	1.711,00
<b>Ponta do Farol</b>	802,00

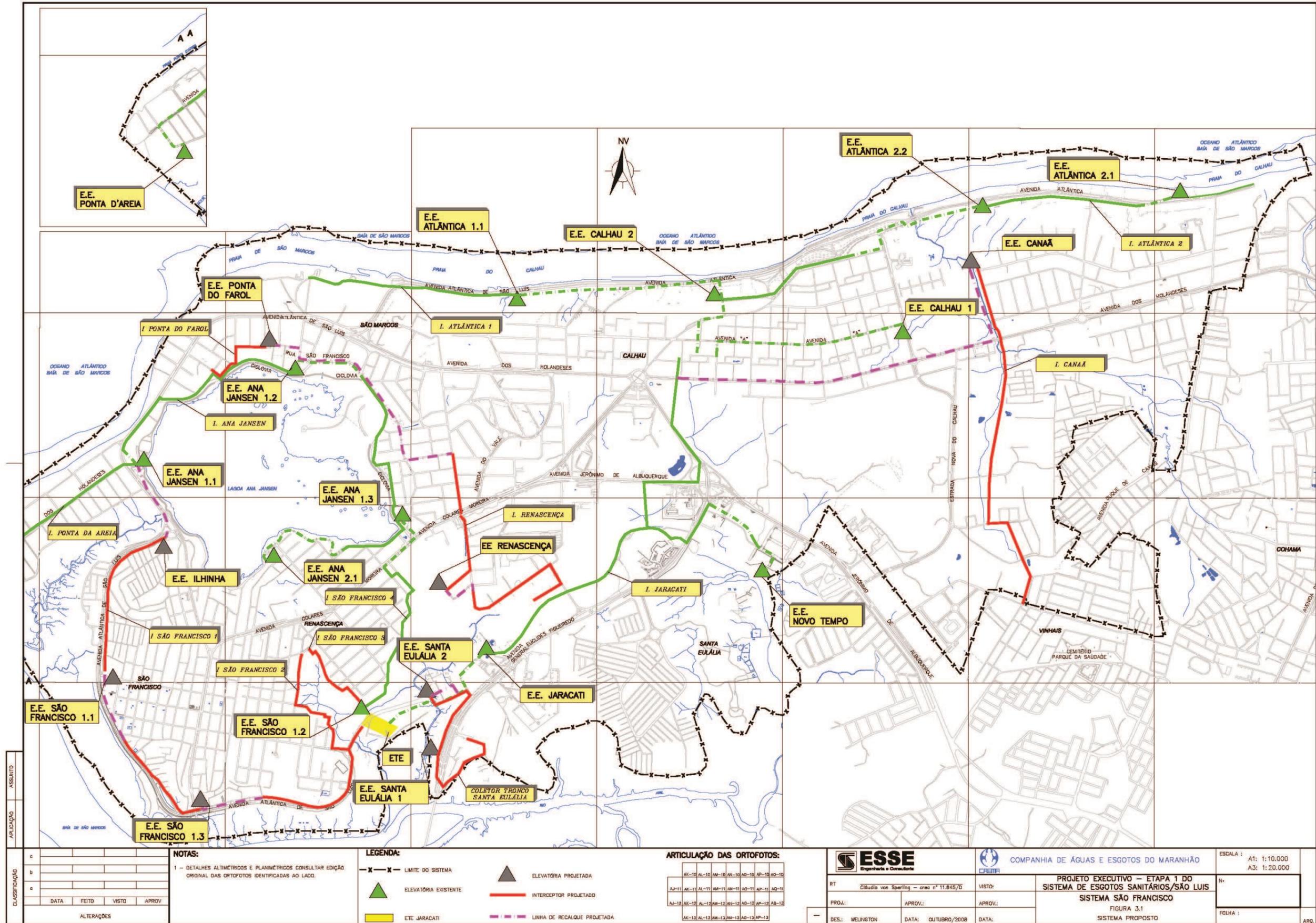
Fonte: CAEMA, 2009a; CAEMA, 2011.

Além das seis elevatórias novas, a elevatória Ana Jansen 1.1 terá o seu conjunto moto-bomba substituído para atender a nova situação da linha de recalque.

Quadro 21 – Características das estações elevatórias propostas.

<b>Estação Elevatória de Esgoto</b>	<b>Vazão total recalcada (L/s)</b>	<b>Extensão da linha de recalque (m)</b>
<b>São Francisco 1.1</b>	66,80	283,00
<b>São Francisco 1.3</b>	99,15	710,00
<b>Renascença</b>	47,36	306,00
<b>Ana Jansen 1.1 (Recomposição)</b>	23,50	418,00
<b>Santa Eulália</b>	5,20	270,00
<b>Canaã</b>	123,10	2.190,00
<b>Ponta do Farol</b>	23,00	1.615,00

Fonte: CAEMA, 2009a



#### 4.2.2.4. Sistema Bacanga

As redes coletoras, interceptores e estações elevatórias atuais do sistema Bacanga são insuficientes para transportar todos os esgotos gerados para a ETE existente. Por isso, no Projeto Executivo, foram propostas novas redes coletoras, interceptores e estações elevatórias. Nesse contexto, 51 quilômetros de rede coletora serão construídos, além de novos interceptores: Interceptor Bacanga 1 e 2. O interceptor 1 terá 3 estações elevatórias em seu percurso, para lançamento de esgotos na ETE, e sua extensão é de cerca de 4.600 metros. Já o interceptor Bacanga 2 terá uma extensão de 1600 metros com 2 estações elevatórias em linha, e lançará seus esgotos em um interceptor que já existe que também se chama Bacanga 2.

As cinco estações elevatórias que serão construídas nesse sistema estão descritas no quadro 22.

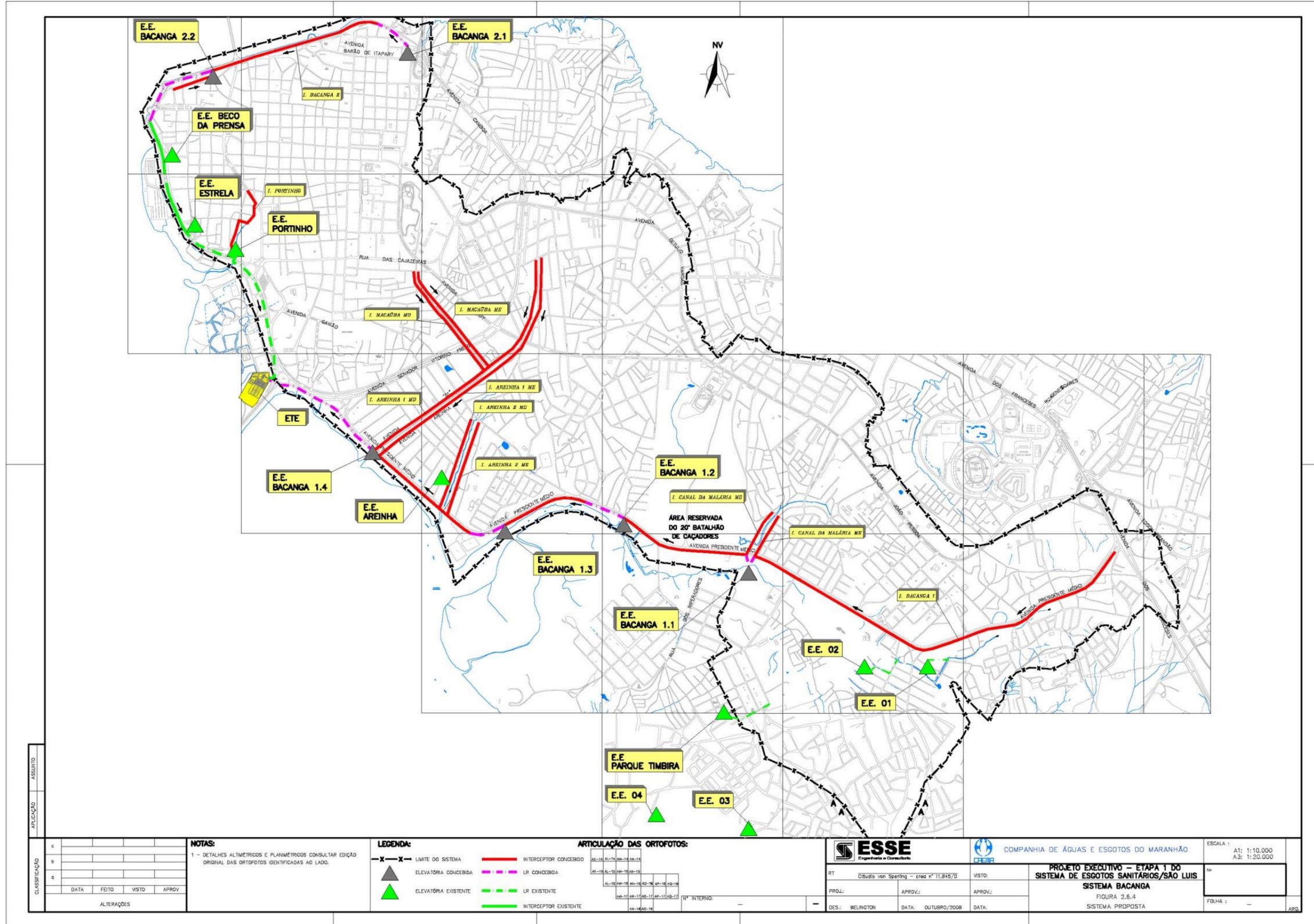
Quadro 22 – Características das elevatórias propostas para o Sistema Bacanga.

Estação Elevatória de Esgoto	Vazão total recalçada (L/s)	Extensão da linha de recalque (m)
<b>Bacanga 1.1</b>	187,00	537,00
<b>Bacanga 1.2</b>	280,00	280,00
<b>Bacanga 1.4</b>	435,80	309,00
<b>Bacanga 2.1</b>	7,50	769,00
<b>Bacanga 2.2</b>	41,28	160,00

Fonte: CAEMA, 2011a.

A ETE Bacanga, que já é existente, recebe as contribuições de esgoto das áreas à margem direita do rio Bacanga e de parte da margem esquerda do rio Anil. A Prefeitura está desenvolvendo um projeto para receber os esgotos da margem direita do rio Bacanga, juntamente com a ampliação da ETE (CAEMA, 2008).

As obras que estão em sendo implementadas no sistema Bacanga foram investimento do PAC 2 e do governo estadual do Maranhão. O empreendimento é composto pelas cinco ETE mencionadas acima, pelo Interceptor Bacanga 1 com extensão de 5.363 m, e também pelo interceptor Bacanga 2 com extensão de 830 m, por novos 51 km de rede coletora, por um novo Coletor Tronco de 4.858 m, por linhas de recalque que contabilizam 2.280m e por um total de 5.295 ligações domiciliares.



CLASSIFICAÇÃO	ASSUNTO	
	ARTICULAÇÃO	
	DATA	
	ALTERAÇÕES	

**NOTAS:**  
 1 - DETALHES ALTIMÉTRICOS E PLANIMÉTRICOS CONSULTAR EDIÇÃO ORIGINAL DAS ORTOFOTOS IDENTIFICADAS AO LADO.

**LEGENDA:**

- x—x— LIMITE DO SISTEMA
- ▲ ELEVATÓRIA CONCEBIDA
- ▲ ELEVATÓRIA EXISTENTE
- INTERCEPTOR CONCEBIDO
- INTERCEPTOR EXISTENTE
- LR CONCEBIDA
- LR EXISTENTE

**ARTICULAÇÃO DAS ORTOFOTOS:**

01-10	11-20	21-30	31-40	41-50
51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
101-110	111-120	121-130	131-140	141-150
151-160	161-170	171-180	181-190	191-200

1" INTERIO

**ESSE**  
 Engenharia e Consultoria

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO

RT: Círculo von Spiering - área nº 11.845/0

PROJ.: \_\_\_\_\_ APROV.: \_\_\_\_\_

DES.: WELINGTON DATA: OUTUBRO/2008

PROJETO EXECUTIVO - ETAPA 1 DO SISTEMA DE ESGOTOS SANITÁRIOS/SÃO LUIS SISTEMA BACANGA

FIGURA 2.6.4 SISTEMA PROPOSTA

ESCALA :  
 A1: 1:10.000  
 A3: 1:20.000

FOLHA : \_\_\_\_\_

Figura 38 – Mapa do sistema Bacanga proposto. Fonte: CAEMA, 2009a.

#### *4.2.3. Andamento das Obras de Esgotamento Sanitário*

Em junho de 2018, 100 km de rede coletora, de novos interceptores e de linhas de recalque já haviam sido construídos. Isso significa que apenas 27% da rede coletora planejada havia sido construída. A ETE Vinhais já estava funcionando, e as obras da ETE Anil estavam em andamento. Das trinta e quatro (34) estações elevatórias planejadas, apenas três haviam sido finalizadas e onze estavam no processo de construção. Além dessas obras, 3500 kits sanitários seriam instalados dentro da área dos sistemas de esgotamento. Os kits são compostos por estruturas de alvenaria com caixa d'água, banheiro com pia, chuveiro, vaso sanitário e revestimento, área de lavanderia com pia lavatório, fossa séptica e sumidouro. Cada kit sanitário está disposto em uma área construída de sete metros quadrado, porém nenhum foi instalado até a presente data.

A Companhia de Saneamento do Maranhão aponta que com as obras que já foram finalizadas, o índice de tratamento de esgoto da cidade de São Luís havia aumentado para 20%.

##### *4.2.3.1. Sistema Anil*

Os recursos para o Sistema de Esgotamento Sanitário Anil são oriundos do Ministério das Cidades e do Governo do Estado. As obras estão divididas entre o que foi financiado pelo PAC 1, e também pelo PAC 2. Para o sistema Anil, a primeira fase de implantação do Programa de Aceleração do Crescimento forneceu 77% dos recursos financeiros (19,9 milhões de reais) e o Governo Estadual, 23% (5,9 milhões de reais). Enquanto que na segunda etapa do PAC, o Ministério das Cidades direcionou 34 milhões de reais, e o governo do Maranhão aplicou 3 milhões de reais no setor (CAEMA, 2018a).

A construção da ETE Anil está em andamento, e as unidades operacionais que estão sendo construídas são o tratamento preliminar, os reatores, a estação elevatória de esgoto final, o tanque de contato, a central de desidratação, o canal de drenagem natural com gabião, a casa de operação, a casa de ozonização e o reservatório elevado de cinco m<sup>3</sup> (CAEMA, 2018a).



Figura 39 - Foto da visão geral da área da estação de tratamento de esgoto do Anil. Fonte: CAEMA, 2018a.

Cerca de 70% da ETE já foi construída. A elevatória final está com a construção em andamento na etapa das montagens hidromecânicas, pois a estrutura de concreto já foi executada. No tratamento preliminar, as comportas e o desarenador já estão prontos. Os reatores já estão com montagem das tubulações de efluentes concluídas na laje de topo, mas continuam sem a implantação das tubulações de gás. A construção dos blocos de concreto que servem de apoio às tubulações de lodo e efluentes no contorno do reator está em andamento (CAEMA, 2018a).

A casa de Ozonização possui apenas a laje de piso e parte das paredes de alvenaria finalizadas, e os módulos de ozonização já se encontram no canteiro, porém ainda não foram instalados no prédio. O Tanque de Contato, onde será realizada a desinfecção do esgoto recebido do reator já foi concretado até a laje de cobertura e as montagens hidromecânicas estão sendo desenvolvidas. O Canal de Gabião está com a construção em andamento. A estrutura da Central de Desidratação já foi concluída, enquanto que o reboco e a montagem de tubulação estão em andamento. A Casa de Operação já possui a laje de cobertura, mas a construção do telhado está em andamento. A previsão de inauguração da ETE Anil era para ser ao final do primeiro semestre de 2017, portanto esta obra encontra-se atrasada (CAEMA, 2018a).

A figura 40 representa o mapa do andamento das obras do sistema Anil. A edificação das elevatórias Anil ME 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 ainda não foi iniciada. A EE 1.6 começou a ser construída, porém encontra-se paralisada desde janeiro de 2018. A elevatória da Rua 8 também teve sua implantação paralisada nessa mesma época por causa da erosão que ocorria ao redor da sua área. A elevatória do Castelão teve sua edificação cancelada. A paralisção

das obras e a ausência de segurança do patrimônio público têm permitido a vandalização das obras abandonadas da EEE 1.6 e da Rua 04 (CAEMA, 2018b).

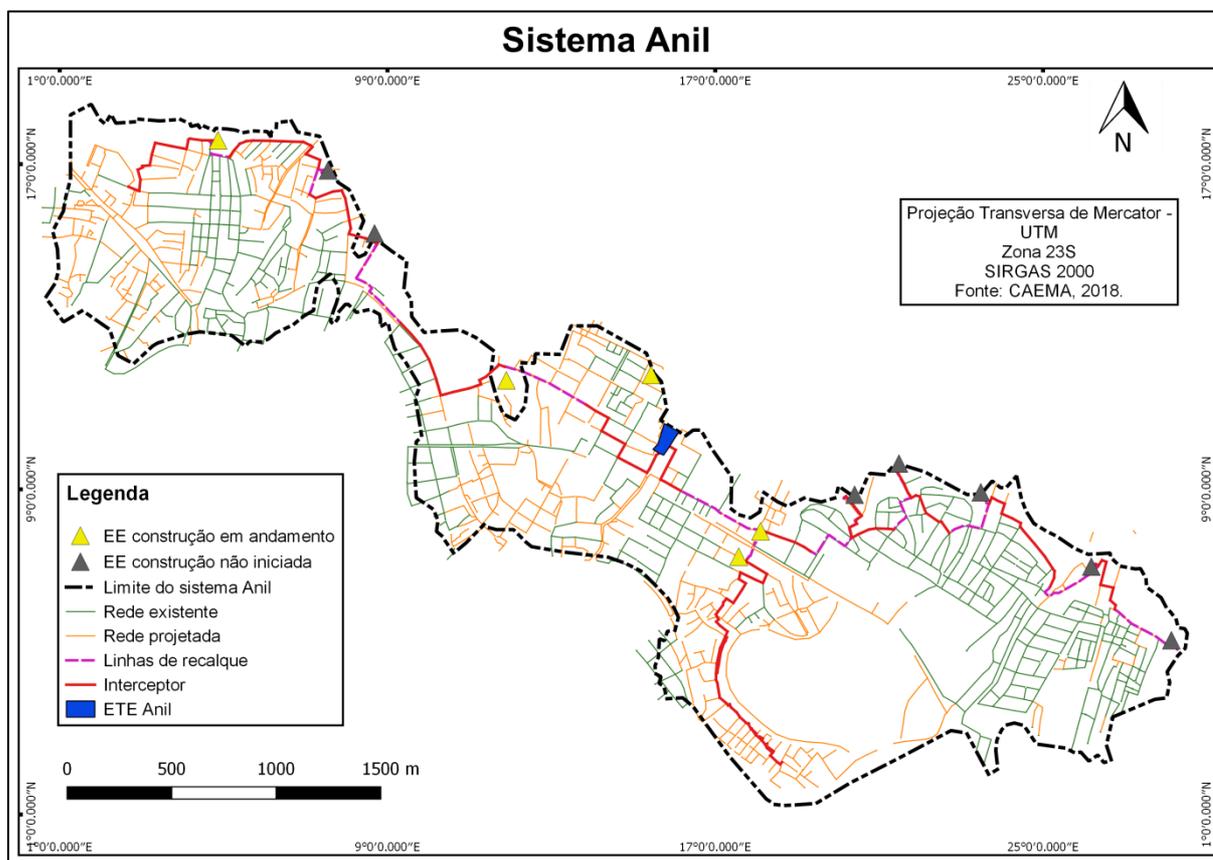


Figura 40 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Anil. Fonte: Elaborado pela autora.

A construção do Interceptor Anil ME 01 está em andamento, porém o seu avanço foi paralisado por causa do atraso que ocorre na implantação das elevatórias. As obras de instalação da rede coletora também se encontram paradas e somente cerca de 10% dos 45 km previstos foi construído. As obras das ligações prediais também estão paralisadas (CAEMA, 2018b).

Quadro 23 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Anil relacionadas ao PAC 2.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Anil ME 1.1	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 1.2	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 1.3	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 1.4	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 1.5	und	1,00	0,00	0,00%

EEE Anil ME 1.6	und	1,00	0,85	85,00%
EEE Rua 4	und	1,00	0,85	85,00%
L. Recalque - Anil ME 1.1	m	368,08	0,00	0,00%
L. Recalque - Anil ME 1.2	m	368,10	0,00	0,00%
L. Recalque - Anil ME 1.3	m	303,00	0,00	0,00%
L. Recalque - Anil ME 1.4	m	396,45	0,00	0,00%
L. Recalque - Anil ME 1.5	m	565,76	0,00	0,00%
L. Recalque - Anil ME 1.6	m	458,00	366,00	79,91%
L. Recalque - Rua 4	m	93,80	89,00	94,88%
Coletor Tronco Castelão	m	1.871,80	0,00	0,00%
Interceptor Anil ME 1	m	2.527,85	483,84	19,14%
Rede Coletora de Esgoto	m	46.628,45	4.930,94	10,57%
Ligação Predial de Esgoto	und	4.663,00	710,00	15,23%
Kit Sanitário	und	732,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

As obras da rede coletora relacionadas ao PAC 1 encontram-se paradas, porém quase 75% do que estava previsto para esse sistema já foi construído. As obras do interceptor Anil ME 2 estão em andamento, com a construção de 1.337,4 metros, o que significa que mais de 30% deste interceptor já foi instalado (CAEMA, 2018a).

Quadro 24 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Anil relacionadas ao PAC 1.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
Estação de Tratamento	Und	1,00	0,70	70,00%
EEE Anil ME 2.1	Und	1,00	0,85	85,00%
EEE Anil ME 2.2	Und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 2.3	Und	1,00	0,00	0,00%
EEE Anil ME 2.4	Und	1,00	0,75	75,00%
L. Recalque Anil ME 2.1	M	265,90	265,90	100,00%
L. Recalque Anil ME 2.2	M	162,38	0,00	0,00%
L. Recalque Anil ME 2.3	M	557,38	0,00	0,00%
L. Recalque Anil ME 2.4	M	274,60	274,60	100,00%
Interceptor Anil ME 2	M	4.342,10	1.337,40	30,80%
Rede Coletora de Esgotos	M	2.932,78	2.181,91	74,40%
Ligações Prediais de Esgoto	Und	293,00	173,00	59,04%
Kits Sanitários	Und	47,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

A EEE Anil ME 2.1 já foi 85% construída. A construção da EE Anil ME 2.2 ainda não começou por ausência de equipamento necessário, enquanto que a EE Anil ME 2.2 não foi iniciada por demora no processo de desapropriação. As obras civis da EE Anil ME 2.4 já estão em andamento, de maneira que sua execução se encontra em 70%.

A CAEMA aponta a necessidade de continuidade na execução das obras, e a tentativa de respeitar o planejamento e os prazos estabelecidos. Para que isso ocorra é preciso resolver problemas como a desapropriação das áreas que ainda estão ocupadas, com a respectiva indenização.

#### **4.2.3.2. Sistema Vinhais**

A Estação de Tratamento de Esgotos Vinhais está funcionando desde 2016, porém alguns problemas que permanecem não permitem a entrega por definitivo. A Estação Elevatória Final que se encontra dentro da ETE foi concluída e funcionando desde agosto de 2016. A EE Ipase já se encontra com 98% de obras concluídas, seu funcionamento depende apenas da conclusão de um pequeno trecho do emissário Anil MD, além de um trecho do recalque na saída da elevatória. A previsão de conclusão desta obra era junho de 2018. A EE Vinhais já está com 98% das suas obras concluídas.

A construção do interceptor Santos Dumont já foi iniciada, mas encontra-se paralisada, restam apenas 1.602 m a serem executadas. Essa obra está sendo replanejada para ser retomada. A obra do interceptor Anil MD também já está em andamento, e 95% de sua totalidade já foi realizado, faltando apenas pequenos trechos a serem construídos. A obra do interceptor Vinhais já teve 90% da sua execução realizada, restando somente um trecho de 260m. Tanto o interceptor Ingaúra I, quanto o Ingaúra II começaram a ser construídos, porém suas obras foram paralisadas.

A linha de Recalque da EEE Anil MD já foi 95% executada, faltando apenas 40m para sua conclusão. Sua conclusão depende da conclusão da elevatória Anil MD, que ainda não foi executada. A linha de recalque da elevatória final já foi concluída e encontra-se funcionando normalmente. A linha de recalque da elevatória Ipase também já foi concluída em sua totalidade. E por fim, a linha de recalque da elevatória Vinhais também já teve sua execução concluída. A construção da rede coletora de esgotos já começou e cerca de 413m já foi construído. Em contrapartida, nenhuma ligação domiciliar foi executada, assim como nenhum kit sanitário foi instalado.

O prazo final para a conclusão das obras do PAC é até o final de 2018, pois os prazos de prorrogação já foram esgotados. Esta obra se iniciou em 2012 com o prazo inicial de 18 meses, por isso a CAEMA aponta para uma ineficiência da empresa contratada para este empreendimento.

Quadro 25 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais relacionadas ao PAC 1.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
Estação de Tratamento	und	1,00	0,98	98,00%
EEE Vinhais	und	1,00	0,98	98,00%
EEE Ipase	und	1,00	0,95	95,00%
EEE Anil MD	und	1,00	0,10	10,00%
L. Recalque Vinhais	m	647,45	647,45	100,00%
L. Recalque Ipase	m	1.255,50	1.255,50	100,00%
L. Recalque Anil Md	m	769,30	769,30	100,00%
Interceptor Santos Dumont	m	1.760,97	0,00	0,00%
Interceptor Ingaúra 1	m	1.704,50	0,00	0,00%
Interceptor Ingaúra 2	m	845,86	450,00	53,20%
Interceptor Vinhais	m	1.609,97	671,26	41,69%
Interceptor Anil MD	m	5.909,42	5.532,92	93,63%
Rede Coletora de Esgotos	m	8.269,06	413,00	4,99%
Ligações Prediais de Esgoto	und	616,00	0,00	0,00%
Kits Sanitários	und	63,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

As obras civis da EE Cohajap já estão autorizadas e deveriam ter iniciado em abril de 2018, entretanto isso não aconteceu por causa de dificuldades da escavação do subsolo. A elevatória Cohafuma também não foi iniciada, por indefinição de terreno para sua construção. O terreno da EE Base Aérea já foi adquirido entretanto a construção ainda não foi iniciada pelo fato de que, as redes, interceptores e linha de recalque referente a este lote de obras, dependem da conclusão das obras do PAC I naquele setor da cidade. As elevatórias João Castelo I e II ainda não começaram a ser construídas por indefinição de terreno.

A obra do interceptor Cohajap já foi concluída. O interceptor Cohafuma já começou a ser construído e encontra-se em fase de conclusão. As obras dos interceptores João Castelo I e II ainda não foram iniciadas devido indefinições do projeto do seu caminhamento. O interceptor Gata Mansa já foi executado e encontra-se em pleno funcionamento. O interceptor Isabel Cafeteira ainda não começou a ser construído, pois depende da execução do interceptor Santos Dumont, que ainda não foi concluído para sua funcionalidade. A construção do interceptor Aurora e do Turmalina também foi paralisada por causa da dependência do interceptor Santos Dumont. Por fim, o interceptor Vinhais 2 não foi iniciado, mas está dentro da programação de obras para o segundo semestre de 2018.

A implantação da rede coletora já foi iniciada e já se instalou 26.087 metros nos bairros Recanto Vinhais, Novo Angelim, Angelim, Anil, Bequimão, Cantinho do Céu e

Residencial Pinheiro I e II, que representa 24,80% das ligações previstas. Estas obras encontram-se em ritmo lento, estamos aguardando penas a diminuição do período chuvoso para que possam ser aceleradas. Já foram implantadas 750 ligações domiciliares, que representa 14% das ligações previstas e continuam ainda sendo implantadas nos bairros Cantinho do Céu. Nenhum kit sanitário foi instalado.

Quadro 26 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais relacionadas ao PAC 2.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Base Aérea	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Cohafuma	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Cohajap	und	1,00	0,00	0,00%
EEE João Castelo I	und	1,00	0,00	0,00%
EEE João Castelo II	und	1,00	0,00	0,00%
L. Recalque Base Aérea	m	377,79	0,00	0,00%
L. Recalque Cohafuma	m	372,79	0,00	0,00%
L. Recalque Cohajap	m	1.945,17	1.945,17	100,00%
L. Recalque João Castelo I	m	342,69	0,00	0,00%
L. Recalque João Castelo Ii	m	766,67	0,00	0,00%
Interceptor Aurora	m	1.134,70	340,00	29,96%
Interceptor Cohajap	m	2.047,63	2.047,63	100,00%
Interceptor Gata Mansa	m	792,00	792,00	100,00%
Interceptor Turmalina	m	1.796,70	0,00	0,00%
Interceptor Vinhais Ii	m	1.553,50	0,00	0,00%
Interceptor Isabel Cafeteira	m	5.911,80	0,00	0,00%
Rede Coletora de Esgotos	m	105.461,90	20.440,00	19,38%
Ligações Prediais de Esgoto	und	10.130,00	640,00	6,32%
Kits Sanitários	und	1.290,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

A localização das obras do sistema Vinhais está representada no mapa da figura 41.

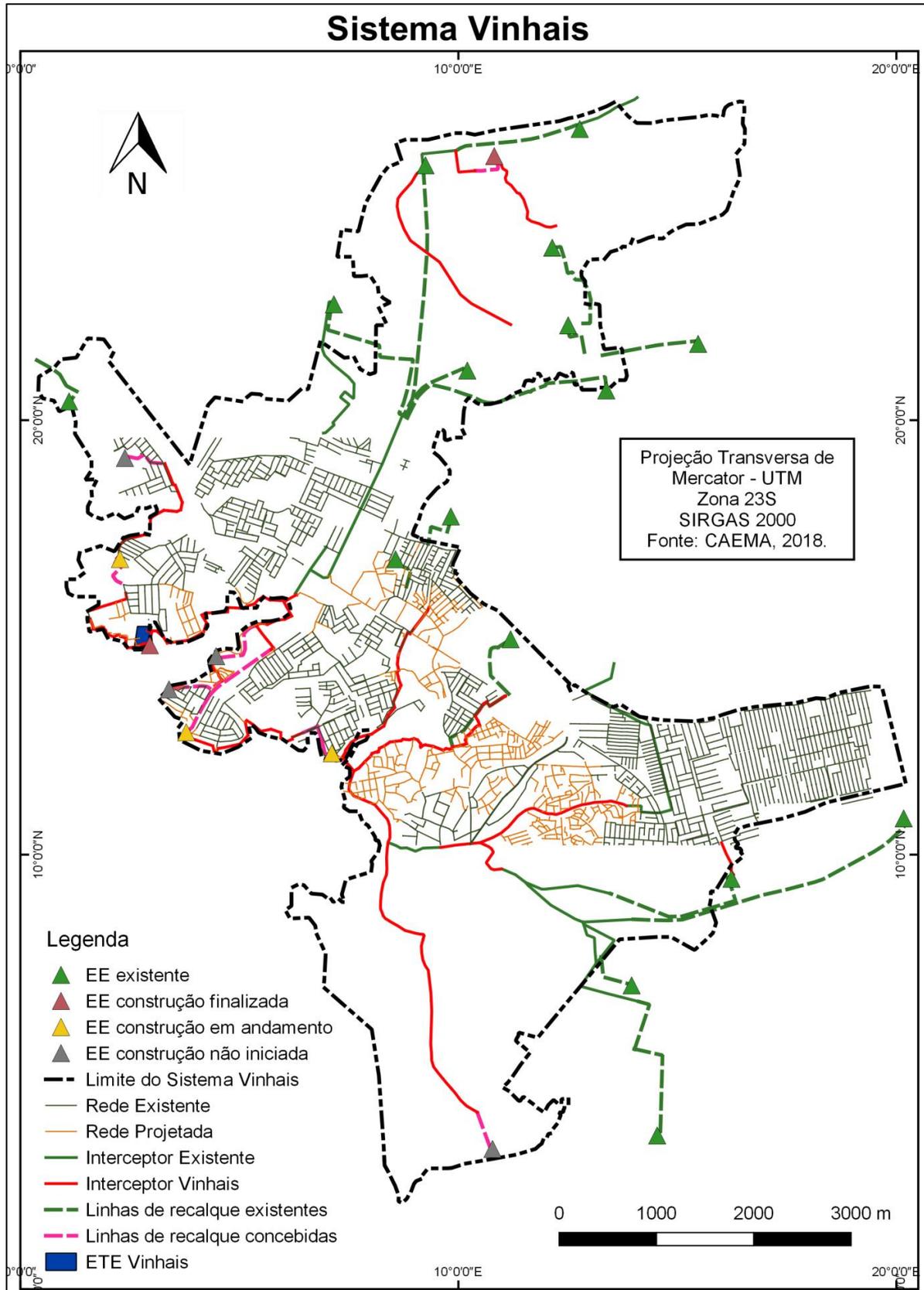


Figura 41 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Vinhais. Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema Vinhais possui o subsistema do Rio Claro e Rio Pimenta, responsáveis por interceptar o esgoto que era direcionado para esses cursos d'água. A Estação Elevatória de Esgoto Rio Claro já está pronta, no enquanto para que a elevatória comece a funcionar, o interceptor Rio Claro precisa ser concluído, que dessa forma irá coletar os esgoto da rede coletora e conduzi-lo até a elevatória. Cerca de 890 m do interceptor Rio Claro já foi executado, porém ainda restam ainda 250 m a serem construídos na região do Olho d'água. A linha de recalque do Rio Claro já foi concluída

O interceptor Pimenta já teve 90% da sua obra executada (2.310 m), restam apenas 260 metros a serem construídos. Uma parte considerável do interceptor está em funcionamento na bacia do rio pimenta coletando o esgoto da região. No entanto, atualmente a execução encontra-se parada ao aguardar a desapropriação de um trecho do terreno. Em relação às redes coletoras de esgoto, 75% já foram construídas. Esse valor corresponde a 22.910, 19 metros. Em resumo, as redes coletoras e os ramais prediais da bacia do Rio Pimenta e do Rio Claro já estão praticamente concluídos.

Quadro 27 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Vinhais das sub-bacias dos rios Pimenta e Claro relacionadas ao PAC 2.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Rio Claro	und	1,00	1,00	100,00%
L. Recalque Rio Claro	m	450,26	450,26	100,00%
Interceptor Rio Claro	m	1.009,50	883,50	87,52%
Interceptor Pimenta	m	3.125,52	2.310,12	73,91%
Rede Coletora de Esgoto	m	30.347,98	22.910,19	75,49%
Ligações Prediais de Esgoto	und	2.915,00	1.799,00	61,72%

Fonte: CAEMA, 2018.

#### 4.2.3.3. Sistema São Francisco

O sistema São Francisco com o andamento das suas obras está disposto no mapa da figura 42.

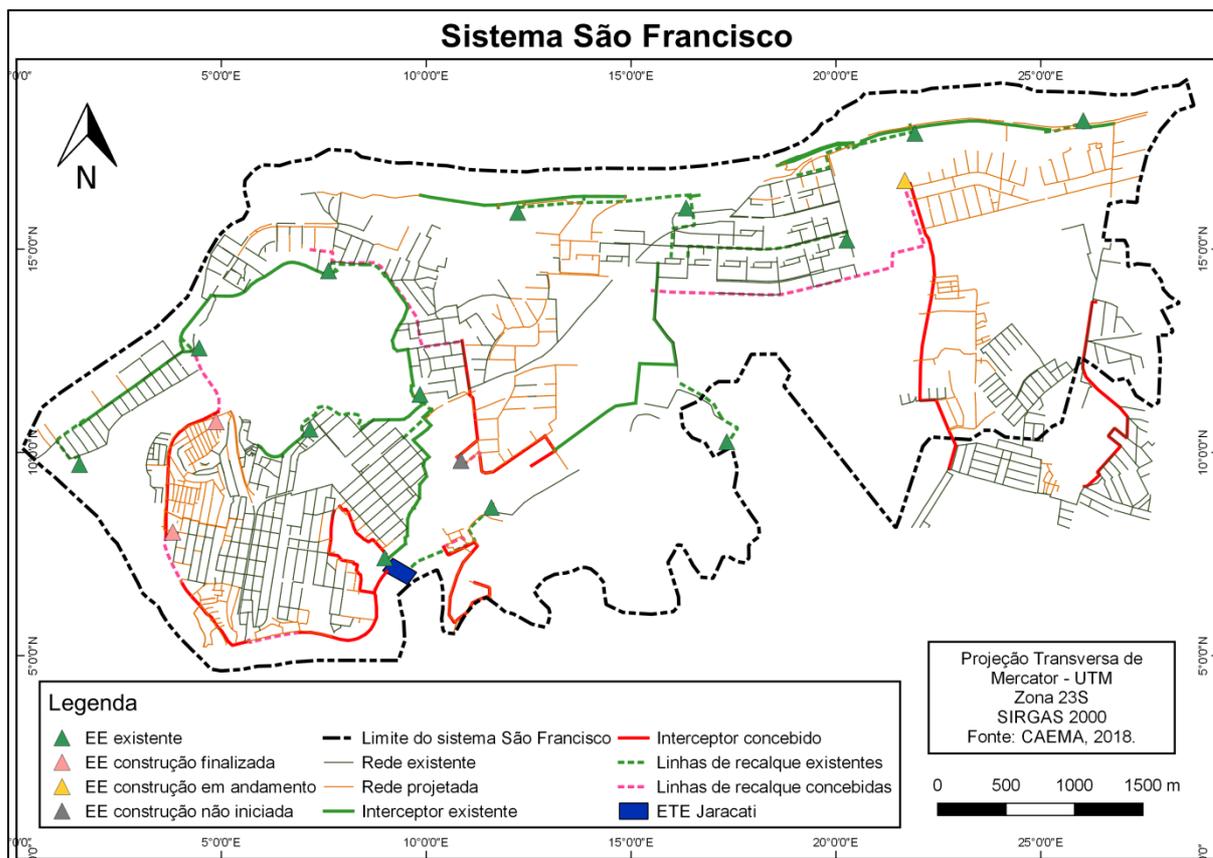


Figura 42 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema São Francisco. Fonte: Elaborado pela autora.

As obras desse sistema também estão distribuídas entre as que pertencem ao financiamento do PAC 1 e do PAC 2. A maior parte das obras do PAC 1 ainda não foi implementada, como é possível ver no quadro 28. Apenas um trecho do coletor-tronco da ponta da areia foi construído. Não se obteve acesso ao que está impedindo o início da execução dessas obras. A construção da EE Renascença ainda não começou, assim como a reforma da EE Ana Jansen 1.1.

Quadro 28 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco relacionadas ao PAC 1.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Renascença	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Ana Jansen 1.1	und	1,00	0,00	0,00%
L. Recalque Renascença	m	302,50	0,00	0,00%
Interceptor Renascença	m	152,00	0,00	0,00%
Interceptor S. Francisco 2	m	812,68	0,00	0,00%
Interceptor S. Francisco 3	m	471,59	0,00	0,00%

Coletor Tronco P. D'areia	m	947,00	280,00	29,57%
Rede Coletora de Esgotos	m	8.231,84	0,00	0,00%
Ligações Prediais de Esgoto	und	823,00	0,00	0,00%
Kits Sanitários	und	99,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

Por outro lado, as obras relacionadas ao PAC 2 tiveram um avanço mais bem sucedido, se comparadas com a do PAC 1. As elevatórias São Francisco 1.1 e 1.3 já tiveram sua construção iniciada e concluída, porém não se obteve informações a respeito do funcionamento dessas duas estações. Além disso, cerca de 9.700 metros de rede coletora já foram construídos e 230 ligações prediais foram realizadas. Esses resultados estão apresentados no quadro abaixo.

Quadro 29 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco relacionadas ao PAC 2.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Ilhinha	und	1,00	0,00	0,00%
EEE S. Eulália 1	und	1,00	0,00	0,00%
EEE S. Eulália 2	und	1,00	0,00	0,00%
EEE Ponta do Farol	und	1,00	0,00	0,00%
EEE S. Francisco 1.1	und	1,00	1,00	100,00%
EEE S. Francisco 1.3	und	1,00	1,00	100,00%
L. Recalque Ilhinha	m	131,60	0,00	0,00%
L. Recalque S. Eulália 1	m	230,32	0,00	0,00%
L. Recalque S. Eulália	m	270,00	0,00	0,00%
L. Recalque Ponta do Farol	m	1.615,00	0,00	0,00%
Interceptor Ponta do Farol	m	802,00	0,00	0,00%
Rede Coletora de Esgoto	m	38.260,32	9.739,37	25,46%
Ligação Predial de Esgoto	und	3.826,00	230,00	6,01%
Kit Sanitário	und	459,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018

O sistema São Francisco possui também o subsistema do Rio Canaã, que conta com a construção de uma elevatória, um interceptor, uma linha de recalque, 8,6 km de rede coletora e mais de 900 ligações prediais.

A execução da obra desse subsistema consiste da jusante para montante, pois, os ramais prediais, redes coletoras e interceptor Canaã, respectivamente, devem conduzir o esgoto para a Elevatória Canaã por gravidade e daí para Estação de Tratamento do Jaracaty (CAEMA, 2018f). A obra iniciou com a execução da EEE Canaã. Posteriormente, começou a execução da linha de recalque, do interceptor, das redes coletoras e dos ramais prediais. Esse

método de construção possibilita apenas uma interferência nas vias públicas (CAEMA, 2018f).

Portanto, a obra tem basicamente duas fases. A primeira fase consiste em dar funcionalidade ao sistema com a execução da elevatória, linha de recalque, interceptor, redes coletoras e ramais prediais. E a segunda fase consiste na ligação interna dos imóveis nos ramais prediais por parte dos moradores (CAEMA, 2018f).

Quadro 30 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema São Francisco da sub-bacia Canaã relacionadas ao PAC 1.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Canaã	und	1,00	0,70	70,00%
L. Recalque Canaã	m	2.190,00	144,00	6,58%
Interceptor Canaã	m	2.437,00	1.041,00	42,72%
Rede Coletora de Esgotos	m	8.623,40	3.000,00	34,79%
Ligações Prediais de Esgoto	und	966,00	50,00	5,18%

Fonte: CAEMA, 2018.

Cerca de 70% da construção da EEE Canaã já foi executada, incluindo toda a parte de construção civil, restando a parte de montagem elétrica e hidráulica. Apenas 6% da linha de recalque da EEE Canaã foi implantada, 3000 metros de rede coletora foi construída, e 50 ligações prediais foram instaladas. Mais de 1000 metros do interceptor Canaã já foram implantados, cuja maior parte se localiza nas margens do rio Calhau. Com aumento do volume de precipitação da chuva desse ano na cidade de São Luís aumentou a vazão do rio deixando o solo encharcado, tornando inviável a implantação do interceptor por causa dos altos custos envolvidos nas escavações (CAEMA, 2018f).

#### 4.2.3.4. Sistema Bacanga

As obras do sistema Bacanga estão dispostas no mapa da figura 43, inclusive a situação do seu andamento.

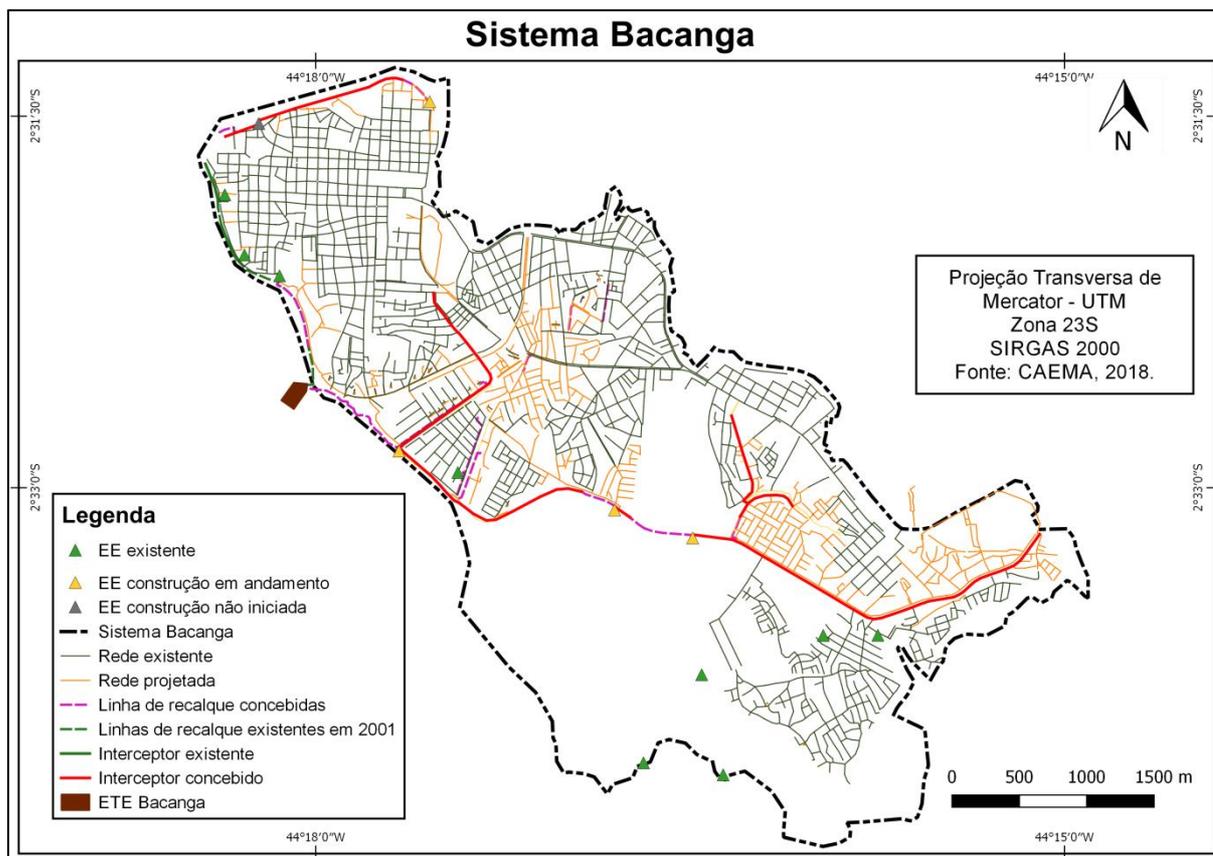


Figura 43 - Mapa do andamento das obras de esgotamento no sistema Bacanga. Fonte: Elaborado pela autora.

As obras civis da EE Bacanga 1.1 já se iniciaram, estima-se que tenha sido executado 65% da obra. A obra foi retomada a no mês de março de 2018 e sua construção está em ritmo lento. Já foi dado mais um aditivo de prazo de 360 dias para sua conclusão. A construção da EE 1.2 também foi iniciada, está em execução e estima-se que já tenha sido executado aproximadamente 32% da obra. A elevatória 1.4 teve 10% da sua construção realizada. Em relação à elevatória 2.1, foi feito apenas o aterro e reforço do solo, mas a obra encontra-se parada em função da necessidade da contratação de um arqueólogo, exigido pela IPHAN, pelo fato da obra está localizada na área do patrimônio histórico de São Luís. A instalação da EE 2.2 ainda não começou pelo mesmo motivo da elevatória 2.1 (CAEMA, 2018g).

A obra do Interceptor Bacanga 1 já foi iniciada, mas ainda não foi concluída. As condições meteorológicas caracterizadas pelas fortes chuvas tornaram sua execução bem lenta. Restam apenas 220m de tubulação a ser construída. Por sua vez, a construção do Interceptor Bacanga 2 não foi iniciada ausência de um Arqueólogo para acompanhar as escavações, pois a região pertence ao patrimônio histórico de São Luís (CAEMA, 2018g).

A construção da rede coletora do sistema Bacanga está em andamento e cerca de 10 km já haviam sido implantados no bairro Retiro Natal, bairro de Fátima, Belira e Coroadó. O

que já foi executado representa 18% do total da rede que está sendo implantada, e em breve as redes que já foram instaladas estarão em funcionamento. Em relação às ligações domiciliares, já havia sido instaladas 560 ligações (21% do total previsto). Os Kit's sanitários não foram implantados, pois para que o imóvel possa receber esse benefício, a Caixa Econômica Federal exige a escritura e as regiões de periferia não possuem essa informação (CAEMA, 2018g).

Quadro 31 - Planilha de controle do andamento das obras de esgotamento sanitário no sistema Bacanga relacionadas ao PAC 2.

Composição Física do Empreendimento			Andamento da obra	
COMPONENTE	Unidade	Total a ser instalado	Quantidade instalada	Percentual instalado
EEE Bacanga 1.1	und	1,00	0,65	65,00%
EEE Bacanga 1.2	und	1,00	0,32	32,00%
EEE Bacanga 1.4	und	1,00	0,10	10,00%
EEE Bacanga 2.1	und	1,00	0,05	5,00%
EEE Bacanga 2.2	und	1,00	0,00	0,00%
L. Recalque Bacanga 1.1	m	536,66	500,00	93,17%
L. Recalque Bacanga 1.2	m	288,29	270,00	93,66%
L. Recalque Bacanga 1.4	m	987,47	950,00	96,21%
L. Recalque Bacanga 2.1	m	308,60	0,00	0,00%
L. Recalque Bacanga 2.2	m	158,96	0,00	0,00%
Coletor Areinha	m	609,00	0,00	0,00%
Coletor Macaúbas	m	1.250,00	0,00	0,00%
Coletor Malária	m	2.999,00	376,00	12,54%
Interceptor Bacanga 1	m	4.625,05	4.350,00	94,05%
Interceptor Bacanga 2	m	1.568,00	0,00	0,00%
Rede Coletora de Esgoto	m	57.593,28	10.430,00	18%
Ligação Predial de Esgoto	und	2.648,00	560,00	21,00%
Kit Sanitário	und	902,00	0,00	0,00%

Fonte: CAEMA, 2018.

A empresa contratada para execução da obra relata que não dispõe nem de estrutura, nem de mão-de-obra, nem de equipamentos para concluir o empreendimento no prazo estipulado. O setor de fiscalização da Companhia já notificou a empresa, porém a aceleração das obras ainda não ocorreu (CAEMA, 2018g).

Além das obras de responsabilidade da CAEMA, a prefeitura de São Luís lançou o Programa Bacia do Bacanga, que é responsável pelo desenvolvimento do sistema de esgotamento sanitário da região Itaqui-Bacanga. Estão sendo construídos 71,5 km de rede de esgoto com 31,1 mil ligações condominiais e 802 módulos sanitários. Serão beneficiados 30 bairros e uma população de mais de 110 mil pessoas (PREFEITURA DE SÃO LUÍS, 2018)

#### 4.2.4. *Visitas de Campo*

A visita a ETE Bacanga que ocorreu em julho de 2018 trouxe informações a respeito do atual funcionamento da estação de tratamento, inclusive informações que não foram disponibilizadas na sede da CAEMA. Na época da visita, a estação de tratamento não estava funcionando, e de acordo com o relato da funcionária da ETE, estava parada há mais de quatro meses. O motivo do não funcionamento era que a estação elevatória do Portinho estava quebrada, e essa EE é responsável por direcionar os esgotos para a ETE. No entanto, mesmo que o esgoto chegasse até a estação, este não seria tratado, pois os equipamentos de tratamento se encontram em situação de deterioração e muitos não funcionam.

No tratamento preliminar, o filtro nem o desarenador estavam operando, por isso nem a areia presente nos efluentes estava sendo retirada. A máquina de ozonização também estava quebrada. Os tanques de secagem possuíam dejetos, lodo e água parada acumulados, além de vegetação estar crescendo dentro deles. O laboratório da estação não estava em funcionamento.

A situação de abandono estava aparente na ETE, pois os prédios estavam todos em péssima qualidade, com a sua estrutura física comprometida. A casa da administração estava com problemas de infiltração e de mofo. Toda a área da ETE apresentou crescimento de vegetação típico da falta de manutenção. Além disso, foi possível notar uma infestação de maribondos em vários prédios da estação, configurando até um risco para os funcionários da CAEMA que permanecem na ETE Bacanga. Na área do local também estava era possível notar a existência de cachorros e gatos de rua.



Figura 44 - Fotos da Estação de Tratamento Bacanga, sendo que: a) Tratamento preliminar; b) Reatores (tratamento primário); c) Lodo parado nos reatores; d) Casa da Administração; e) Tanques de secagem com crescimento de vegetação; f) Casa de ozonização em detalhe infestação de maribondos no teto. Fonte: Autoria própria.

Em suma, pode-se verificar que a ETE Bacanga está abandonada e sua vazão é de 0 L/s. Na época da campo, uma visita do Ministério Público estava agendada para investigar a situação, porém não se tem conhecimento do andamento da situação.

A visita a ETE Vinhais, diferentemente da ETE Bacanga, mostrou como é uma estação de tratamento em pleno funcionamento. A vazão de efluentes que chegam até a ETE é aferida na entrada da elevatória final. A vazão máxima da estação é 360 L/s, porém atualmente está funcionando com apenas metade da sua capacidade. A média diária tem sido cerca de 28 L/s (100 m<sup>3</sup>/h), e durante a visitação o medidor de Parshall marcava entre 60 e 80 metros cúbicos por hora.



Figura 45 - Medidor de vazão Parshall na entrada da elevatória final da ETE Vinhais. Fonte: Autoria própria.

Na etapa do tratamento preliminar, um dos desarenadores está funcionando enquanto que o outro precisa de manutenção. No tratamento primário, três reatores já estão operando enquanto que os outros três ainda não estão funcionando, porém estavam na fase de finalização. O queimador de gás ainda não estava operando na época da visita.

A centrífuga de desidratação de lodo está pronta, no entanto ainda não funciona porque não houve um treinamento para capacitar os funcionários da CAEMA para utilizá-la. Por isso, o lodo está se acumulando dentro dos reatores em virtude da dificuldade de disposição do lodo. Este deveria ser transportado para ETE Jaracati, entretanto existem poucos caminhões disponíveis para realizar essa disposição. Os ozonizadores da ETE Vinhais estão em pleno funcionamento, e conseqüentemente os tanques de contato também.

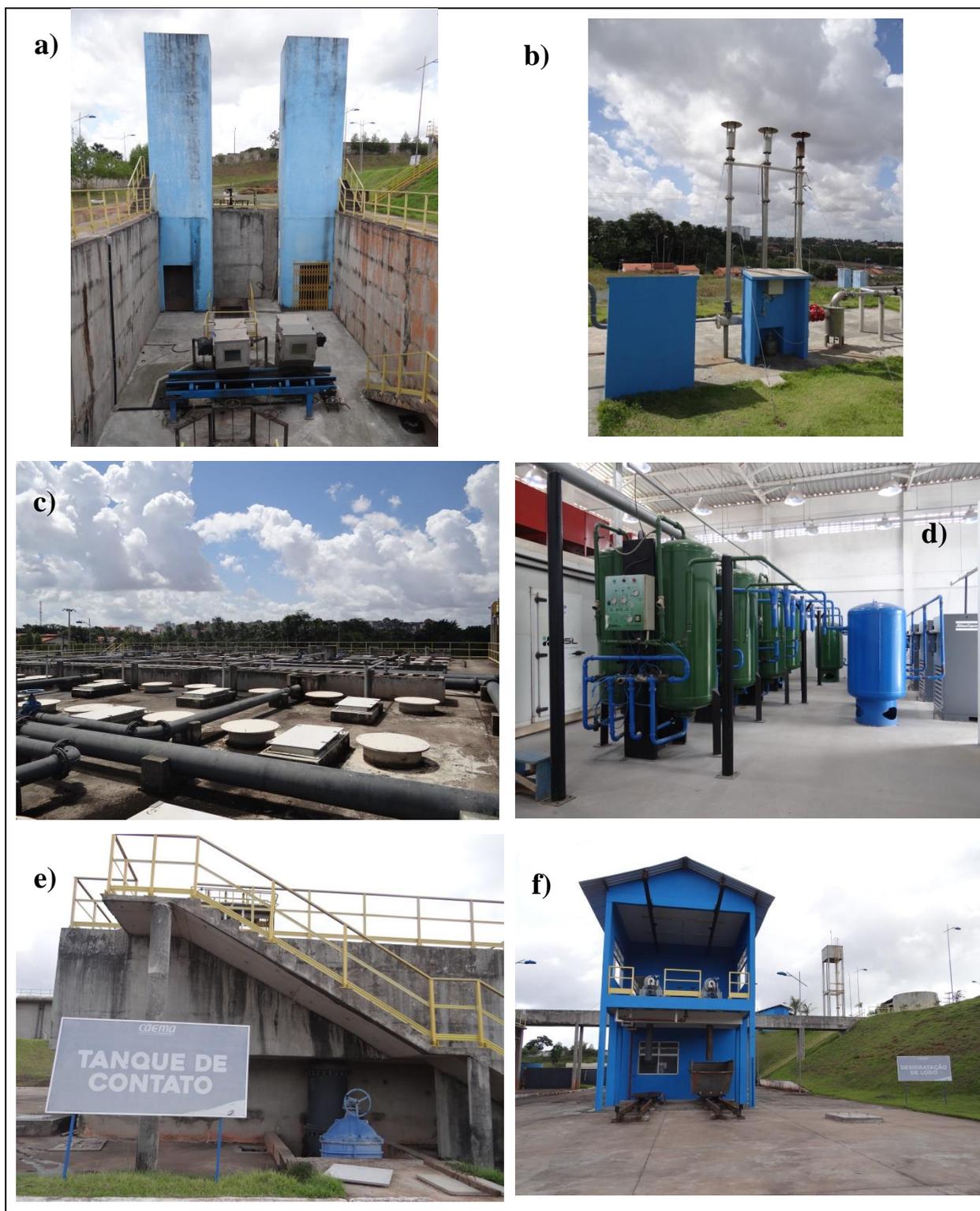


Figura 46 - Fotos da Estação de Tratamento Vinhais, sendo que: a) Estação elevatória final; b) Queimadores de gás; c) Reatores UASB; d) Ozonizador; e) Tanques de contato; f) Centrífuga de esidratação do lodo. Fonte: Autoria própria.

### 4.3. Dados de Saneamento de São Luís – SNIS

Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento utilizados para caracterizar a cidade de São Luís foram os fornecidos pelo prestador de serviços, que no caso é a CAEMA. Foi analisado o comportamento do índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN056), índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (IN024) e do índice de esgoto tratado referido à água consumida (IN046). Assim como algumas informações disponibilizadas pelo SNIS, entre elas destacam-se a população total do município, a população total atendida com esgotamento sanitário (ES001), a quantidade de ligações totais de esgotos (ES009), a quantidade de ligações ativas de esgotos (ES002), o volume de esgoto coletado (ES005), o volume de esgoto tratado (ES006) e a extensão da rede de esgoto (ES004).

Em 2016, o município de São Luís possuía 47,75% de atendimento total de esgoto, ou seja, da população total atendida com esgotamento sanitário. Esse valor corresponde tanto a população rural quanto a urbana que reside no município. Esse índice não apresentou muita variação ao longo dos anos, como é possível observar no gráfico da figura 50.

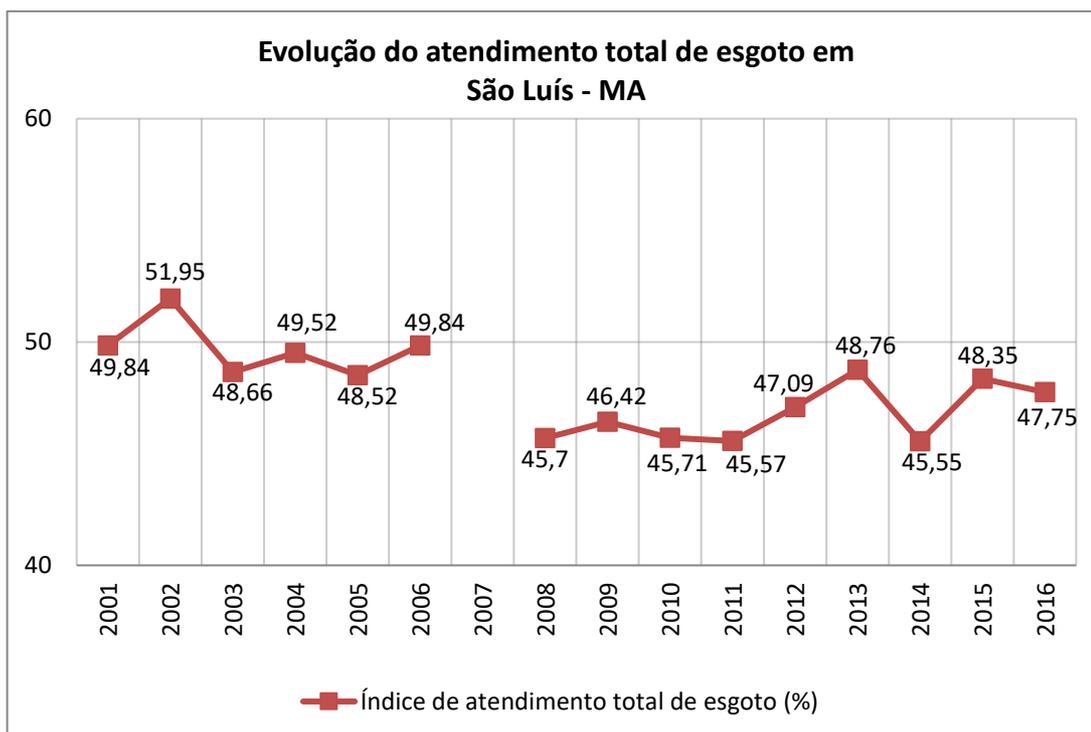


Figura 47 – Evolução do índice de atendimento total de esgoto (IN056) ao longo do tempo para a cidade de São Luís. Fonte: Elaborado pelo autora.

O SNIS aponta que 50,5% da população urbana era atendida pelos serviços de esgotamento sanitário em 2016. Esse valor também não apresentou muita variação ao longo dos anos. Para ambos os índices de atendimento de esgoto, os dados relacionados ao ano 2007 estão ausentes, provavelmente porque não foram disponibilizados pela Companhia de Saneamento.

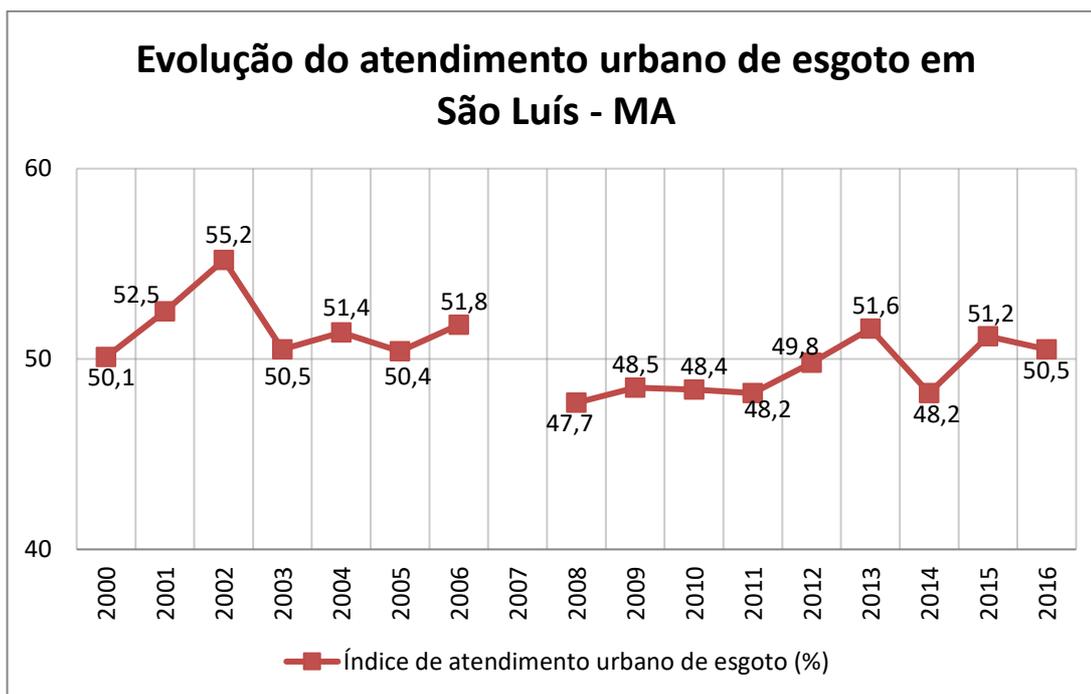


Figura 48 - Evolução do índice de atendimento urbano de esgoto (IN024) ao longo do tempo para a cidade de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

A figura 49 demonstra o comportamento do crescimento populacional e da população atendida com esgotamento sanitário da cidade de São Luís do ano de 1996 até 2016. Em 2016, São Luís possuía 1.082.935 pessoas, sendo que 517 mil pessoas eram atendidas pelo serviço de esgotamento. Em 1995, apenas 394 mil pessoas tinham acesso ao esgotamento sanitário, e a população total da cidade era de 780 mil habitantes. Nesses 20 anos registrados pelo SNIS, houve um incremento de 122 mil pessoas acesso ao serviço de esgoto.

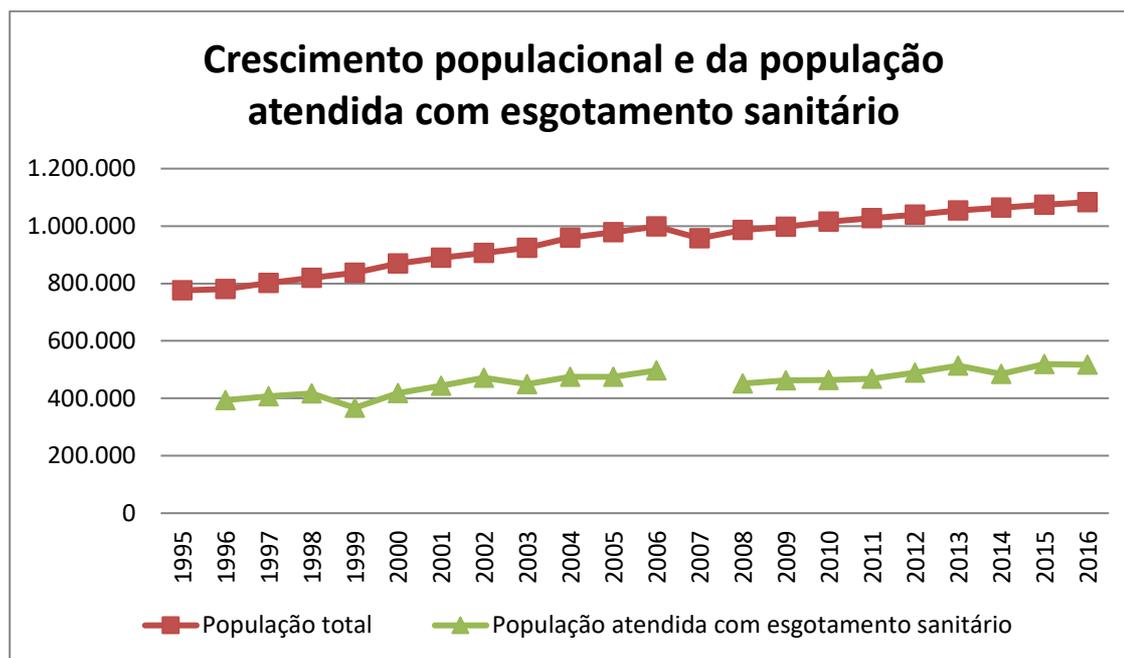


Figura 49 – Evolução do crescimento populacional da cidade de São Luís, e também da população atendida com esgotamento sanitário (ES001). Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao tratamento de esgoto, 11,04 % era tratado em relação à água consumida pela cidade. No gráfico da figura 50, pode-se notar que até 2003 não existia tratamento de esgoto na cidade, pois esta data marca a construção das ETEs Bacanga e Jaracati. O gráfico apresenta melhora dos índices de tratamento de esgoto nos anos seguintes, no entanto relatórios da CAEMA apontam que as ETEs pararam de operar em 2005. Por isso, questiona-se a veracidade desses valores, principalmente o ano de 2008 que apresentou 25,2% de tratamento de esgoto. Esse valor pode ser considerado alto demais se analisado perante a situação do tratamento de esgoto e a condição de deterioração das estações de tratamento da cidade. Em 2010, houve uma tentativa de recuperação das ETEs, que voltaram a funcionar com apenas com uma parcela da vazão.

A partir de agosto de 2016, a ETE Vinhais começou a operar, no entanto não é possível acessar o verdadeiro impacto que esta estação terá no índice de tratamento de esgoto da cidade. Os dados dos gráficos são referentes até 2016, enquanto que os dados de 2017 ainda estão sendo coletados pelo SNIS.

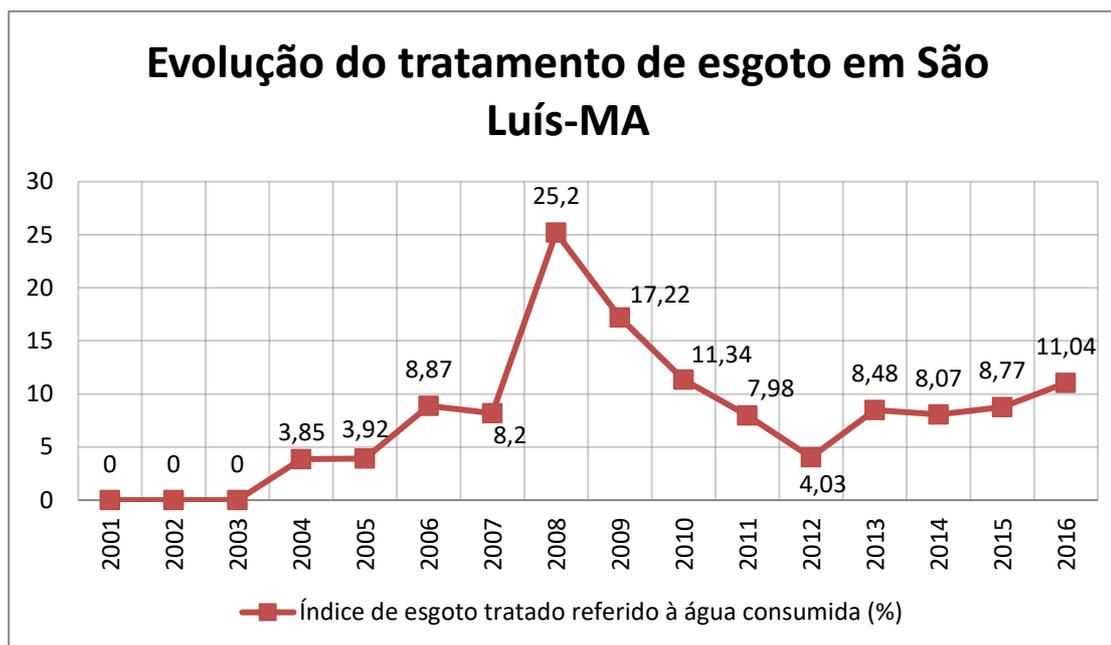


Figura 50 - Evolução do índice de tratamento de esgoto (IN046) ao longo do tempo para a cidade de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2016, a cidade de São Luís estava coletando 30.528.660 metros cúbicos de esgoto por hora ( $m^3/h$ ), e tratando 4.852.220  $m^3/h$ . De 1996 até 2016, houve um incremento de 3.153.660  $m^3/h$  na coleta de esgoto por causa do crescimento populacional. Desde o início do funcionamento das ETEs, o volume continuou aumentando até atingir o valor atual.

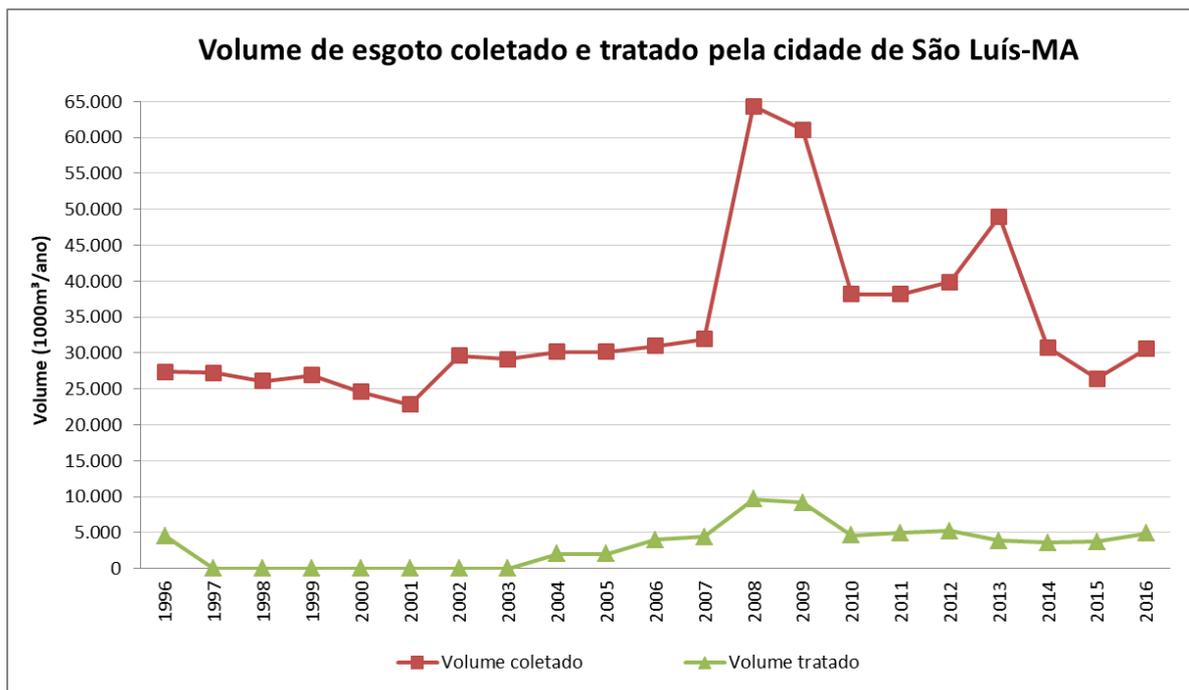


Figura 51 – Comportamento do volume de esgoto coletado (ES005) e tratado (ES006) pela cidade de São Luís ao longo dos anos. Fonte: Elaborado pela autora.

As ligações de esgoto são as unidades cadastradas como usuários dos serviços de esgotamento. Em 2016, São Luís possuía um total de 108.515 ligações, das quais 101.097 estavam ativas. O gráfico da figura 52 demonstra a quantidade de ligações ao longo do tempo, o comportamento ao longo do tempo das ligações não é contínuo. Existem anos que apresentam um aumento, e outros que mostram diminuição do número de ligações. Isso acontece tanto para as ligações totais, quanto para as ativas.

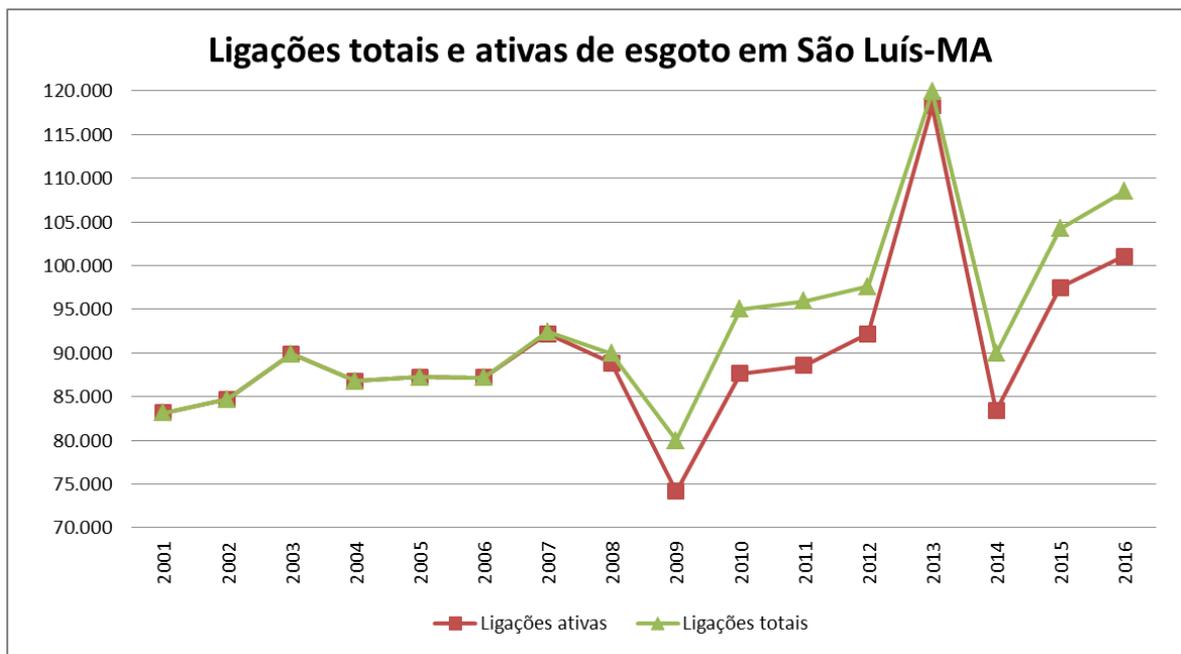


Figura 52 – Quantidade de ligações totais (ES009) e ativas (ES002) na cidade de São Luís ao longo dos anos. Fonte: Elaborado pela autora.

A extensão da rede de esgoto (ES004) em 2016 era de 875 quilômetros. De acordo com o SNIS, em 1995 esse valor era de 716 km. Por isso, nesses 11 anos teria ocorrido o incremento de 159 km de rede.

É importante mencionar que os valores desses índices são fornecidos pela Companhia prestadora dos serviços de esgotamento, e que alguns dados apresentados estavam em conflito com informações encontradas em relatórios a respeito dos sistemas de esgotamento da cidade. Além disso, durante a análise dos diversos índices existentes no SNIS pode-se encontrar valores incondizentes com a realidade. Para exemplificar, o índice de coleta de esgoto (IN015) apresentou em mais de um ano valores acima de 100% de coleta. Esse índice é calculado por meio da divisão do volume de esgoto coletado pelo volume de água consumido. Os resultados apresentados não são condizentes com a situação da coleta de esgoto da cidade de São Luís.

A maior dificuldade encontrada durante a construção desse diagnóstico se refere à dificuldade de acesso a informações ou a incongruência dos dados encontrados. Um exemplo disso foi a impossibilidade de descobrir quantas estações elevatórias estariam funcionando e quais foram desativadas. Durante as diversas visitas na CAEMA, nenhum dos funcionários tinha acesso a essa informação. Enquanto que site da CAEMA, afirma que em 2009 existiam apenas 11 estações elevatórias funcionando, no entanto existe embasamento para acreditar

que o número de estações elevatórias que estariam em funcionamento seria mais de 40. Mas essa informação é apenas uma aproximação.

A existência de dados que não condizem com a realidade de esgotamento da cidade, a ausência dos dados e até mesmo a existência apenas de dados ultrapassados e antigos refletem a importância do gerenciamento da informação para o problema da gestão do esgotamento sanitário. A congruência das informações em conjunto com a veracidade dos dados é fundamental para a criação de um bom diagnóstico do serviço de esgotamento sanitário. A existência de um diagnóstico de boa qualidade é capaz de orientar o planejamento, inclusive na busca pela universalização do saneamento. Por isso, o esforço da universalização depende da existência e do acesso de dados verossímeis e que representem a realidade do município. Para que dessa forma, os problemas possam ser abordados de maneira mais eficiente. Em conclusão, pode-se afirmar que a crise do saneamento é principalmente uma crise de gestão do serviço.

Os dados oficiais do SNIS nem sempre correspondem à realidade, pois são fornecidos pelo próprio prestador. Esse prestador, que no caso é a CAEMA, enfrenta dificuldades em relação a um acesso sistematizado dos dados, pois as informações encontram-se segregadas e espalhadas dentro dos diversos setores existentes dentro da Companhia de Saneamento. A sistematização dos dados de esgotamento sanitário dentro da CAEMA poderia trazer diversos benefícios para a gestão, pois o acesso às informações seria simplificado. Para isso, sugere-se a criação de um departamento de coordenação da informação para organização dos dados de esgotamento sanitário da Companhia.

Por fim, abordando a questão da universalização do saneamento básico, universalização do atendimento por rede coletora ou por tratamento dos esgotos se refere à situação em que o índice de atendimento que traduz a relação entre a população beneficiada e a população total chega a 100%. Isso significa dizer que toda a população estará sendo atendida pelo serviço de esgotamento sanitário.

As obras de infraestrutura de esgotamento sanitário realizadas, nesse período, na capital maranhense contribuem para a universalização do acesso ao saneamento básico. No entanto muitas áreas da capital ainda não possuem a infraestrutura de esgotamento sanitária adequada. Portanto, o andamento observado das obras não permitirá nem que 70% do esgoto esteja sendo coletado e tratado até o final de 2018. Isso significa dizer que a meta estipulada do programa Mais Saneamento não será atingida. Além disso, dificilmente a universalização desse serviço será atingida até 2030, como foi estipulado pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Dessa forma a busca pela universalização do acesso ao serviço de saneamento básico na cidade de São Luís continua sendo um desafio, que deverá ser combatido principalmente com a melhora a gestão do esgotamento sanitário.

#### **4.4. Vulnerabilidade Social da Cidade de São Luís**

A compreensão da vulnerabilidade social é um pressuposto para avaliar o alcance das políticas sociais. A vulnerabilidade social é o conjunto de características, de recursos materiais ou simbólicos e de habilidades inerentes a indivíduos ou grupos, que podem ser insuficientes ou inadequados para o aproveitamento das oportunidades disponíveis na sociedade. Assim, essa relação irá determinar maior ou menor grau de deterioração de qualidade vida dos sujeitos. Por isso, a diminuição dos níveis de vulnerabilidade social pode ocorrer a partir do fortalecimento dos sujeitos para que possam acessar bens e serviços, ampliando seu universo material e simbólico, além de suas condições de mobilidade social (MONTEIRO, 2012).

A exclusão social se caracteriza pela falta de políticas que busquem a qualidade de vida e a saúde pública, que assegurariam direitos e oportunidades à população de maneira justa independente das suas condições econômicas, origem e raça. Esse fenômeno colabora para a realocação de parcela dos habitantes para áreas deficientes em infraestrutura de saneamento, moradia e saúde, e conseqüentemente expondo esse setor da sociedade a piores condições ambientais (PHILIPPI JÚNIOR, 2010). Esses grupos sociais acabam ocupando as áreas de margens dos cursos d'água, e no caso de São Luís, áreas de manguezal. Essa ocupação irregular somada com a ausência de saneamento adequado, e em conjunto com outros fatores como a desnutrição crônica se configuram em problemas de saúde pública (PHILIPPI JÚNIOR, 2010).

Em 2000, a cidade de São Luís apresentava IVS igual a 0,421, encontrando-se na faixa de alta vulnerabilidade social. Enquanto que em 2010, o município apresentou IVS de 0,312, atingindo a faixa de média vulnerabilidade social.

O IVS Capital Humano em 2000 era 0,400, passando para 0,283 em 2010. O IVS Infraestrutura Urbana era de 0,455 e, em 2010, correspondeu a 0,355. Enquanto que o IVS Renda e Trabalho era 0,409 e passou para 0,298, no ano de 2010. Todas as dimensões do IVS apresentaram diminuição da vulnerabilidade social de 2000 para 2010.

A vulnerabilidade intramunicipal expressa por UDHs está representada na figura 53 para o ano de 2000 e na figura 54 para 2010.

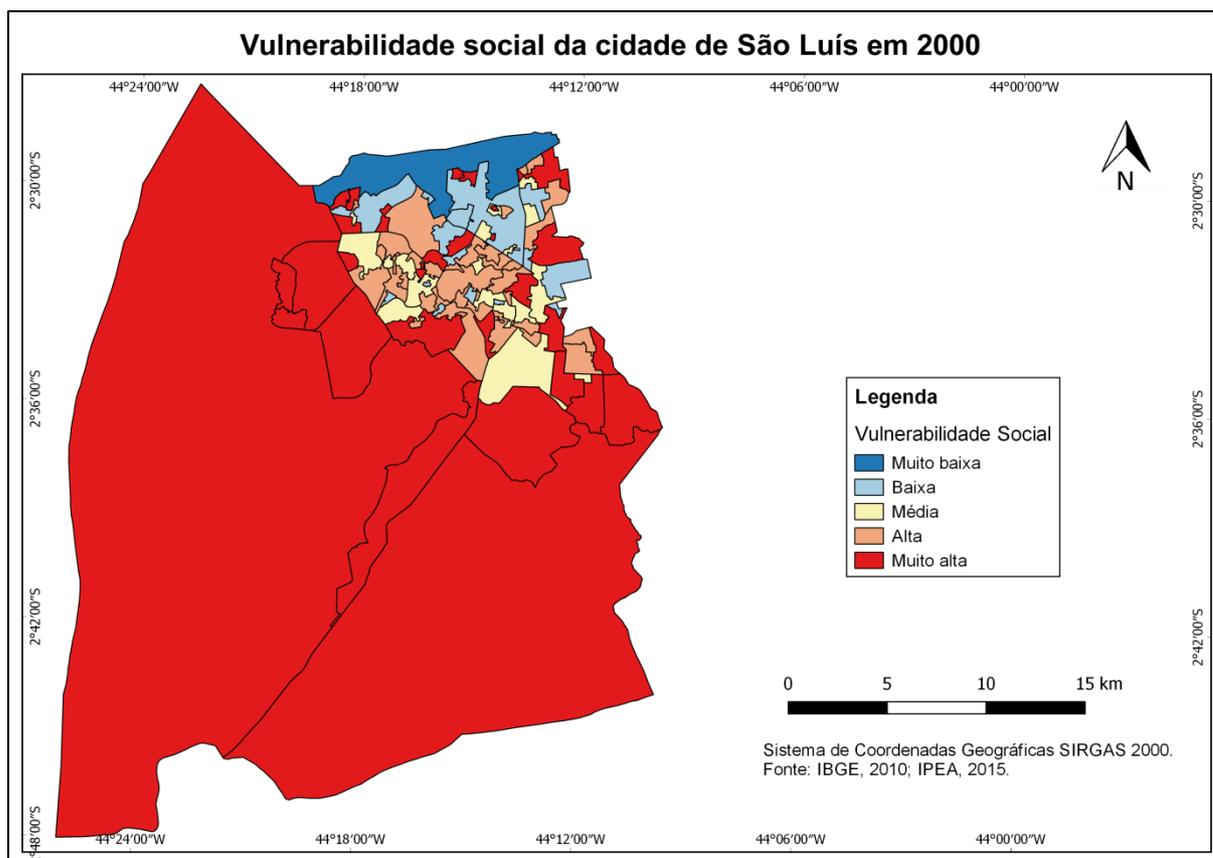


Figura 53 – Mapa da vulnerabilidade social por unidade de desenvolvimento humano (UDH) na cidade de São Luís no ano de 2000. Fonte: Elaborado pela autora.

Ao se analisar a distribuição dos resultados do IVS de São Luís em 2000 (figura 53), percebe-se que boa parte das UDHs de menor vulnerabilidade (azul) encontra-se na porção litorânea, enquanto que os valores mais altos do IVS (vermelho) estão localizados na porção sul de São Luís. No ano de 2010, as UDHs com IVS mais baixo expandiram para o entorno imediato da área litorânea da cidade, conforme se pode notar na figura 54. Na outra extremidade, as UDHs da região da periferia de São Luís continuam com valores mais altos de IVS.

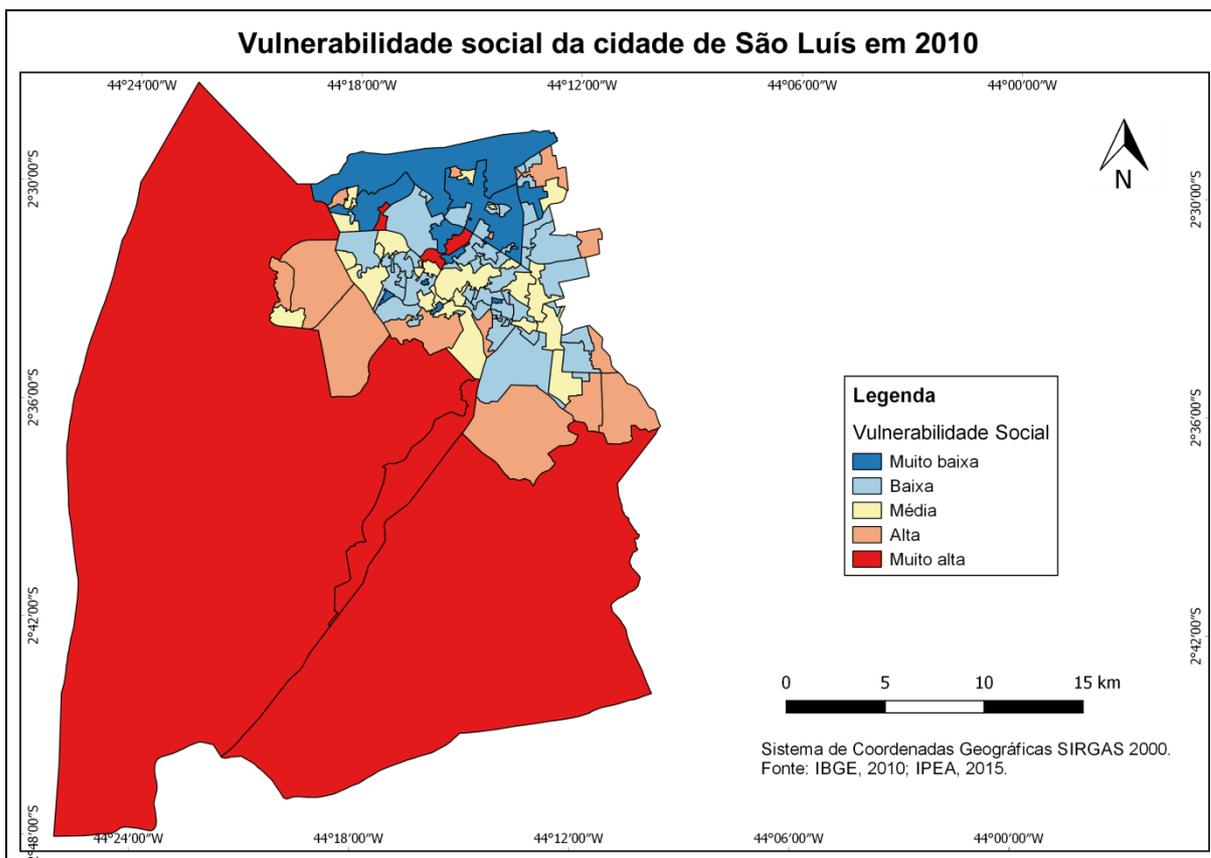


Figura 54 – Mapa da vulnerabilidade social por unidade de desenvolvimento humano (UDH) na cidade de São Luís no ano de 2010. Fonte: Elaborado pela autora.

No período de 2000-2010, houve uma diminuição no número de UDHs que se encontravam na faixa de alta e muito alta vulnerabilidade social. Em contraste, percebe-se que uma elevação no número de UDHs com IVS médio, baixo e muito baixo. Em 2000, o IVS de São Luís variava entre 0,151 e 0,796, sendo que a metade das UDHs possuía IVS concentrado entre 0,330 e 0,519, representando uma vulnerabilidade média. Já em 2010, o IVS variou entre 0,083 e 0,715, o que significa que esse ano apresentou uma amplitude menor que no ano 2000. A metade das UDHs apresentava índices de vulnerabilidades concentrados entre 0,245 e 0,343. Ou seja, além da diminuição do IVS, ocorreu também uma redução da amplitude dos dados.

Além da melhora da vulnerabilidade social como um todo, houve uma diminuição da vulnerabilidade do indicador do IVS Infraestrutura Urbana relacionada ao percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado nesse intervalo de 10 anos, o que significa que esta área recebeu investimentos para atingir tais melhorias.

## 4.5. Relação do Esgotamento Sanitário com a Vulnerabilidade Social

### 4.5.1. Correlação do Esgotamento Adequado com a Vulnerabilidade Social

A correlação espacial entre o IVS e o número de domicílios com esgotamento adequado do município de São Luís foi baixa, apresentando o índice de Moran de -0,341 (figura 55). Isso significa que a maioria dos setores censitários não apresentou significância. De um total de 1126 setores censitários da cidade de São Luís, 69,4% não apresentaram significância na análise de correlação espacial. O valor do índice de Moran é negativo, comprovando a correlação inversa entre essas duas variáveis, pois a medida que o índice de vulnerabilidade social aumenta (maior vulnerabilidade), diminui o número de domicílios com esgotamento adequado.

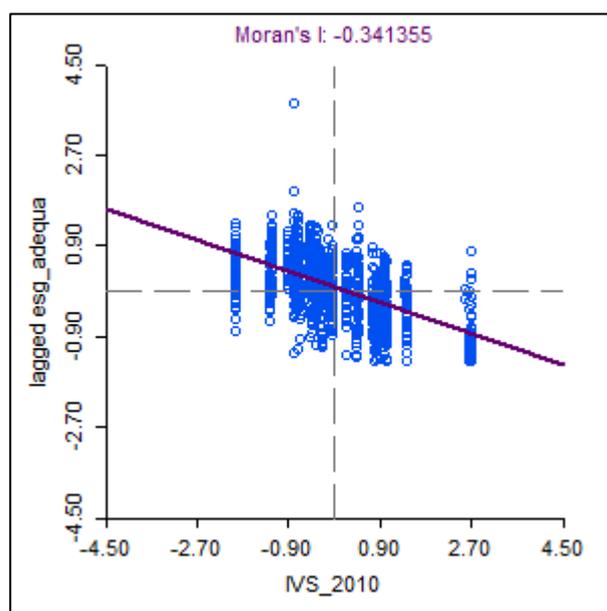


Figura 55 - Diagrama de espalhamento de Moran na cidade de São Luís – MA. Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar os resultados, destaca-se a existência de cenários que refutaram a hipótese deste trabalho: A) Setor censitário com alto IVS e alto número de domicílios com esgotamento adequado e B) Setor com baixo IVS e poucos domicílios com esgoto adequado. Esses dois cenários estão representados na cor amarelo (cenário A) e na cor verde (cenário B) descritos no quadro 32, e nas figuras 56 e 57. Tais cenários representam o oposto da hipótese, e correspondem a apenas 3% das unidades amostrais totais (34 setores censitários). Quando se

analisam apenas os setores que tiveram significância na correlação, esses dois cenários representam 10,1% dos setores censitários da cidade de São Luís.

Os cenários que corroboraram a hipótese foram: C) Baixo IVS e alto número de habitações com esgotamento adequado e D) Alto IVS e poucos domicílios com esgotamento adequado. Esses cenários estão retratados na cor azul (cenário C) e no vermelho (cenário D) nas figuras 56 e 57. Os cenários da hipótese representam 26,8% das unidades amostrais (302 setores censitários) da cidade, incluindo as áreas sem significância na correlação. Porém quando se analisam apenas os setores com significância, esses dois cenários representam 89,9% das unidades amostrais.

A correlação dessas duas variáveis teve uma análise mais completa ao se levar em consideração a área e a população dos setores censitários, conforme mostra o quadro 32 e a figura 56.

Quadro 32 - Resumo dos resultados da correlação entre vulnerabilidade social e esgotamento sanitário.

Cenário	Correlação	Número de setores censitários	IVS médio	Número de domicílios com esgoto adequado	% Área	% População
A	Alta-alta (amarelo)	13	0,51	2.865	0,33	1,25
B	Baixa-baixa (verde)	21	0,23	2.716	0,33	1,81
C	Baixa-alta (azul)	167	0,27	38.596	2,32	14,45
D	Alta-baixa (vermelho)	135	0,42	12.558	52,73	13,80
	Sem significância (cinza)	782	0,34	127.210	40,04	68,60
	Hipótese (azul+vermelho)	302			55,04	28,24
	Oposto da hipótese (amarelo+verde)	34			0,65	3,06

Fonte: Elaborado pela autora.

O cenário A, na cor amarela no mapa, representa as áreas com alta vulnerabilidade social e muitos domicílios com esgotamento adequado. Esse cenário incluiu apenas 0,33% da área da cidade de São Luís e continha apenas 1,25% da população da capital. Esse cenário inclui 2.865 domicílios com esgotamento adequado, e possui IVS médio de 0,51. Essa pequena área da cidade inclui parcelas de vários bairros, como Cidade Operária, Conjunto Residencial Jeniparana, Santa Clara, além de trechos da Ilhinha e de São Francisco.

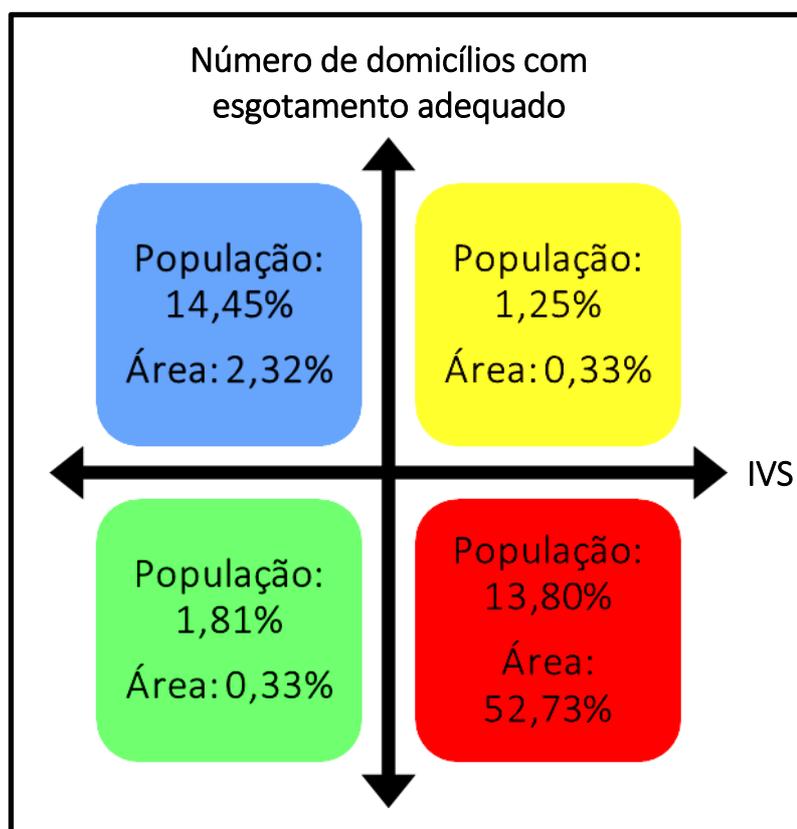


Figura 56 - Percentual de área e população nos setores censitários com significância de São Luís – MA. Fonte: Elaborado pela autora.

O cenário B, em verde no mapa, engloba as regiões com menor vulnerabilidade social (IVS 0,23) e menor ocorrência de esgotamento adequado. São as áreas com os melhores indicadores sociais e que não são atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário da cidade. Representa apenas 1,81% da área de São Luís, e somente 0,33% da população da cidade. Esse cenário engloba apenas 2.716 domicílios com destinação adequada do esgoto. Apesar de representar uma área pequena da cidade, engloba trechos de diversos bairros como Cambua, Liberdade, Anil, Fé em Deus, Vila Conceição, João de Deus, Barreto, Vila Palmeira, Tirirical, Sítio Pirapora, Santo Antônio, Forquilha e Vila Brasil. Existe também um pequeno trecho do Calhau próximo ao Golden Shopping Calhau.

O cenário C representa os setores censitários com baixa vulnerabilidade e maior destinação de adequada do esgoto. São áreas em azul no mapa, e possuem um IVS médio de 0,27. Esses locais são atendidos pelo sistema de esgotamento da cidade, que inclui a existência de rede coletora, interceptores, estações elevatórias e estações de tratamento. Esse cenário representa 2,32% da área de São Luís, e 14,45% da população e inclui partes de vários bairros espalhados por São Luís, como Vinhais, Planalto Vinhais, Recanto dos Nobres,

Parque Atenas, Cohaserma, Ponta do Farol, Renascença, Calhau, Cohajap, Olho D'água, Turu, Cohatrac, Itapiracó, Cidade Operária, Ipem São Cristóvão, Radional, Cutim Anil, Jardim América Central, além da região do Aeroporto e da Base Militar da Aeronáutica.

A figura 57 mostra a espacialização dessas áreas que apresentaram correlação significativa.

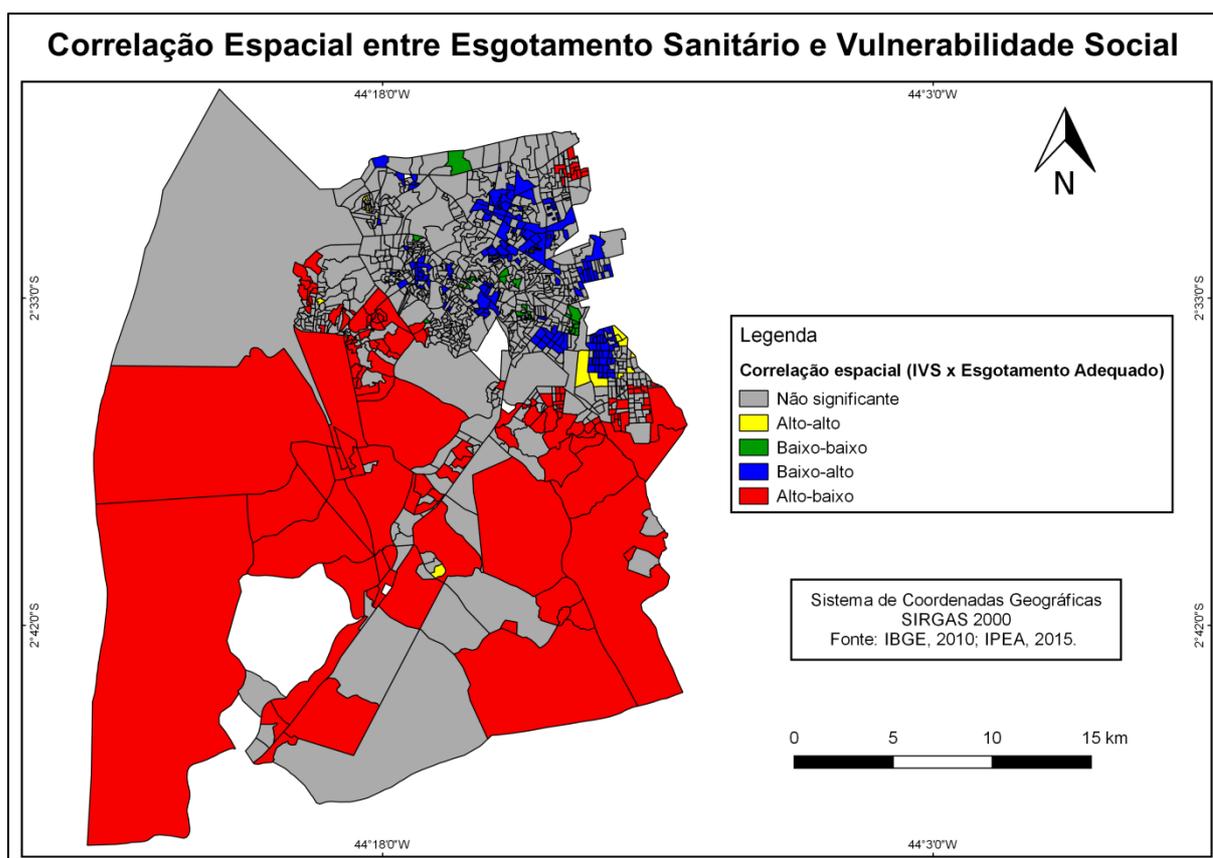


Figura 57 - Mapa da correlação espacial entre a vulnerabilidade social e o número de domicílios particulares permanentes com esgotamento adequado por setor censitário na cidade de São Luís-MA. Fonte: Elaborado pela autora.

O último cenário, o cenário D, representa os setores com alta vulnerabilidade social e poucos domicílios com esgotamento adequado. Por isso são regiões que buscam soluções individuais indevidas como destinação do esgoto em valas, ou diretamente em cursos d'água ou em fossas rudimentares. São as áreas em vermelho no mapa e representa a maior parcela de São Luís em termos espaciais, concentrando 52,73% da sua área e 13,80% da população. Essas áreas incluíram praticamente toda a zona rural de São Luís, a zona industrial e também alguns bairros de periferia que possuíam maior vulnerabilidade social. Esse cenário inclui partes da Cidade Olímpica, do Parque Estadual do Bacanga, do Sítio do Físico, da Vila Maranhão, do Cajueiro, São Raimundo, Vila Bacanga, Santa Rosa, Quebra Pote, entre outras.

Além da região da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Sá Viana, Vila Embratel e Divineia.

A correlação espacial identificou que a maior parte dos setores censitários não possui significância, representando mais de 40% da população do município de São Luís, e 68,6% da área da cidade. A vulnerabilidade social média dessa categoria foi também considerada média (IVS 0,34). Na análise dos dados, encontrou-se que essa falta de significância se deve à ausência de uniformidade na distribuição dos domicílios com esgotamento adequado por setor censitário, se configurando como uma das limitações dessa análise de correlação. Esse grupo possuía desde setores com nenhum domicílio de esgoto adequado, chegando a setores que possuíam mais de 700 domicílios com destinação adequada. No meio dessa gama de resultados, os setores que se encontravam espalhados por toda cidade não seguiam um padrão da quantidade de habitações, cuja destinação era por meio de fossas sépticas ou estavam incluídos na rede de esgoto.

Um planejamento que busque a destinação adequada de esgoto, tanto na forma de fossas sépticas, como na inclusão das áreas na rede coletora de esgoto deve tomar como prioridade as áreas que possuem o maior déficit de serviço de esgoto. No entanto, as áreas com os piores indicadores socioeconômicos em conjunto com a maior ocorrência de esgotamento inadequado devem ser consideradas prioridades.

#### *4.5.2. Sobreposição das Obras de Esgotamento com a Vulnerabilidade Social*

A sobreposição dos sistemas de esgoto com a vulnerabilidade social possibilitou a visualização de onde as obras estão localizadas. A figura 58A mostra que os sistemas de esgotamento sanitário da cidade de São Luís estão localizados na região mais litorânea, que concentram as regiões de menor vulnerabilidade social. Dessa forma, pode-se notar que os quatro sistemas de esgotamento englobam as áreas mais azuis do mapa, deixando os setores mais vulneráveis socialmente (em vermelho) sem acesso ao sistema coletivo de esgotamento sanitário. Na figura 61B, pode se observar em maior detalhe a disponibilidade de esgotamento em relação a diferentes classes de vulnerabilidade social.

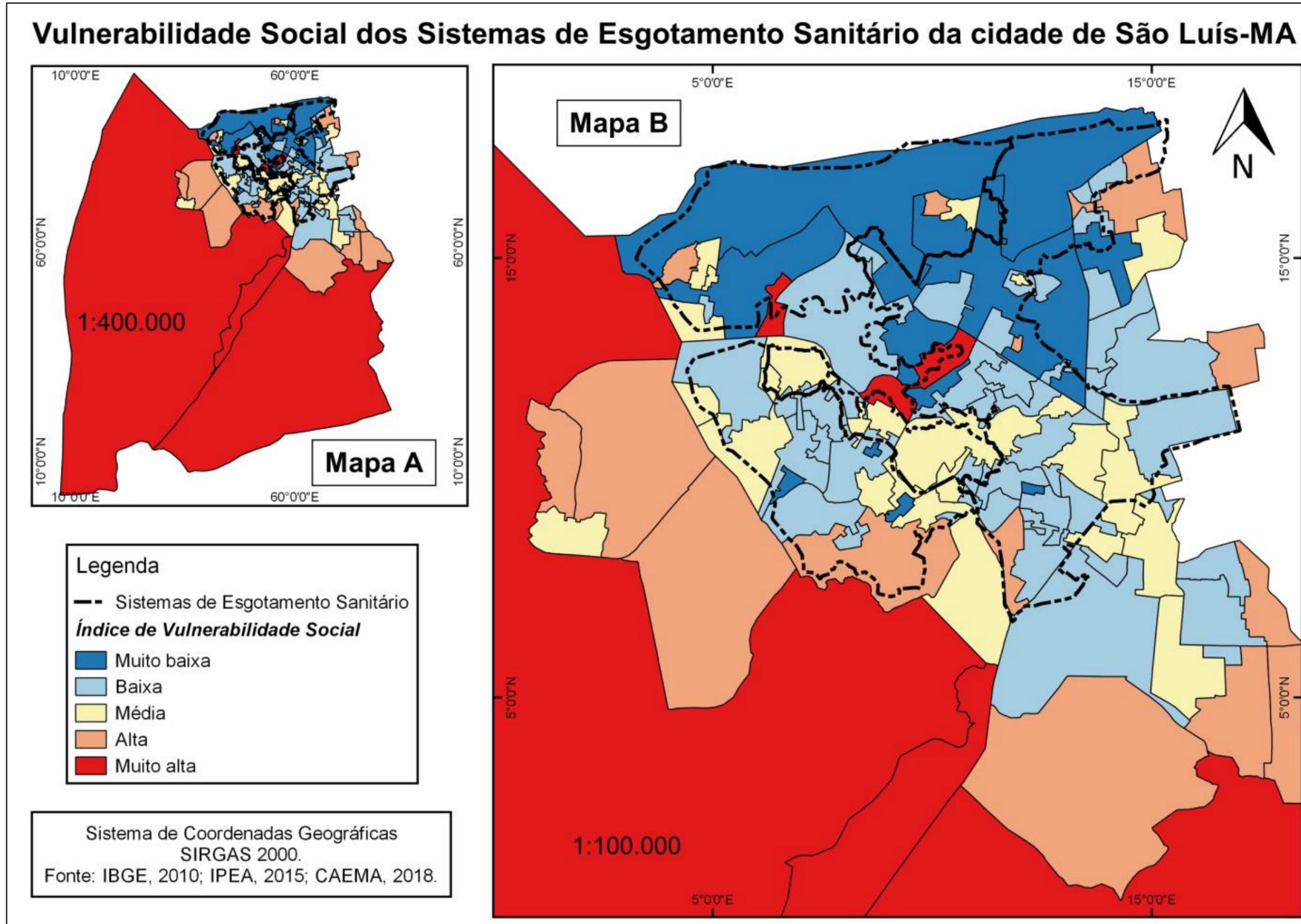


Figura 58 – Mapa da vulnerabilidade social dos sistemas de esgotamento sanitário da cidade de São Luís – MA. O mapa A está na escala 1:400.000 para mostrar toda a cidade, enquanto que o mapa B está na escala de 1:100.000 para mostrar com aproximação os sistemas de esgotamento. Fonte: Elaborado pela autora.

A região que inclui o sistema de esgotamento sanitário da cidade de São Luís, e que consequentemente reúne a menor vulnerabilidade social, corresponde a setores urbanos do município. Ao se observar a figura 59, percebe-se que boa parte dos setores mais vulneráveis e que se encontram fora do sistema coletivo de esgoto correspondem à área rural da cidade de São Luís. Isso ocorre porque a questão do saneamento básico deve ser abordada de maneira diferente para áreas rurais e urbanas. Em regiões mais centralizadas com um maior contingente populacional, a infraestrutura coletiva de esgotamento é a melhor solução. No entanto, as áreas rurais possuem vazios demográficos que demandaram de uma alta quilometragem de tubulação para alcançar os grupos que habitam essa região. Por isso, existe um consenso na área do saneamento que indica que regiões rurais devem possuir solução sanitária individual, isto é, fossa séptica.

De acordo com o IBGE, em 2009 aproximadamente 75% da população rural brasileira não tinha esgoto coletado/tratado. Para Costa e Guilhoto (2011), a solução individual da fossa séptica como alternativa para melhorar a atual situação sanitária traz impactos sociais, ambientais e econômicos para as áreas rurais dos municípios brasileiros. As contaminações diminuem, por isso mortes são evitadas; ocorre a redução dos poluentes despejados nos cursos d'água; o curso para implantação das fossas é significativamente menor do que propor um sistema coletivo; e o agricultor pode utilizar os efluentes da fossa como fertilizantes (UHR et. al, 2016).

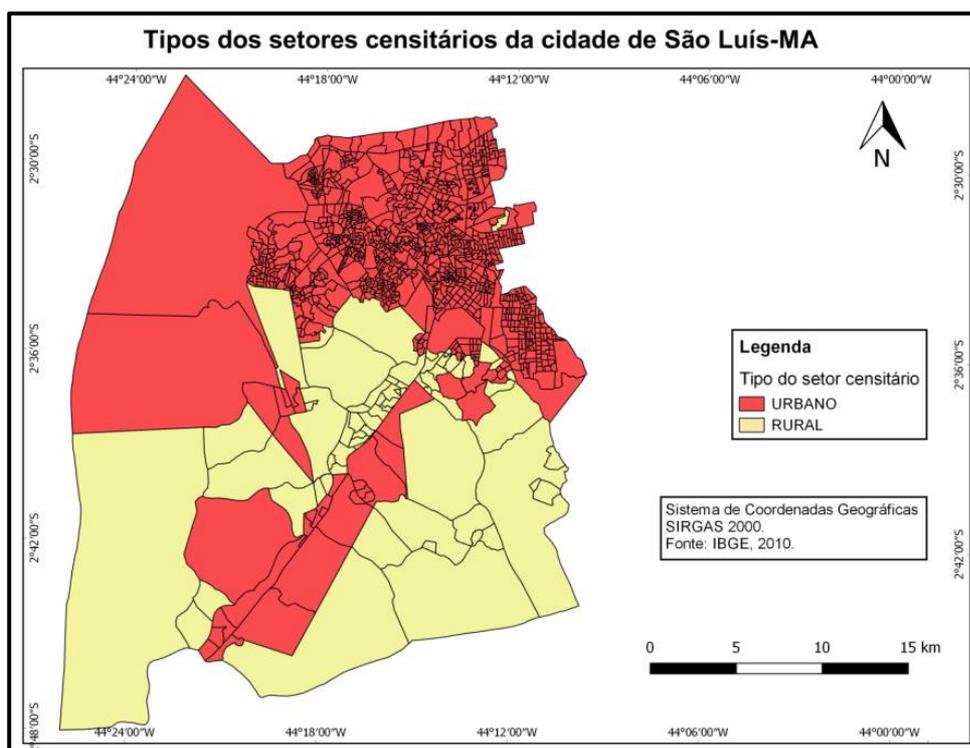


Figura 59 - Mapa dos tipos dos setores censitários da cidade de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, seguem os mapas que representam cada um dos sistemas de esgotamento sanitário e a vulnerabilidade social que eles se encontram. A área do sistema Anil corresponde a regiões de média e baixa vulnerabilidade social. Possui apenas um pequeno trecho próximo a Estação de Tratamento de Esgoto que apresenta uma área de vulnerabilidade social muito alta.

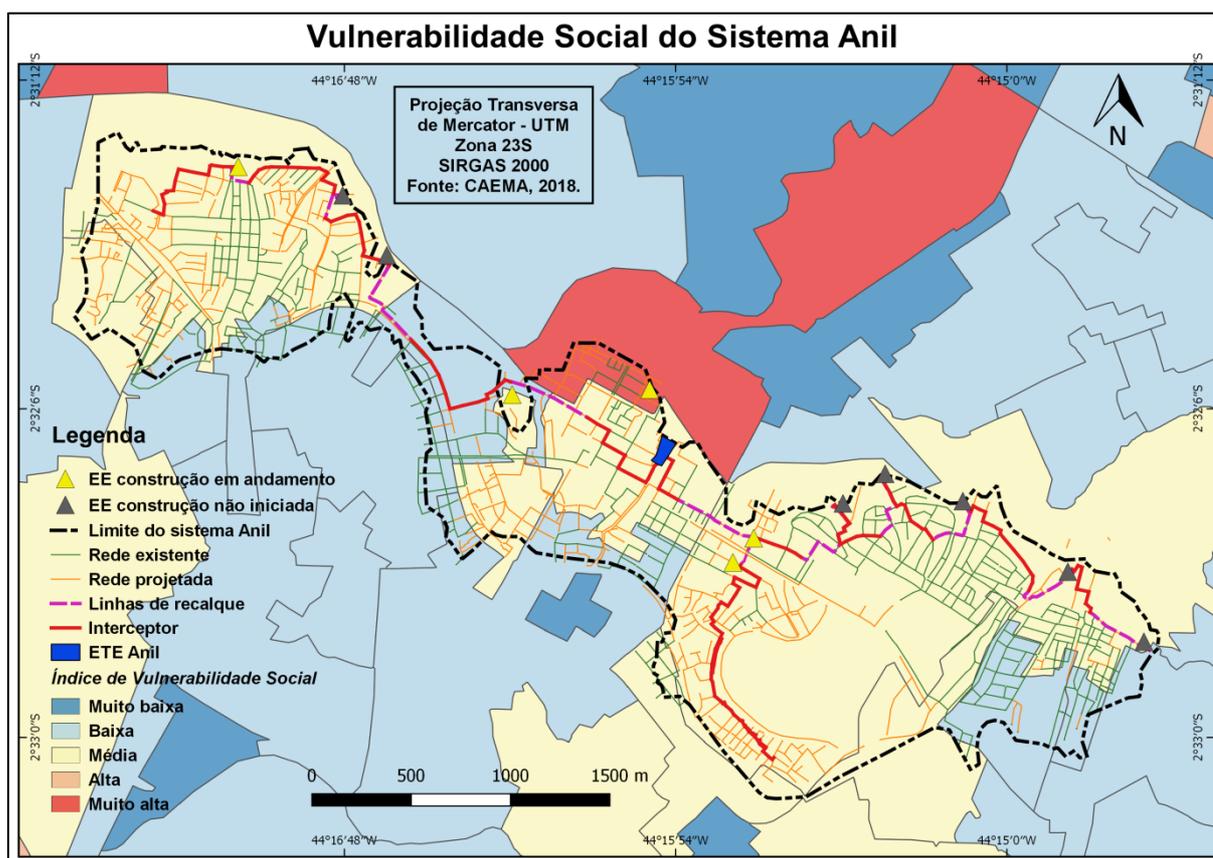


Figura 60 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Anil. Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema Vinhais é o maior de todos os sistemas de São Luís, por isso sua área engloba diversas unidades de desenvolvimento humano com comportamento diferente da vulnerabilidade social. No entanto, pode-se afirmar que a maior parte da sua área está localizada em regiões de média, baixa e muito baixa vulnerabilidade. Alguns locais apresentaram uma maior vulnerabilidade, como por exemplo, a região em vermelho próxima a ETE Vinhais.

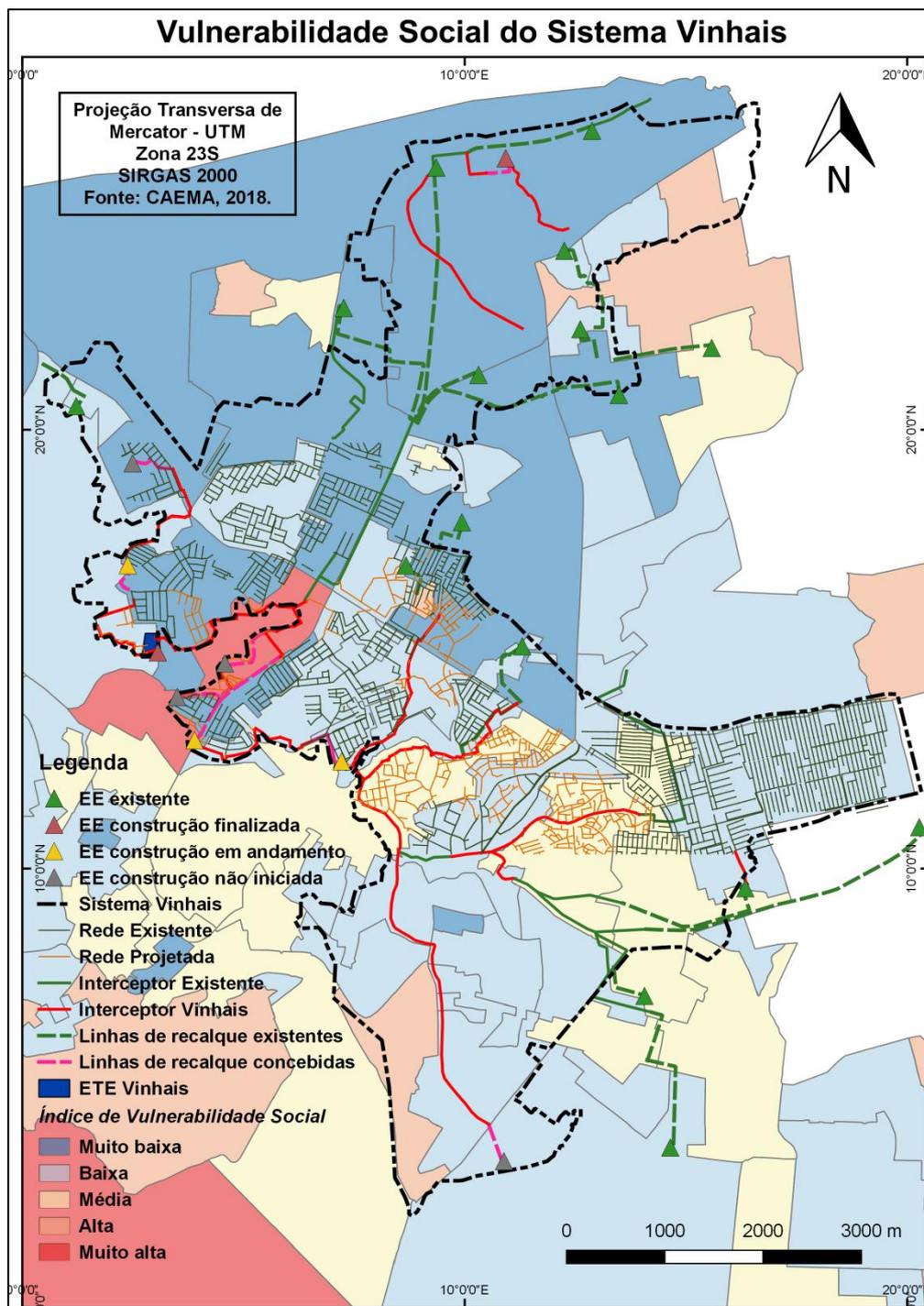


Figura 61 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Vinhais. Fonte: Elaborado pela autora.

A área do sistema São Francisco corresponde aos bairros de São Luís que apresentam os melhores indicadores socioeconômicos, e por isso são regiões com vulnerabilidade social muito baixa. Os bairros mais nobres da cidade se encontram dentro desse sistema, como por exemplo Ponta d'área, Renascença, Calhau e Lagoa da Jansen.

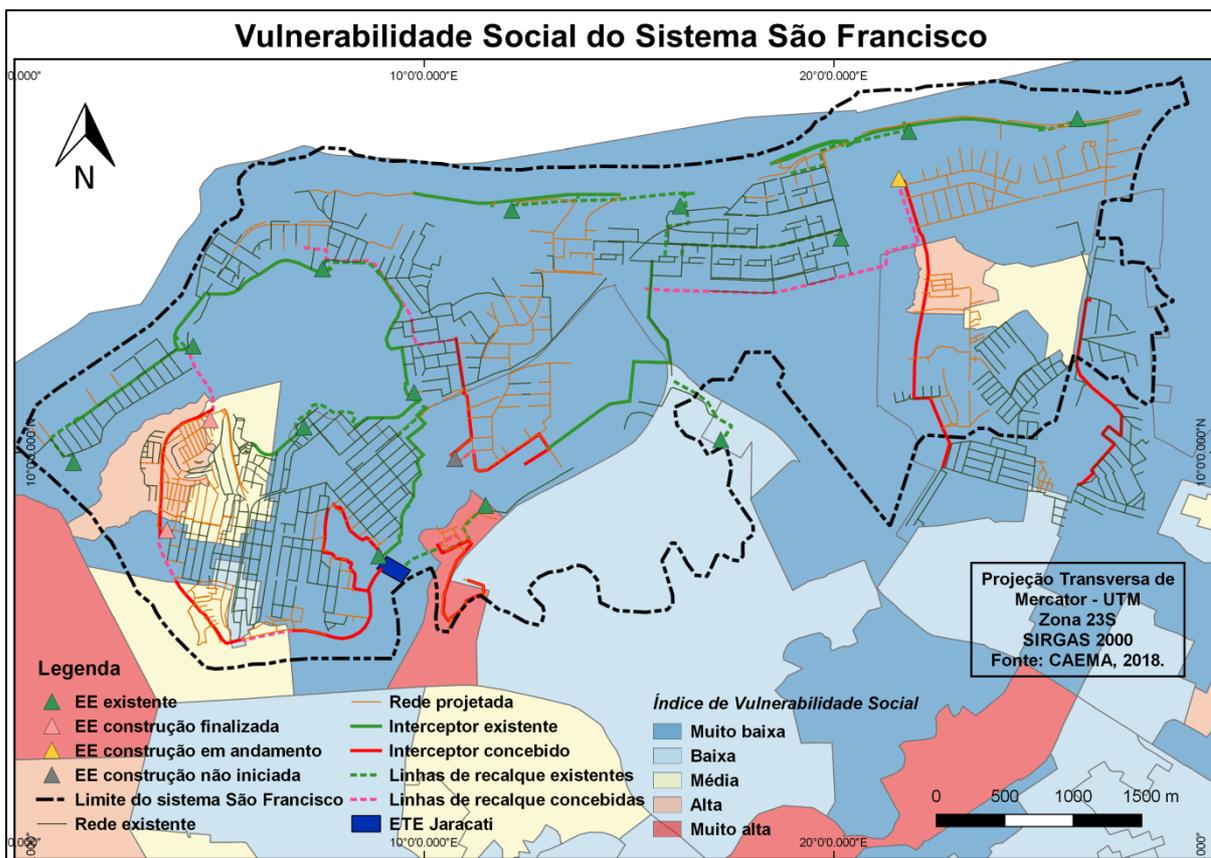


Figura 62 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema São Francisco. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, ao se analisar a região do sistema Bacanga, observa-se uma média e baixa vulnerabilidade no local, com exceção da área das estações elevatórias da prefeitura que apresentam alta vulnerabilidade. As regiões ao redor do sistema Bacanga possuem maior vulnerabilidade social e não estão incluídas dentro do sistema de esgotamento sanitário.

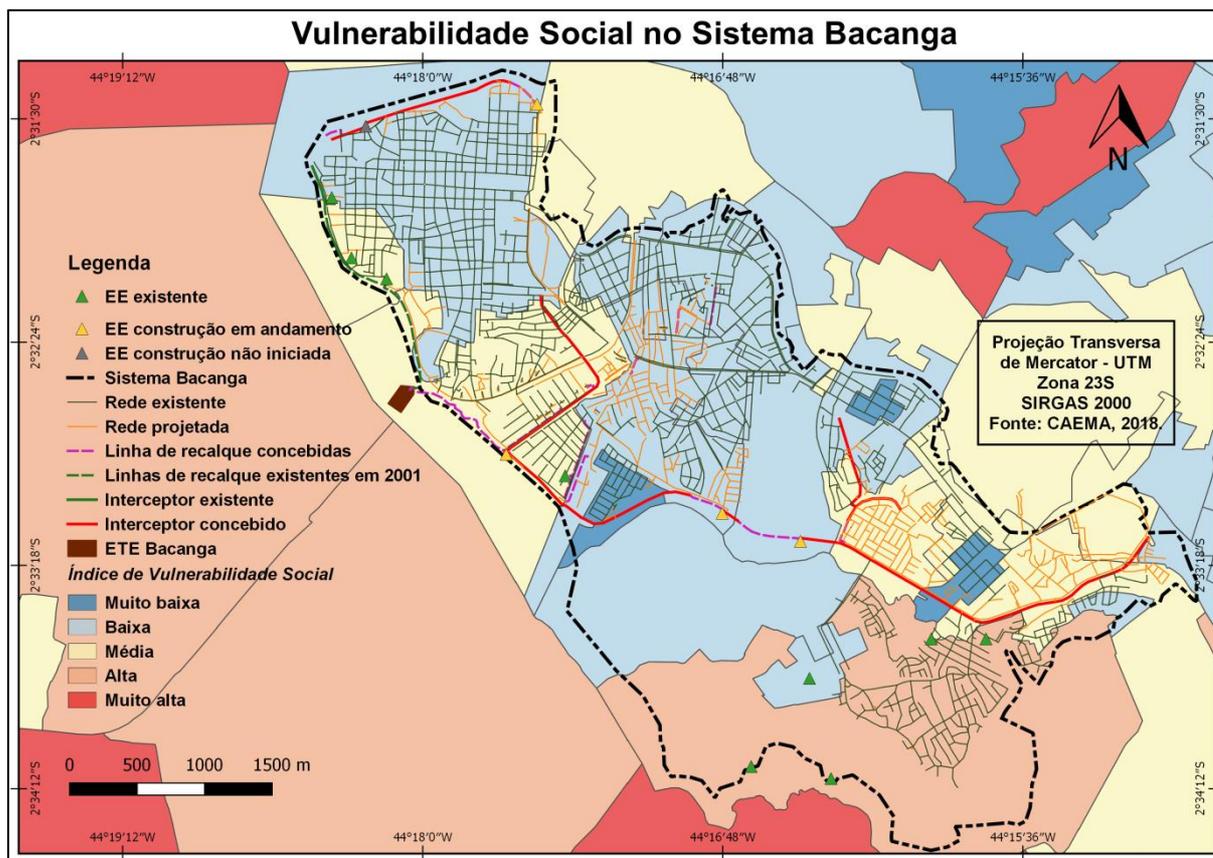


Figura 63 - Mapa da Vulnerabilidade Social com as obras de esgoto do Sistema Bacanga. Fonte: Elaborado pela autora.

Em conclusão, pode-se afirmar que os empreendimentos de infraestrutura de esgotamento não estão localizados nas áreas de maior vulnerabilidade social. Algumas regiões de maior vulnerabilidade podem estar situadas dentro da área da rede coletora, no entanto é claro que a maior área dentro desta são regiões com média ou baixa vulnerabilidade social. Portanto, as obras de infraestrutura de esgotamento sanitário estão concentradas nas áreas de menor vulnerabilidade social da cidade São Luís, e também tendem a se encontrar mais próximas a orla da cidade, em função da prioridade de recuperação da balneabilidade das praias.

#### 4.6. Vulnerabilidade Socioambiental

A vulnerabilidade socioambiental pode ser definida como sobreposição espacial de áreas com vulnerabilidade social e também ambiental. Referem-se a locais nos quais grupos populacionais muito pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) coexistem com as

áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental). As áreas de risco que possuem degradação ambiental são muitas vezes as mesmas áreas com concentração de pobreza e privação social. Por isso, pode-se considerar que a *vulnerabilidade ambiental* é um fator relevante na configuração da distribuição espacial das situações de pobreza e exclusão social. A vulnerabilidade social é agravada por situações de risco e degradação ambiental. Além disso, as áreas com alta vulnerabilidade ambiental podem apresentar condições socioeconômicas significativamente piores (ALVES, 2006).

Alves (2006) estudou a vulnerabilidade socioambiental da cidade de São Paulo, e para operacionalizar a categoria vulnerabilidade ambiental, os indicadores utilizados foram relacionados à proximidade de cursos d'água e à cobertura de esgoto. Os setores censitários que se encontravam nas margens de cursos d'água e com baixa cobertura de esgoto foram classificados como *proxy* de áreas com alta vulnerabilidade ambiental.

Uma situação de alta vulnerabilidade socioambiental se configura justamente quando os grupos sociais mais pobres, e com menor capacidade de reação às situações de risco, residem nas áreas mais expostas à degradação ambiental e aos riscos (ALVES, 2006).

Portanto, existe uma tendência dos grupos de baixa renda residir em áreas com más condições urbanísticas e sanitárias e em situações de risco e degradação ambiental, como, por exemplo, terrenos próximos de cursos d'água e de lixões ou de alta declividade. A explicação mais geral é que estas constituem as únicas áreas acessíveis à população mais pobre, seja porque são áreas públicas ou de preservação (invadidas), seja porque se tratam de áreas muito desvalorizadas no mercado de terras, por serem pouco propícias à ocupação, devido às características de risco e à falta de infra-estrutura urbana (TORRES, 1997).

A população mais pobre geralmente não tem acesso aos serviços adequados de saneamento adequado, e acaba ocupando áreas expostas a altos níveis de poluição hídrica (ALVES, 2006). A falta de infraestrutura urbana, como os serviços de água, esgoto, coleta de lixo e drenagem pluvial, expõe as populações residentes nessas áreas a mais riscos ambientais, como as doenças de veiculação hídrica.

As doenças infecciosas e parasitárias se encontram entre as principais causadas de morte da cidade de São Luís. A ocorrência dos altos índices de óbitos decorridos dessas doenças está diretamente relacionada com as condições sanitárias e ambientais da região. Nos locais com o lançamento de esgotos sem tratamento nos recursos hídricos, logradouros públicos, praias e região estuarina também possuem a maior ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Essas doenças se caracterizam pela ingestão ou contato direto com água contaminada e seus agentes causadores (CAEMA, 2008).

As doenças de veiculação hídrica estão relacionadas no Código Internacional de Doenças (CID10, Capítulo I), que neste caso, matam 15,1% das crianças de 1 a 4 anos de idade, e 6,7% das pessoas considerando todos os grupos de idade (2008). As crianças com idade entre zero e quatro anos são as mais vulneráveis a doenças de veiculação hídrica, o que reforça a situação de vulnerabilidade socioambiental das áreas à beira dos cursos d'água e com baixa cobertura de esgoto (ALVES, 2006). O quadro abaixo aponta o número de mortes por causa de doenças infecciosas e parasitárias no ano de 2016 em São Luís.

Quadro 33 – Número de mortes por doenças infecciosas e parasitárias (Capítulo I, CID-10) no ano de 2016 na cidade de São Luís.

	IDADE (anos)												Total
	< 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	Mais de 80	
Número de óbitos	54	8	3	5	8	62	96	90	78	86	59	81	630

Fonte: Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM, 2016.

Existe uma relação direta entre exposição a riscos ambientais e precariedade de acesso a serviços públicos de acordo com Jacobi (1995). Boa parte dos domicílios localizados na periferia ou em favelas não está incluído na rede de esgoto, por isso os dejetos são lançados nos córregos próximos ou em fossas rudimentares que contaminam os lençóis freáticos, causando risco sanitário e poluição dos rios (TORRES e MARQUES, 2002; TASCHNER, 2000).

A área do sistema de esgotamento inclui as bacias hidrográficas do Bacanga, Anil, Praias e Paciência. Os rios que se encontram dentro desta área são os rios Bacanga, Bicas e Anil, parte do rio Paciência, o córrego Boa Vista, que é um afluente do rio São João e que faz parte da bacia do Jeniparama, além de os pequenos cursos d'água como os rios da Prata (Jaguarema), Claro (Seco), Pimenta e Calhau. Incluem-se também os reservatórios do Batatã, do Prata e Mãe Isabel (CAEMA, 2008).

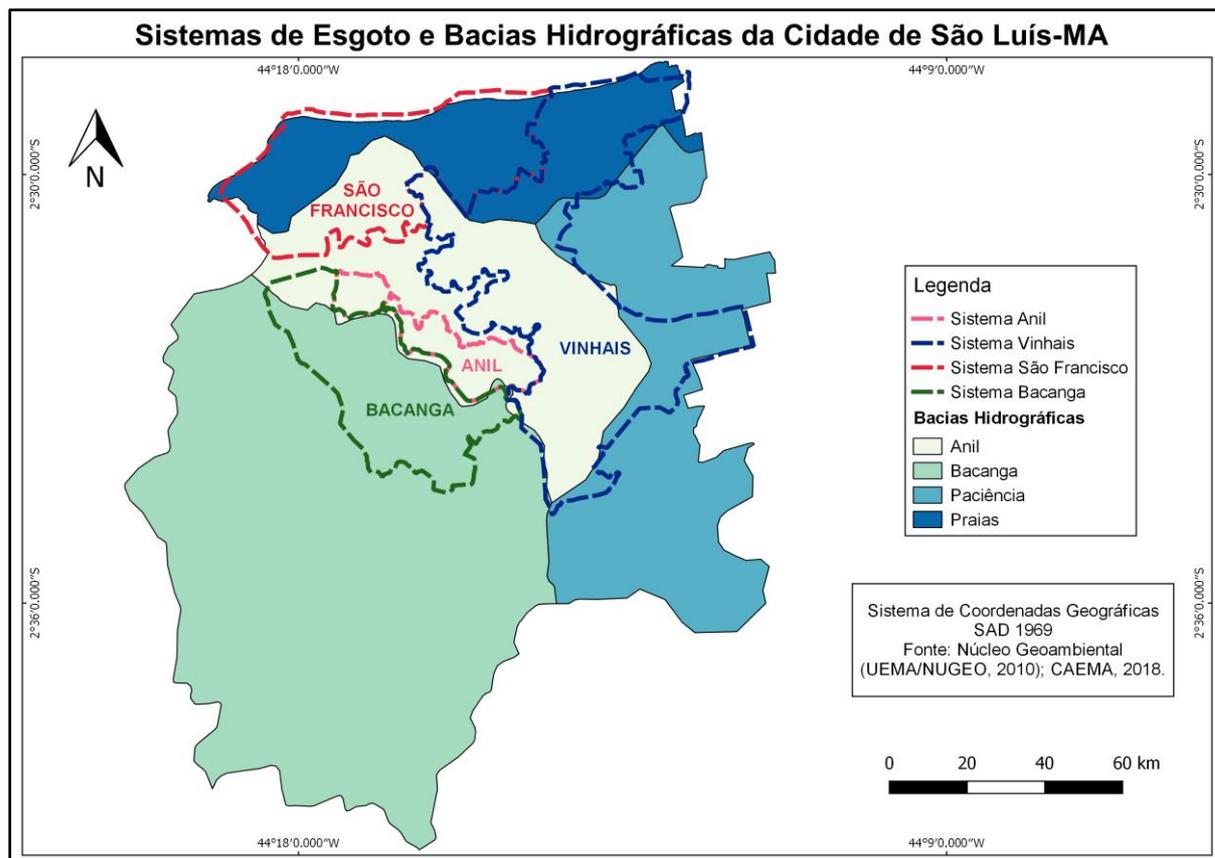


Figura 64 - Mapa da sobreposição dos sistemas de esgotamento sanitário nas bacias hidrográficas de São Luís. Fonte: Elaborado pela autora.

A porção da Bacia Bacanga situa-se na posição Centro-Sul, sendo limitada pelos divisores da Bacia do rio Anil e, no seu extremo-oeste pela Baía de São Marcos, onde se une ao rio Anil. A Bacia do rio Anil situa-se na posição norte, sendo limitada pelos divisores das bacias Oceânica, Bacanga e Paciência; e no extremo oeste, pela Baía de São Marcos, onde deságua o rio Anil. A porção considerada da Bacia Oceânica situa-se na posição norte, sendo limitada ao sul pelos divisores da Bacia do rio Anil, no seu extremo leste pelo contorno da Bacia do rio Paciência e a oeste e norte pelo Oceano Atlântico. As áreas contribuintes pertencentes à Bacia do rio Paciência situam-se na posição oriental, sendo limitadas pelos divisores da Bacia Oceânica ao norte, da Bacia Anil a oeste e a sul (CAEMA, 2008).

A ETE Bacanga despeja os efluentes tratados no rio Bacanga, enquanto que as ETES Jaracati, Vinhais e futuramente Anil têm o rio Anil como corpo receptor. Além disso, esgotos brutos são lançados na malha urbana, na rede pluvial, nos mangues, em cursos d'água ou a céu aberto. Os corpos d'água que recebem os esgotos são os rios Anil, Bacanga, Calhau, Claro, Pimenta, assim como a lagoa da Jansen e as praias. O Diagnóstico do Sistema

Existente da CAEMA enumerou a quantidade de pontos de lançamento de esgoto in natura por bairro de São Luís, como se pode ver no quadro abaixo.

Quadro 34 - Pontos de lançamento de esgoto in natura por bairro da cidade de São Luís-MA em 2008.

<b>BAIRROS</b>	<b>Número de lançamentos</b>
São Francisco	26
Ponta do Farol	10
Ilhinha	1
Calhau	2
Cohafuma	5
Recanto Vinhais	4
Recanto Vinhais II	3
Conjunto Vinhais	5
Centro	27
Liberdade	14
Monte Castelo	9
Kenedy	1
Bairro de Fátima	9
Parque Amazonas	1
João Paulo	9
Cohab	4
Vila Palmeira	6
Alemanha	8
Caratatiua	8
Ipase	4
Maranhão Novo	1
Bequimão	11
Cohama	1
Rio Anil	4
Angelim	1
Radional	2
Vera Cruz	8
Anil	3
Conjunto Santos Dumont	2
Cruzeiro do Anil	2
Planalto Anil II	4
Parque Aurora	1
Jardim das Margaridas	1
<b>TOTAL</b>	<b>197</b>

Fonte: CAEMA, 2008.

Até 1998, existiam vários estudos a respeito da qualidade dos corpos receptores: rio Anil, Bacanga e as praias. Porém após essa data não se registrou a existência de

monitoramento realizado por instituições públicas da qualidade da água dos rios. Apenas a qualidade das praias está sendo aferida pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado.

Nos anos 80, a vazão dos efluentes sanitários lançados no rio Anil era de 40.840,92 metros cúbicos por dia. Esse valor se refere ao esgoto que era coletado, por isso foi estimado que 10% desse volume seria lançado pelas habitações sem saneamento, especialmente das palafitas que estavam localizadas em manguezais. Esses pontos de lançamento in natura formam cinturões com condições sanitárias que implicam em baixa qualidade de vida das populações. As águas do rio Anil possuíam altos valores de coliformes fecais, por isso estão impróprias para uso recreativo e para a produção de alimentos, conforme a Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (MACEDO, 2012).

A bacia do rio Bacanga é a segunda mais urbanizada da cidade, perdendo apenas para a do rio Anil. O rio Bacanga é um depositário dos esgotos de São Luís, recebendo despejos tanto de descargas diretas quanto por meio dos seus tributários. O lançamento de efluentes domésticos teria uma vazão na ordem de 24.129,84 m<sup>3</sup> por dia. Esta bacia é considerada poluída tanto pelo lançamento dos esgotos, quanto pela disposição de lixo, desmatamento das áreas de manguezal e pela atividade intensa de pesca da região (MACEDO, 2012).

A bacia oceânica inclui os rios Calhau, Claro e Pimenta, que recebiam lançamentos de esgotos chegavam às praias formando “línguas de esgoto”, comprometendo assim a balneabilidade das praias. As águas da bacia do rio Paciência também se encontravam contaminadas devido ao lançamento de efluentes in natura. Por causa da formação geológica e pedológica da bacia, a infiltração das fossas, o lançamento das redes de esgoto ou de águas servidas a céu aberto contaminou os lençóis subterrâneos dessa bacia. Além disso, os rios dessa bacia apresentaram altos valores de coliformes, de amônia e de fosfato (MACEDO, 2012).

No entanto, a qualidade dos rios deveria ser aferida especialmente após nas últimas décadas por causa do incremento populacional e o aumento da geração de efluentes sanitários. Apesar as obras sanitárias, o lançamento in natura continua ocorrendo, dessa forma a qualidade dos rios ainda está comprometida. Especialmente por causa do funcionamento precário das ETEs Bacanga e Jaracati, comprometendo assim a qualidade dos rios e das praias de São Luís.

Muitas vezes as áreas de mangue são o corpo receptor de esgotos. Esses ambientes são fonte de alimentação de diversas espécies aquáticas, além de ser também uma das principais fontes de alimentação da população regional. Por isso, os efluentes precisam ser desinfetados (CAEMA, 2009a).

A ausência de saneamento ambiental na cidade causou inúmeros problemas ambientais, sociais e de saúde para a população ludovicense, especialmente para os bairros mais pobres onde o esgoto a céu aberto funciona como um meio de propagação de doenças de veiculação hídrica (NICACIO *et al.*, 2013). Além disso, a presença de esgotos lançados diretamente nas praias ocasionou a contaminação bacteriológica do oceano. E por isso, as praias da cidade tiveram sua qualidade diminuída e foram interditadas para banho. A principal causa da interdição das praias está relacionada à falta de serviços públicos de infraestrutura adequados relacionados ao saneamento. A existência de esgotos clandestinos também é um dos principais fatores de poluição das praias ludovicenses, causando um cenário de sério risco para a saúde pública com a propagação de diversas doenças de veiculação hídrica, como diarreia e cólera. Além das implicações na saúde humana, a proibição dos banhos nas praias resultou em um declínio no número de banhistas, afetando assim as opções de lazer na cidade e interferindo também na área do turismo, causando um efeito negativo na economia local (TRINDADE *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2009).

A balneabilidade se refere à utilização das águas para fins de recreação de contato primário que precisam ser monitoradas através de análises físico-químicas e/ou microbiológicas. Dessa forma, a qualidade das águas estaria garantida e por isso a saúde e o bem-estar da população estariam assegurados (CETESB, 2004).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) do Maranhão realiza o monitoramento semanal das condições de balneabilidade das principais praias da Região Metropolitana de São Luís. O mapa da Figura 65 representa espacialmente essas praias.

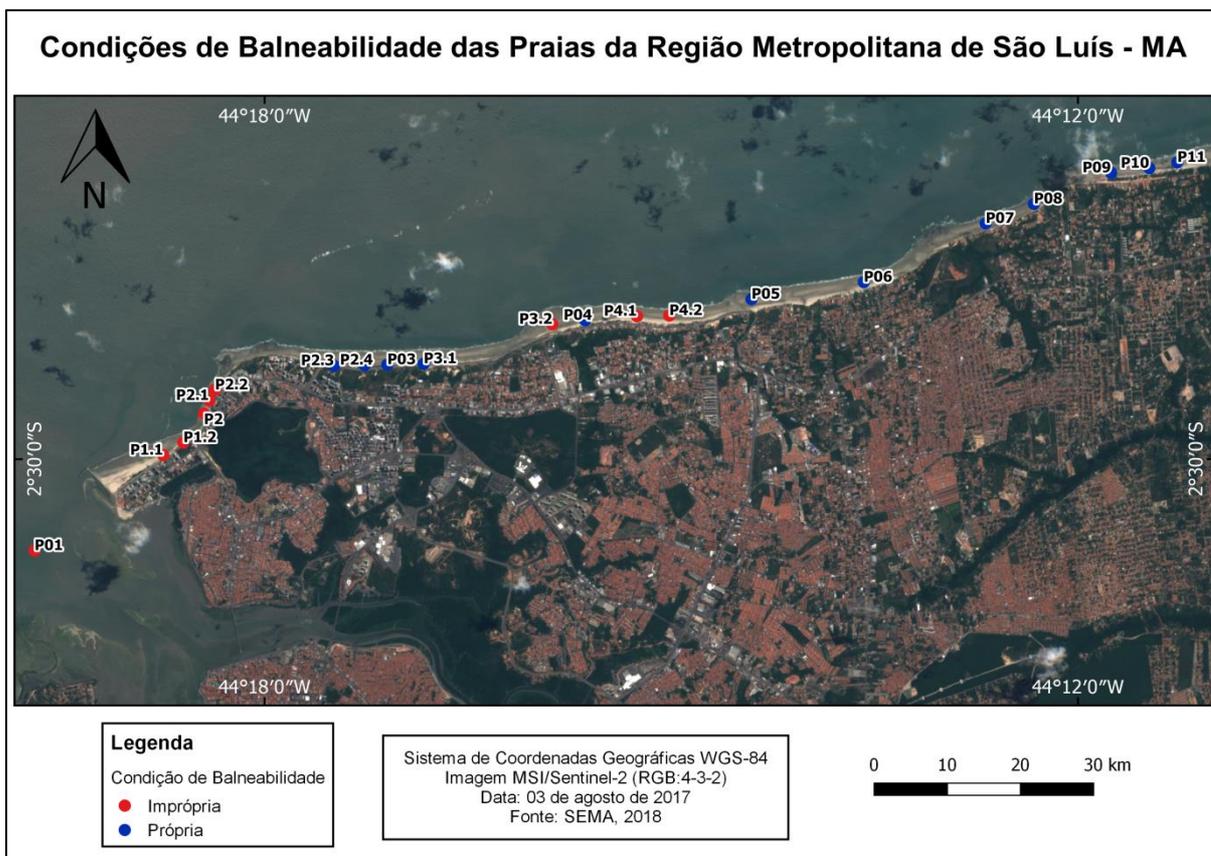


Figura 65 - Mapa da condição de balneabilidade das praias da Região Metropolitana de São Luís e os pontos de coleta de amostras. Fonte: Elaborado pela autora.

Os laudos considerados neste trabalho foram emitidos pelo Laboratório de Análises Ambientais (LAA) a partir do monitoramento no período de 05/08/2018 a 02/09/2018. Foram coletadas e analisadas amostras de água de vinte e um pontos distribuídos pelas praias Ponta d'Areia, São Marcos, Calhau, Olho d'Água, Praia do Meio e Araçagy. O monitoramento realizado atende aos padrões da Resolução CONAMA nº 274/00. Os resultados de balneabilidade estão contidos no quadro 35.

Quadro 35 - Pontos de coleta (21) das amostras de água distribuídas pelas praias da região metropolitana de São Luís e sua condição de balneabilidade.

PONTOS	LOCALIZAÇÃO	REFERÊNCIA	CONDIÇÃO
P01	Praia da Ponta D' areia	Ao lado do Forte Santo Antonio	IMPRÓPRIO
P1.1	Praia da Ponta D' areia	Atrás do Hotel Praia Mar	IMPRÓPRIO
P1.2	Praia da Ponta D' areia	Atrás do Bar do Dodô	IMPRÓPRIO
P2	Praia da Ponta D' areia	Em frente a Praça de Apoio ao Banhista	IMPRÓPRIO
P2.1	Praia da Ponta D' areia	Em frente ao Edifício Herbene Regadas	IMPRÓPRIO
P2.2	Praia da Ponta D' areia	Em frente ao Hotel Brisa Mar	IMPRÓPRIO
P2.3	Praia de São Marcos	Em frente aos Bares Do Chef e	PRÓPRIO

		Marlene's	
P2.4	Praia de São Marcos	Em frente a Barraca da Marcela	PRÓPRIO
P03	Praia de São Marcos	Em frente ao Agrupamento Batalhão do Mar	PRÓPRIO
P3.1	Praia de São Marcos	Em frente ao IPEM e ao Bar Kalamazoo	PRÓPRIO
P3.2	Praia de São Marcos	Foz do Rio Calhau	IMPRÓPRIO
P04	Praia do Calhau	À direita da elevatória II da CAEMA	PRÓPRIO
P4.1	Praia do Calhau	Em frente a Pousada Tambaú	IMPRÓPRIO
P4.2	Praia do Calhau	Em frente ao Bar Malibu	IMPRÓPRIO
P05	Praia do Olho d'Água	A direita da Elevatória Pimenta I	PRÓPRIO
P06	Praia do Olho d'Água	À direita da Elevatória Iemanjá II	PRÓPRIO
P07	Praia do Meio	Em frente ao Bar do Capiau	PRÓPRIO
P08	Praia do Meio	Em frente ao Bar da Praia	PRÓPRIO
P09	Praia do Araçagy	Em frente ao Fatima's Bar	PRÓPRIO
P10	Praia do Araçagy	Em frente ao Bar Novo Point	PRÓPRIO
P11	Praia do Araçagy	Em frente ao Bar do Isaac	PRÓPRIO

Fonte: SEMA (2018)

A sobreposição e acumulação da vulnerabilidade ambiental com a social representa um desafio para as políticas públicas, pois estas muitas vezes são compartimentalizadas. As políticas de habitação, saneamento e meio ambiente são políticas públicas relacionadas com situações de vulnerabilidade socioambiental, por isso deveriam ser formuladas e implementadas de forma conjunta e integrada (ALVES, 2006). A distribuição desigual dessas situações no espaço urbano deve ser abordada de uma maneira interdisciplinar para alcançar mais efetividade na busca de soluções.

## CONCLUSÃO

A análise do serviço de esgotamento sanitário da cidade de São Luís permitiu a elaboração de um diagnóstico do esgotamento sanitário a partir de três bases de dados diferentes: os dados do Censo de 2010 do IBGE, os dados da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão e os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Neste trabalho foi utilizada uma metodologia em SIG para tratar sobre o saneamento básico na escala municipal.

Em 2010, o município de São Luís possuía 53,5% dos domicílios atendidos com saneamento adequado. Aproximadamente 46,6% do município estava ligado a rede de esgoto, 19,7% possuíam fossas sépticas, 23,1% destinavam os esgotos por fossas rudimentares, 4,7% dispunham em valas, e 2% destinavam os efluentes sanitários diretamente em rios, lagos ou nas praias.

O Sistema existente de Esgotamento Sanitário de São Luís era composto pelos sistemas Anil, Bacanga, Vinhais e São Francisco, que continham as duas Estações de Tratamento de Esgotos do Bacanga e do Jaracati, 59 Estações Elevatórias de Esgoto e mais 560 km de redes coletoras e interceptores. Entre 2008 e 2011, os Projetos Executivos do sistema de esgotamento propuseram a construção de novas redes coletoras, interceptores de esgoto, estações elevatórias, linhas de recalque e duas novas Estações de Tratamento de Esgoto (Anil e Vinhais). Em junho de 2018, 100 km de rede coletora, de interceptores e de linhas de recalque já haviam sido construídos. Isso significa que apenas 27% da rede coletora planejada haviam sido construídas. A ETE Vinhais já estava funcionando, e as obras da ETE Anil estavam em andamento. Das trinta e quatro estações elevatórias planejadas, apenas três haviam sido finalizadas e onze estavam no processo de construção. De acordo com a CAEMA, essas obras já teriam aumentando o índice de tratamento de esgoto para 20%. Esses dados mostram que a obra ainda está longe de ser concluída, porém aponta um bom avanço.

Em 2016, o município de São Luís possuía apenas 47,75% de atendimento total de esgoto, e 50,5% da população urbana era atendida pelos serviços de esgotamento sanitário. Em relação ao tratamento de esgoto, 11,04 % era tratado em relação à água consumida pela cidade.

A maior dificuldade encontrada durante a construção desse diagnóstico se refere à dificuldade de acesso a informações ou a incongruência dos dados encontrados. A congruência das informações em conjunto com a veracidade dos dados é fundamental para a criação de um bom diagnóstico do serviço de esgotamento sanitário. A existência de um

diagnóstico de boa qualidade é capaz de orientar o planejamento, inclusive na busca pela universalização do saneamento.

As obras de infraestrutura de esgotamento sanitário realizadas em São Luís contribuem para a busca da universalização do acesso ao saneamento básico. No entanto, muitas áreas da capital ainda não possuem a infraestrutura de esgotamento sanitária adequada. Portanto, o andamento observado das obras a meta estipulada do programa Mais Saneamento seja atingida. Além disso, no ritmo de andamento das obras a universalização desse serviço dificilmente será alcançada até 2030, como foi estipulado pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Por isso, a busca pela universalização do acesso ao serviço de saneamento básico na cidade de São Luís continua sendo um desafio, que deverá ser combatido principalmente com a melhora a gestão do esgotamento sanitário.

Em conclusão, pode-se afirmar que as obras de infraestrutura de esgotamento não estão localizados nas áreas de maior vulnerabilidade social. Algumas regiões de maior vulnerabilidade podem estar situadas dentro da área da rede coletora, no entanto é claro que a maior área dentro desta são regiões com média ou baixa vulnerabilidade social. Portanto, as obras de infraestrutura de esgotamento sanitário estão concentradas nas áreas de menor vulnerabilidade social da cidade São Luís, e também tendem a se encontrar mais próximas a orla da cidade, em função da prioridade de recuperação da balneabilidade das praias.

A população mais pobre que geralmente não tem acesso aos serviços adequados de saneamento adequado, e acaba ocupando áreas expostas a altos níveis de poluição hídrica. A falta de atendimento de esgoto expõe as populações residentes nessas áreas a riscos sanitários e ambientais, como as doenças de veiculação hídrica.

A análise em conjunto da vulnerabilidade ambiental com a social representa um desafio para as políticas públicas, pois essas muitas vezes são compartimentalizadas. Por isso, as políticas de habitação, saneamento e meio ambiente deveriam ser tratadas de forma integrada, considerando as desigualdades socioespaciais do ambiente urbano, e assim buscando soluções mais apropriadas.

Aponta-se assim que estudos posteriores a respeito do avanço das obras, além da manutenção das unidades de esgoto são importantes para avaliar o real impacto que esses empreendimentos estão exercendo em São Luís. Da mesma forma, a análise dos dados do Censo 2020 e do IVS referente à este ano poderão retratar essas mudanças na realidade do esgotamento sanitário da cidade, assim como o andamento das obras. Além disso, é importante ressaltar que estudos mais atuais a respeito da qualidade dos rios da cidade e dos pontos de lançamento in natura de esgoto são importantes para caracterizar o impacto

ambiental que o déficit de esgotamento sanitário causou na cidade. Esse conjunto de informações aliado ao diagnóstico elaborado nessa dissertação pode servir de fundamentação para o processo de tomada de decisões e para a busca de soluções para a questão do esgoto na cidade de São Luís. Espera-se que assim a gestão do saneamento da cidade continue apresentando melhorias e com isso as populações que mais são afetadas pela ausência desses serviços possam ser consideradas prioridades. Dessa maneira, o cenário de vulnerabilidade socioambiental da cidade poderia melhorar com a existência de um serviço mais amplo e de maior qualidade do esgotamento sanitário e a consequente redução dos riscos à saúde humana.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas - ANA. **Atlas Esgotos**: despoluição de bacias hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017.

Alves, H.P.D.F., 2006. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos de População*.

ANJOS NETO, S. P. **Aspectos históricos e diagnóstico técnico operacional do sistema de esgotos sanitários de São Luís**. São Luís: [s.n], 2006.

ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: **New tools for spatial analysis**. 1. ed. Luxembourg: Eurostat, 1994. p. 45–54.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

ANSELIN, L. et al. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: **Spatial Analytical Perspectives in GIS**. 1. ed. london - UK: Taylor & Francis, 1996. v. 4p. 121–138.

ANSELIN, L.; SYABRI, I.; KHO, Y. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. **Geographical Analysis**, v. 38, n. 1, p. 5–22, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. (1986). NBR 9649/1986: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

\_\_\_\_\_. Decreto-Lei no 949, de 13 de outubro de 1969.

\_\_\_\_\_. Lei de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007). Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB / Ministério das Cidades. Brasília, maio, 2013. 172p.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p.

\_\_\_\_\_. Presidência da República; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 1º Balanço do PAC 2015 - 2018. Brasília, 2015.

\_\_\_\_\_. Presidência da República; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 1º Balanço do PAC 2015 – 2018 (Maranhão). Brasília, 2015.

\_\_\_\_\_. Presidência da República; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 4º Balanço do PAC 2015 – 2018 (Maranhão). Brasília, 2017.

\_\_\_\_\_. Presidência da República; Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. PAC: Programa de Aceleração do Crescimento. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/>> . Acesso em: 28 de julho de 2017.

\_\_\_\_\_. Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS, Ministério das Cidades. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2018.

BRITO, C. D. D. S. B. (2009). O processo de uso e ocupação do solo urbano previsto no plano diretor de São Luís-MA.

BROWN, C., NEVES-SILVA, P., HELLER, L. (2016). The human right to water and sanitation: a new perspective for public policies. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21(3), 661-670.

BURNETT, Frederico Lago. **São Luís por um triz**: escritos urbanos e regionais. São Luís: EDUEMA, 2012.

BUZAI, G. D. **La exploración geodigital**. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2000.

CAEMA. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO (CAEMA)/ESSE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. (Org.). **Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de São Luís - Etapa 1 – Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga: Diagnóstico da Situação Atual**. São Luís: Caema, 2008. Volume I. (Tomo I).

CAEMA. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO (CAEMA)/ESSE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. (Org.). **Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de São Luís Etapa 1 – Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga: Reavaliação do Estudo de Impacto Ambiental**. São Luís: Caema, 2009a. 93 p. (Tomo VII).

CAEMA. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO. **Apresentação Operacional**. 2009b. Disponível em: <[http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=115](http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=115)>. Acesso em: 18 ago. 2018.

CAEMA. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO (CAEMA)/ESSE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. (Org.). **Projetos Executivos do Sistema de Esgotamento Sanitário do Município de São Luís Etapa 1 – Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga: Memorial Descritivo Sistema São Francisco**. São Luís: Caema, 2010. 54 p. (Tomo III).

CAEMA. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO MARANHÃO (CAEMA)/ESSE ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. (Org.). **Projetos Executivos do Sistema de**

**Esgotamento Sanitário do Município de São Luís Etapa 1 – Sistemas São Francisco, Anil, Vinhais e Bacanga: Memorial Descritivo Sistema Bacanga.** São Luís: Caema, 2011a. 42 p. (Tomo IV).

CAEMA. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO. **Histórico da CAEMA.** 2011b. Disponível em: <[http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com\\_content&view=article&id=677&Itemid=103](http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com_content&view=article&id=677&Itemid=103)>. Acesso em: 18 ago. 2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Anil – PAC 1.** 2018a. São Luís: CAEMA, maio/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Anil – PAC 2.** 2018b. São Luís: CAEMA, maio/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Vinhais – PAC 1.** 2018c. São Luís: CAEMA, maio/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Vinhais – PAC 2.** 2018d. São Luís: CAEMA, maio/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Vinhais das Sub-Bacias dos Rios Pimenta e Claro – PAC 2.** 2018e. São Luís: CAEMA, junho/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema São Francisco da Sub-Bacia do Rio Canaã – PAC 1.** 2018f. São Luís: CAEMA, junho/2018.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Relatório de Acompanhamento de Obra do Sistema Bacanga – PAC 2.** 2018g. São Luís: CAEMA, maio/2018.

CARMIGNAMI, A. Por que GIS?. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Diretoria Técnica e Meio Ambiente, São Paulo – SP, 1998.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S. D.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: **Análise espacial de dados geográficos**, v. 2, 2002.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Litorâneas no Estado de São Paulo – Balneabilidade das Praias. Série Relatórios. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: CETESB, 2004.

CORDOVEZ, J.C. **Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana.** In. I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 2001, Aracajú. Anais I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracajú: Prefeitura Regional de Aracajú, p.1-19.

COSTA, H. O. S.; PEREIRA, E. D.; JAGUAR, A. A. T. **Análise espaço-temporal na bacia de drenagem do reservatório Batatã - São Luís – MA. 2015.** Disponível em: [http://www.sengema.com.br/anexo\\_download.kmf?cod=1140](http://www.sengema.com.br/anexo_download.kmf?cod=1140). Acesso em maio, 2016.

ESA - European Space Agency. The Sentinel-2 Mission Guide. Disponível em: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 10 ago 2018.

ESPÍRITO SANTO, José Marcelo (Org.). **São Luís: uma leitura da cidade.** Prefeitura de São Luís / Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade. São Luís: Instituto da Cidade, 2006.

ESPÍRITO SANTO, José Marcelo (Org.). **São Luís: uma leitura da cidade.** Prefeitura de São Luís / Instituto de Pesquisa e Planificação da Cidade. São Luís: Instituto da Cidade, 2014.

FERREIRA, C. D. **Análise da Aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água.** Dissertação (Mestrado), UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas – SP, 2005.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FUNCATE. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** Fundação de Ciências, Aplicações e Tecnologias Espaciais, 1997.

Governo do Estado do Maranhão. Agência de Notícias. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/com-programa-mais-saneamento-governo-resgata-potencial-turistico-de-sao-luis>>. Acesso em maio, 2017.

Governo do Estado do Maranhão. Agência de Notícias. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/direitos-humanos/apos-conclusao-ete-anil-ira-beneficiar-56-mil-pessoas-em-cerca-de-20-bairros>>. Acesso em maio, 2017.

Governo do Estado do Maranhão. Agência de Notícias. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/com-plano-de-recuperacao-da-balneabilidade-e-mais-saneamento-governo-trabalha-para-manter-praias-da-ilha-liberadas-para-banho/>>. Acesso em maio, 2017.

Governo do Estado do Maranhão. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA. Nota técnica sobre monitoramento das condições de balneabilidade das praias - 06/09/2018. **2018. Disponível em:** <<http://www.sema.ma.gov.br/arquivos/1536258675.pdf>>. **Acesso em: 07 set. 2018.**

GWP. (2014). **GWP Strategy Towards 2020 – A Water Secure World.** Global Water Partnership, Stockholm.

HELLER, L. Relação entre Saúde e Saneamento na Perspectiva do Desenvolvimento. *Ciência e Saúde Coletiva*. v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

HELLER, L. Basic sanitation in Brazil: lessons from the past, opportunities from the present, challenges for the future. *Journal of Comparative Social Welfare*, 23(2), pp.141-153, 2007.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de Qualidade do Meio Ambiente – RQMA: Brasil 2013 / Diretoria de Qualidade Ambiental. – Brasília: Ibama, 2013. 268 p.

IBGE. Censo Demográfico 2010: agregado por setores censitários dos resultados do universo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

IBGE. Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Centro de Documentação e Disseminação de Informações, 2011b. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base\\_de\\_informacoes\\_por\\_setor\\_censitario\\_universo\\_censo\\_2010.pdf](http://www.ipea.gov.br/redeipea/images/pdfs/base_de_informacoes_por_setor_censitario_universo_censo_2010.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2018.

IBGE. **Atlas de saneamento 2011**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011a.

IBGE. **Áreas urbanizadas do Brasil: 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Geografia, 2017. 98 p. (Relatórios Metodológicos, v.44). Disponível em: <[https://www.ibge.gov.br/apps/areas\\_urbanizadas/](https://www.ibge.gov.br/apps/areas_urbanizadas/)>. Acesso em: 24 jun. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal 2015**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>> Acesso em 20 de março de 2018.

IPEA. **Atlas da Vulnerabilidade Social nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Brasília DF: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, 2015

JACOBI, P. R. Moradores e meio ambiente na cidade de São Paulo. **Cadernos CEDEC**, São Paulo, n. 43, 1995.

MACEDO, L. A. A. **A urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2011. 148p. Coleção São Luís 400 anos.

MENDONÇA, J.K.S.; GUERRA, A.J.T.; MENDES, M. R. **Diagnóstico da erosão urbana no município de São Luís-MS (\*)**. Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ABGE, Goiânia, 2001.

MILLER, H. J. Potential contributions of spatial analysis to geographic information systems for transportation (GIS- T). **Geographical Analysis**, v. 31, n. 4, p. 373–399, 1999.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2016. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: abril 2018.

MONTANHA JUNIOR, E. P. Diagnóstico da utilização de sistemas de informações geográficas na gestão de redes de água e esgoto por órgãos municipais nas mesorregiões de Araçatuba/Bauru (SP). Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de São Carlos, 2011.

MONTEIRO, S.R.D.R.P., 2012. O marco conceitual da vulnerabilidade social. *Sociedade em Debate*, 17(2), pp.29-40.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil:** elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007. p.35.

MORAIS, M. D. P., & COSTA, M. A. (2010). **Infraestrutura social e urbana no Brasil:** subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: Ipea, 2010, v. 2, 912 p.

MORAN, P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena. **Biometrika**, v. 37, n. 1/2, p. 17–23, 1950.

NICACIO, L. R.; CAMPOS, G.; ROCHA, M. C.; MENDES, J. S. **ÁREAS NOBRES E ÁREAS PERIFÉRICAS:** notas preliminares sobre a alocação desigual de equipamentos e serviços coletivos urbanos (esgotamento sanitário) na cidade de São Luís – MA. VI Jornada Internacional de Políticas Públicas – 20 a 23 de agosto de 2013. Cidade Universitária da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

NOVAES, Roberta Costa et al. **Análise da sensibilidade ambiental da parte ocidental da Ilha do Maranhão.** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21–26 abril 2007, p. 4089-4096, 2007.

OLIVEIRA, Mayara Silva; FARIAS FILHO, Marcelino Silva . **Uso do solo, industrialização e consequente urbanização na área de proteção ambiental do Maracanã, São Luís-Ma.** In: I Simpósio Maranhense Sobre Manejo e Conservação dos Solos, 2012, São Luís. Anais do I Simpósio Maranhense Sobre Manejo e Conservação dos Solos. São Luís: EDUFMA, 2012. v. 1. p. 1-10.

PEREIRA, Ediléa Dutra. Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório batatã-São Luís (MA). 2006.

PEREIRA, J.A.R., CARDOSO, A.C.D., MENDES, F.D.C., LIMA, J.J.F., GUTIERREZ, L.A.C.L., MACHADO, L.C.G.T., VALENTE, M.L.M.G, SILVA, V.M.D., 2003. **Saneamento ambiental em áreas urbanas:** esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belém. Universidade Federal do Pará/Núcleo de Meio Ambiente.

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SOARES, Jaqueline Maria. **Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação.** Belém: NUMA, UFPA. 2006.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. In *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável* (pp. xviii-842). 2010.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Programa Bacia do Bacanga.** Disponível em: <[http://www.saoluis.ma.gov.br/projetos.asp?id\\_projeto=11](http://www.saoluis.ma.gov.br/projetos.asp?id_projeto=11)>. Acesso em: 2 ago 2018.

Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). **O Direito Humano à Água e Saneamento.**

RIBEIRO, B. M. G.; MENDES, C. A. B. **Índice de Qualidade Ambiental Urbano: uma proposta metodológica aplicada a áreas urbanas de ocupação irregular.** In: Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), 2015, João Pessoa - PB. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015.

Resolução da Assembleia Geral da ONU. Resolução A/RES/64/292. Disponível em: <[www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292)>. Acesso em maio, 2016.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico de São Paulo: **Norma Técnica SABESP NTS 025**. 2006. Disponível em: Acesso em 3. Junho. 2018.

SÃO LUÍS. Secretaria Municipal Extraordinária de Projetos Especiais. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico PMISB de São Luís – MA (2011)**. Disponível em: <[http://www2.saoluis.ma.gov.br/custom\\_files/File/Arquivos%20Pref%2003\\_06\\_2013/Produto\\_II\\_Diagnostico.pdf](http://www2.saoluis.ma.gov.br/custom_files/File/Arquivos%20Pref%2003_06_2013/Produto_II_Diagnostico.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2018.

SILVA, I. R. da; PEREIRA, L.C.C., GUIMARÃES, D. de O.; TRINDADE, W.N., ASP, N.E., COSTA, R.M. da, 2009. **Environmental status of urban beaches in São Luís (Amazon Coast, Brazil)**. Journal of Coastal Research, 56, 1301-1305.

SILVA, Jessyca Ferreira da; LIMA, Cristiane dos Santos. **Expansão urbana na zona costeira de São Luís-MA: a gestão ambiental inserida no gerenciamento costeiro**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador - BA – Brasil, 25 a 28 de novembro. 2013.

SILVA, Romero Gomes Pereira da. **Cenários dos espaços verdes urbanos no Brasil**. 2018. 386 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

Site do Instituto Trata Brasil. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/sao-luis-e-considerada-a-quarta-pior-capital-em-saneamento-basico-no-pais-blog-interligado-online>>. Acessado em 8 de fevereiro, 2017.

Site do Portal Saneamento Básico. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/mais-saneamento-garante-melhorias-na-balneabilidade-das-praias-de-sao-luis/>>. Acesso em fevereiro, 2017.

SOARES, S. R. A., NETTO, O. D. M. C., & BERNARDES, R. S. (2003). Avaliação de aspectos político-institucionais e econômico-financeiros do setor de saneamento no Brasil com vistas à definição de elementos para um modelo conceitual. *Engenharia sanitária e ambiental*, 8(1/2), 84-94.

SOBRINHO P.A., TSUTIYA, T. M. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. DEHS/USP–Escola Politécnica. São Paulo. 1999.

SODRÉ, E. S. P.; FARIAS FILHO, M. S. **Perda de qualidade ambiental nas praias de São Marcos e Calhau em São Luís-MA em função da poluição por resíduos sólidos e**

**deposição de efluentes líquidos.** Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, Porto Alegre – RS – Brasil. 2010.

SOUSA, L.; TRAVASSOS, L. **Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas.** Cadernos Metrópole, n. 19, p. 27-47, 2008. Disponível em: <[http://www.cadernosmetropole.net/download/cm\\_artigos/cm19\\_118.pdf](http://www.cadernosmetropole.net/download/cm_artigos/cm19_118.pdf)>. Acesso em: 10 junho, 2017.

SOUSA, I. D S. de; MÍLEN, A. F.; RIBEIRO, C. S.; LOPES, F. C. F.; DIAS, L. J. B. S. **Urbanização e perturbações ambientais em áreas de cabeceiras de drenagem no centro da Ilha do Maranhão.** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia – GO, BRASIL. 6 a 10 de setembro de 2006.

SOUZA, M.S. de, 2009. Meio ambiente urbano e saneamento básico. *Revista Mercator*, 1(1).

THOMÉ, R. **Fronteira de eficiência em serviços de saneamento no Estado de São Paulo.** Dissertação (Mestrado) apresentada a Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

TORRES, H. **Desigualdade ambiental em São Paulo.** Tese de doutorado em Ciências Sociais. Campinas: IFCH-Unicamp, 1997.

TORRES, H.; MARQUES, E. Tamanho populacional das favelas paulistanas. Ou os grandes números e a falência do debate sobre a Metrópole. ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13, Ouro Preto, 2002. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 2002.

**Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em maio, 2017.

TRATA BRASIL (2013). Ranking do Saneamento – Instituto Trata Brasil: nova metodologia e resultados. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/pdfs/relatorio-completo-GO.pdf>>. Acesso em julho, 2017.

TRATA BRASIL (2017). Ranking do Saneamento – Instituto Trata Brasil: nova metodologia e resultados. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/pdfs/relatorio-completo-GO.pdf>>. Acesso em julho, 2017.

TRINDADE, W. N. et al. **The effects of sewage discharge on the water quality of the beaches of São Luís (Maranhão, Brazil).** Journal of Coastal Research, n. 64, p. 1425, 2011.

TSIHRINTZIS, V. A., HAMID, R., & FUENTES, H. R. (1996). Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water resources management*, 10(4), 251-277.

UHR, Júlia Gallego Ziero; SCHMECHEL, Mariana; UHR, Daniel de Abreu Pereira. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace. v. 7, n. 2, p. 01-16, 2016.

UNITED NATIONS (2015). **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. New York, NY, USA: United Nations.

UN-Water. (2013). **Analytical Brief on Water Security and the Global Agenda**. Disponível:

<[http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater\\_watersecurity\\_analyticalbrief.pdf](http://i.unu.edu/media/unu.edu/publication/34287/UNWater_watersecurity_analyticalbrief.pdf)>. Acesso em maio, 2016.

USGS - United States Geological Survey. Landsat Missions. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/>>. Acesso em: 15 maio 2018.

USGS - United States Geological Survey. Shuttle Radar Topography Mission, 1 Arc Second. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>>. Acesso em: 15 ago 2018.

VAN BEEK, Eelco; ARRIENS, Wouter Lincklaen. Water Security: Putting the Concept into Practice. **GWP TEC Background Paper**, n. 20, 2014.

YOUNG, Anthony D.; GRAHAM, Jeffrey A.; JOHANSON, Ralph G. GIS as a Tool for Modeling Sanitary Sewer Expansions. **Proceedings of the Water Environment Federation**, v. 2000, n. 4, p. 512-526, 2000.