



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**VALDINEI MENDES DA SILVA**

**PLANO DIRETOR SETORIAL DO SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: ALTERNATIVAS DE  
CONCEPÇÃO PARA A ÁREA DE MAIOR ADENSAMENTO  
POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA**

**Belém  
2005**

**VALDINEI MENDES DA SILVA**

**PLANO DIRETOR SETORIAL DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO: ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO PARA A ÁREA  
DE MAIOR ADENSAMENTO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO  
DE BELÉM-PA**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Programa de Pós-graduação em  
Engenharia Civil da Universidade  
Federal do Pará, para obtenção de  
título de Mestre em Engenharia Civil,  
área de Concentração Recursos  
Hídricos e Saneamento Ambiental

**Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.**

**Belém**

**2005**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –**  
Biblioteca Central/ UFPA, Belém-PA

---

Silva, Valdinei Mendes da.

Plano Diretor Setorial do Sistema de Esgotamento Sanitário: alternativas de concepção para a área de maior adensamento populacional do município de Belém - PA / Valdinei Mendes da Silva; orientador, Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira. – 2006.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2005.

1. Saneamento – Belém (PA) – Planejamento. 2. Planejamento urbano – Belém (PA). 3. Esgoto – Belém (PA) - Planejamento. I. Título

CDD - 21. ed. 628.30682

---

**VALDINEI MENDES DA SILVA**

**PLANO DIRETOR SETORIAL DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO: ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO PARA A ÁREA  
DE MAIOR ADENSAMENTO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO  
DE BELÉM-PA**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, especialidade Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, e aprovada na sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira  
Orientador – UFPA

---

Profº. Dr. José Julio Ferreira Lima  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo – DAU/UFPA

---

Profº Dr. Marcos Ximenes Ponte  
Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA/UFPA



## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe (in memoriam) e ao meu pai que me ajudaram a superar os desafios ao longo de minha vida, à minha filha Lorena, aos meus irmãos Vandson, Vanderlei e Viviani, a minha tia Joana, ao Félix que juntamente com todos os meus amigos e familiares souberam compreender minha ausência em vários momentos, e finalmente à Jaqueline em razão de sua importância indiscutivelmente decisiva tanto neste trabalho como em minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me abençoar e guiar meus caminhos todos os dias.

Ao Professor e orientador José Almir Rodrigues Pereira pela confiança depositada, orientação, incentivo e sugestões em todas as fases da execução deste trabalho.

Aos meus familiares e amigos pela compreensão e colaboração nos momentos de dificuldade.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento - GPHS, Jorge Pantoja Filho, Edgleuberson Guimarães Rocha, Frederico Cunha, Gilberto Barreto, Andressa Santos, Rubens Rodrigues, Monique Dias, Mauro Bentes, Bruno Freitas, em especial, a Ana Julia que participaram efetivamente nos momentos de trabalho e de descontração, contribuindo decisivamente na elaboração deste trabalho.

A pesquisadora M. Sc. Jaqueline Soares do GPHS pela dedicação, profissionalismo e empenho demonstrados durante todas as etapas da elaboração deste trabalho;

A todos os demais pesquisadores e bolsistas que fazem ou que já fizeram parte do GPHS e que direta ou indiretamente me ajudaram em minha formação acadêmica e profissional.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da UFPA, pela contribuição ao longo do curso.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. José Julio Ferreira Lima, por suas contribuições sempre valiosas e por sua participação na banca examinadora.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Marcos Ximenes Ponte, do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos pela participação na Banca examinadora.

Profª M. Sc. Marise Teles Condurú, do Núcleo de Meio Ambiente da UFPA pela valiosa contribuição.

A COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará, pelo apoio e informações disponibilizadas.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente dispuseram suas valiosas colaborações para a realização deste trabalho.

*A superação de desafios em busca dos objetivos almejados é tão estimulante quanto cansativa e requer no mínimo atitude.*

*Valdinei Mendes da Silva.*

## SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
LISTA DE MAPAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE QUADROS.....	16
LISTA DE ESQUEMAS.....	17
LISTA DE GRÁFICOS.....	18
LISTA DE SIGLAS.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 JUSTIFICATIVA.....	24
3 OBJETIVOS.....	26
3.1 OBJETIVO GERAL.....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	27
4.1 INFRA-ESTRUTURA URBANA NO BRASIL.....	27
4.2 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO.....	34
4.2.1 Plano diretor urbano.....	35
4.2.2 Planos diretores setoriais.....	41
4.3 PLANO DIRETOR SETORIAL DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	44
4.3.1 Sistema de Esgotamento Sanitário.....	45
4.3.1.1 Unidade de coleta e transporte.....	46
4.3.1.2 Unidade de elevação.....	57
4.3.1.3 Unidade de tratamento.....	59
4.3.1.4 Destinação final.....	60
4.3.2 Concepção dos sistemas de esgotamento sanitário.....	61
4.3.3 Projeção da população.....	66
4.3.4 Critérios e parâmetros de projeto.....	71
4.3.5 Bacias e Sub-Bacias de Esgotamento.....	72
4.3.6 Sistemas existentes.....	72
4.3.7 Sistema de esgotamento sanitário centralizado e descentralizado..	73
4.3.7.1 Sistemas integrados (centralização).....	73
4.3.7.2 Sistemas isolados (descentralização).....	74
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	77
5.1 ÁREA DE ESTUDO.....	77
5.2 FASES DA PESQUISA.....	78
5.2.1 FASE I – Pesquisa bibliográfica e documental.....	79
5.2.2 FASE II – Caracterização da RMB, município de Belém e área de planejamento.....	79
5.2.3 FASE III – Análise dos estudos e projetos para a implantação do SES .....	80
5.2.4 FASE IV – Definição das bacias de esgotamento sanitário.....	81
5.2.5 FASE V – Projeção populacional.....	82
5.2.6 FASE VI – Estimativa de vazão de esgoto.....	83
5.2.7 FASE VII – Alternativa para ampliação do SES na área central da RMB.....	84
6 RESULTADOS.....	85

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	85
<b>6.1.1 Caracterização da RMB.....</b>	<b>85</b>
<b>6.1.2 Caracterização do município de Belém.....</b>	<b>87</b>
<b>6.1.3 Caracterização da área de planejamento.....</b>	<b>103</b>
6.2 ANÁLISE DOS ESTUDOS E PROJETOS E PARA A IMPLANTAÇÃO DO SES NO MUNICÍPIO DE BELÉM.....	113
<b>6.2.1 Concepção do Projeto Fox &amp; Partner (1906 a 1911).....</b>	<b>113</b>
<b>6.2.2 Reformulação do Projeto Fox &amp; Partner (1912 a 1915).....</b>	<b>115</b>
<b>6.2.3 Concepção do Projeto Byington &amp; Cia (1955 a 1967).....</b>	<b>118</b>
<b>6.2.4 Reformulação do Projeto Byington &amp; Cia (1971 a 1972).....</b>	<b>123</b>
<b>6.2.5 Concepção do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da RMB... </b>	<b>128</b>
<b>6.2.6 Concepção do Projeto UNA (1988).....</b>	<b>133</b>
<b>6.2.7 Concepção do Projeto PROSANEAR.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2.8 Concepção do Projeto PROSEGE.....</b>	<b>141</b>
<b>6.2.9 Análise dos Estudos e Projetos Realizados.....</b>	<b>143</b>
6.3 ALTERNATIVAS PARA DA AMPLIAÇÃO DO SES.....	145
<b>6.3.1 Definição das bacias de esgotamento sanitário.....</b>	<b>145</b>
<b>6.3.2 Projeção populacional.....</b>	<b>148</b>
<b>6.3.3 Estimativa de vazão de esgoto.....</b>	<b>156</b>
<b>6.3.4 Propostas de alternativa para ampliação do SES no Município de Belém.....</b>	<b>157</b>
6.3.4.1 Unidades de Tratamento e Destino Final.....	160
6.3.4.2 Unidade de coleta de esgoto.....	170
6.3.4.3 Alternativa 1.....	176
6.3.4.4 Alternativa 2.....	177
6.3.4.3 Alternativa 3.....	178
6.3.4.6 Alternativa 4.....	179
6.3.4.7 Alternativa 5.....	180
6.3.4.8 Alternativa 6.....	181
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>186</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>190</b>

## RESUMO

No presente trabalho são propostas concepções para subsidiar o planejamento da ampliação da coleta, tratamento e destino final de esgoto no município de Belém, mais especificamente na área de maior densidade populacional, que apresenta 1.143.946 habitantes e baixo índice de atendimento com Sistema de Esgotamento Sanitário (SES). Para isso, são necessárias ações voltadas à expansão dessa infra-estrutura, o que deve ocorrer de forma sustentável, eficiente, integrada e planejada. No trabalho são analisados estudos e projetos anteriormente realizados na área em questão, diagnosticado o SES existente, elaborada a projeção populacional no período de 2005-2025 e calculada a demanda de esgoto nos próximos 20 anos, para, então, serem formuladas as alternativas de concepção. As 6 (seis) alternativas de concepção são fundamentadas na descentralização progressiva do SES, apresentando variações no número de Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs e nas características de coleta e transposição de esgoto sanitário entre as bacias de esgotamento e de localização das ETEs. A melhor alternativa foi a de número 3 (três), que apresenta tratamento de esgoto o mais próximo do local de geração. O trabalho pretende contribuir na tomada de decisão para ampliação do SES no Município de Belém.

**Palavras - chave:** Planejamento. Alternativa. Esgoto. Concepção. Centralização. Descentralização.

## ABSTRACT

In this work are proposed conceptions to support the expansion planning of the collecting system, treatment and final disposal of sewer in Belém City, more specifically in the area which has the larger population density (1,143,946 inhabitants) and low Sanitary Sewer System (SSS) assistance rate. For that, actions in order to expand this infra-structure are necessary and it must occur in sustainable, efficient, planned and integrated ways. In the work are analyzed studies and projects already carried out on the planning area. Firstly, it was made a diagnostic of the SSS existent. Then it was elaborated the population projection on the period from 2005 to 2025 and calculated the sewer demand for the next 20 years. Finally, with these data, it was formulated the conception alternatives. The 6 (six) conception alternatives are based on SSS progressive decentralization showing variations concerning the number of Sewer Treatment Stations (STP), collection and transposition features of sanitary sewer among the sewerage system basins and the location of the STSs. The alternative 3 (three) was the best one because it presents sewer treatment closer to its source. The work intends to contribute towards taking decisions in order to expand the SSS in Belém City.

**Keywords:** *Planning. Alternative. Sewer. Conception. Centralization. Decentralization.*



## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização geográfica da área de estudo.....	77
Mapa 2 - Localização geográfica da RMB.....	86
Mapa 3 - Localização geográfica do município de Belém .....	88
Mapa 4 – Zoneamento do Município de Belém .....	92
Mapa 5 - Área de planejamento .....	103
Mapa 6 - Limite da primeira légua patrimonial.....	104
Mapa 7 - Concentração da edificação da área de planejamento. ....	105
Mapa 8 - Densidade demográfica da área de planejamento. ....	106
Mapa 9 - Zoneamento da área de planejamento.....	107
Mapa 10 – Limites dos Bairros na área de planejamento. ....	110
Mapa 11 - Rede hídrica na área de planejamento. ....	111
Mapa 12 - Bacias de drenagem da área de planejamento.....	112
Mapa 13 - Concepção do Projeto Fox & Partner.....	114
Mapa 14 - Reformulação do Projeto Fox & Partner apresentado em 1912...	116
Mapa 15 - Concepção do projeto Byington & Cia – 1955.....	119
Mapa 16 - Concepção da reformulação do projeto Byington & Cia 1955.....	124
Mapa 17 - Sistemas existentes na área de estudo até o final da década de 1970 .....	127
Mapa 18 - Bacias de esgotamento do PDES de 1987. ....	128
Mapa 19 - Pólos de esgotamento do PDES de 1987 .....	129
Mapa 20 - Concepção apresentada no PDES - 1987. ....	132
Mapa 21 – Concepção inicial do projeto UNA.....	134
Mapa 22 – Reformulação do projeto Una.....	135
Mapa 23 – Área com Tanques Sépticos e áreas não atendidas. ....	136
Mapa 24 - Concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto no projeto PROSANEAR.....	138
Mapa 25 - Concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto no projeto PROSEGE.....	141
Mapa 26 - Sistemas existentes na área de estudo.....	144
Mapa 27 - Planialtimetria da área de planejamento .....	145
Mapa 28 - Bacias coletoras de esgotamento .....	146
Mapa 29 - Setores censitários do IBGE. ....	148

Mapa 30 - Bairros e bacias coletoras de esgotamento .....	149
Mapa 31 - Setores de abastecimento nas bacias coletoras de esgotamento	151
Mapa 32 – População de início e final de plano.....	155
Mapa 33 – Produção de esgoto final de plano (2005).....	156
Mapa 34 - Sub-bacias de esgotamento.....	158
Mapa 35 - Sub-bacias de esgotamento contempladas na pesquisa .....	159
Mapa 36 - limites das bacias compatibilizadas com imagem de satélite.....	161
Mapa 37 - Áreas para implantação das unidades de tratamento de esgoto ..	169
Mapa 38 - Sub-bacias de esgotamento contempladas na pesquisa .....	170
Mapa 39 - Concepção da Alternativa 1. ....	176
Mapa 40 - Concepção da Alternativa 2. ....	177
Mapa 41 - Concepção da Alternativa 3 .....	178
Mapa 42 - Concepção da Alternativa 4 .....	179
Mapa 43 - Concepção da Alternativa 5 .....	180
Mapa 44 - Concepção da Alternativa 6 .....	181
Mapa 45 - Comparação das 6 alternativas.....	182
Mapa 46 – Alternativa escolhida (Alternativa 4) .....	184

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rede coletora de esgoto nas capitais da Região Norte. ....	30
Tabela 1 - Distritos sem rede coletora de esgotos .....	30
Tabela 4 - Parâmetros de projeto.....	83
Tabela 5 - Resultados dos censos demográficos do IBGE para os municípios da RMB, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000.....	93
Tabela 6 - Número de estabelecimentos e matrículas, segundo o tipo de ensino, por esfera administrativa, no município de Belém - 2000. ....	95
Tabela 7 - Instituições que atuam na gestão de linhas de ônibus na RMB ....	100
Tabela 8 - Projeções populacionais realizados por ocasião do projeto Byington & Cia. ....	122
Tabela 9 - Área das Bacias e Pólos de esgotamento de acordo com PDES 1987. ....	129
Tabela 10 - Estimativa de vazão de esgoto utilizada no PDES -1987.....	131
Tabela 11 - Pólos de esgotamento conforme PDES 1987. ....	131
Tabela 12 - Informações da área beneficiada. ....	139
Tabela 13 - Setores contemplados no PROSANEAR .....	140
Tabela 14 – População IBGE por bacia de esgotamento.....	148
Tabela 15 - População de bairros por bacia de esgotamento no ano de 2000/PMB.....	150
Tabela 16 - População setores de abastecimento de água por bacia de esgotamento.....	152
Tabela 17 - Populações das bacias de esgotamento no de 2005.....	153
Tabela 18 - Características das bacias de esgotamento.....	153
Tabela 19 - Projeção populacional para o período de 2005 a 2009.....	154
Tabela 20 - Projeção populacional para o período de 2010 a 2014.....	154
Tabela 21 - Projeção populacional para o período de 2015 a 2019.....	154
Tabela 22 - Projeção populacional para o período de 2020 a 2025.....	154
Tabela 23 - Vazão de esgoto para início ( $k_2$ ) e final de plano ( $k_1, k_2$ ).....	156
Tabela 24 – Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 2. ....	171
Tabela 25 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 3.....	172
Tabela 26 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 3.....	173
Tabela 27 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 4.....	174

Tabela 28 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 4.....	175
Tabela 29 - Características das bacias de esgotamento.....	185

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diretrizes gerais estabelecidas para elaboração de Plano Diretor .	39
Quadro 2 - Impactos no meio urbano sob análise dos elementos dos Planos Setoriais. ....	44
Quadro 3 - Tipos de e processo utilizados para o tratamento de esgoto. ....	59
Quadro 4 – Usos predominantes na área de planejamento. ....	107
Quadro 5 - Bairros na área de planejamento. ....	110
Quadro 6 - Estudos e projetos para implantação do SES na RMB .....	113
Quadro 7 - Coleta de esgoto na primeira légua patrimonial proposta no projeto Byington & Cia.....	121
Quadro 8 - Concepção da reformulação do projeto Byington & Cia 1955.....	123
Quadro 9 - Concepção do sistema de pré-condicionamento proposto pela firma CENSA- HIDROCONSULT .....	125
Quadro 10 - Concepção apresentada no PDES - 1987. ....	131
Quadro 11 - Informações dos pontos de lançamento final .....	139
Quadro 12 - Estudos e projetos para implantação do SES no município de Belém .....	143
Quadro 13 – Informações bacias de esgotamento.....	147
Quadro 14 - Divisão em sub-bacias. ....	157
Quadro 15 - Resumo das características de cada alternativa.....	183

## LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1 – Orientação geral para elaboração de planos diretores.....	36
Esquema 2 – Relação Plano Diretor e Planos Setoriais. ....	42
Esquema 3– Sistema unitário de coleta de esgoto .....	48
Esquema 4 – Sistema separador parcial de coleta de esgoto.....	49
Esquema 5 – Sistema separador absoluto de coleta de esgoto.....	50
Esquema 6 – Sistema convencional de esgoto.....	53
Esquema 7 – a) Sistema condominial fundo de lote, b) Sistema condominial frente de lote, c) Sistema condominial tipo de passeio. ....	55
Esquema 8 – Concepção do sistema de esgotamento sanitário.....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Taxa de Urbanização do Brasil de 1940 a 2000 .....	27
Gráfico 2 – Percentual de rede coletora por distrito por Região brasileira .....	29
Gráfico 3 - Gráfico extrapolação gráfica.....	70
Gráfico 4 - Crescimento populacional em Belém, 1872 a 2000.....	93
Gráfico 5 - Projeções populacionais realizados por ocasião do projeto Byington & Cia .....	122
Gráfico 6 - Projeções da população abastecida utilizada no PDES - 1987 ....	130

## LISTA DE SIGLAS

ARCON	Agência Estadual de Regulação e Controle de Serviços Públicos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COHAB	Companhia de Habitação do Estado do Pará
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém
CTBel	Companhia de Transportes do município de Belém
CPRM	Companhia de Pesquisas Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
DEMUTRAN	Departamento Municipal de Transportes e Trânsito
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ELETOBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadorias, Bens e Prestações Serviços
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão
MC	Ministério das Cidades
NUMA	Núcleo de Meio Ambiente
PIB	Produto Interno Bruto
PDTU	Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Belém
PDES	Plano Diretor de Esgoto Sanitário da Região Metropolitana de Belém
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
Projeto UNA	Programa de Recuperação da Bacia do Una
PMB	Prefeitura Municipal de Belém
PROSANEAR	Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda
PROSEGE	Programa de Recuperação da Bacia do Una, do Programa de Ação Social em Saneamento
RMB	Região Metropolitana de Belém



SAAEB	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SECTAM	Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará
SECULT	Secretaria Executiva de Cultura do Pará
SEICON	Secretaria Executiva de Indústria, Comércio e Mineração
SEDUC	Secretaria Executiva de Educação do Pará
SESMA	Secretaria Municipal de Saúde de Belém
SETRAN	Secretaria Executiva de Transportes do Estado do Pará
SEMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SNA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UFPA	Universidade Federal do Pará
UHT	Usina Hidrelétrica de Tucuruí
ZAOO	Zona Adensável acima do Coeficiente Básico
ZACB	Zona Adensável até o Coeficiente Básico
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEPA	Zona Especial de Proteção Ambiental
ZPA	Zona de Preservação Ambiental
ZEPPC	Zona Especial de Proteção do Patrimônio Histórico Cultural
ZH	Zona Habitacional
ZI	Zona Industrial
ZIUE	Zonas de Interesse Urbano Especial
ZO	Zona Ordinária
ZS	Zona de Serviço
ZUM	Zona de Uso Misto

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de infra-estrutura são indispensáveis às condições de salubridade, proteção ambiental e desenvolvimento de áreas urbanas, sendo os sistemas de saneamento (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana) diretamente relacionados com a saúde pública.

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), publicado na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), em 2002, 50% da população dos centros urbanos brasileiros não dispõe de esgotamento sanitário e cerca de 8% não recebe água tratada, indicando que o crescimento populacional não tem sido acompanhado pela extensão dos sistemas de saneamento.

Além do inerente déficit com esses serviços, os índices expressam a diferença entre o percentual de atendimento com água e esgoto, já que sempre foi maior o número de projetos e obras de sistemas de abastecimento de água do que de esgotamento sanitário, apesar de que esses serviços deveriam ser planejados e executados de forma simultânea.

Como a maioria das cidades brasileiras não apresenta Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), os dejetos são lançados *in natura* no sistema de drenagem, no solo ou nos corpos d'água, contribuindo para aumentar a degradação dos mananciais de água (superficiais e subterrâneos) e, conseqüentemente, para elevação dos custos de tratamento de água (SOARES, 2004).

Essa situação justifica a necessidade de planejamento da ampliação da cobertura, construção e operação dos sistemas de saneamento ambiental em comunidades urbanas e rurais.

O Plano Diretor Setorial de Esgotamento Sanitário (PDSES) é um dos instrumentos de planejamento de ações em áreas urbanas visando

subsidiar a elaboração de projetos e a execução de obras para melhor e/ou ampliar o sistema.

Ainda é relevante destacar que, além do planejamento, é necessário o efetivo monitoramento do SES, garantindo sua sustentabilidade, já que as obras a serem realizadas devem possibilitar a expansão e o desenvolvimento urbano (ESGOTAMENTO..., 2005).

Pereira et al. (2005) destacam que o planejamento do SES deve considerar os aspectos físicos, ambientais e sócio-econômicos, os quais são relevantes para garantir ações que atendam a demanda dos municípios, contemplando o atual sistema e estejam de acordo com a capacidade de investimento das concessionárias/prefeituras responsáveis pelo serviço.

Apesar da necessidade de expansão dos sistemas de saneamento, os elevados custos de implantação dos sistemas de esgoto tornam onerosa a implantação e universalização desse serviço, contribuindo para o enorme déficit de atendimento no Brasil (FERNANDES, 1997).

Esses elevados custos de implantação e operação de sistemas de esgotamento sanitário são influenciados, significativamente, pela definição da concepção do sistema, pois existem diversas variáveis inseridas no processo de escolha da alternativa que melhor atende as exigências técnicas, econômicas, sociais e ambientais de determinada área.

Várias foram as propostas que objetivaram solucionar os problemas de esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belém – RMB, as quais apresentaram como características a centralização do tratamento de esgoto, o que, normalmente, requer grandes investimentos aplicados em única etapa.

As opções existentes para a implementação de SES devem ser consideradas dentro das necessidades específicas de cada caso, por isso, é de suma importância que os sistemas, centralizados ou descentralizados, visem à redução do investimento inicial, a instalação de números adequados de ETEs e

a minimização do custo operacional assegurando, portanto, a sustentabilidade do sistema.

Dessa forma, na fase de planejamento deverão ser estudadas diferentes alternativas de concepção do SES, daí a recomendação crescente do planejamento urbano. Nesse sentido, o Plano Diretor Setorial do SES é importante ferramenta para subsidiar o atendimento de demanda da população por coleta, tratamento e destino final do esgoto sanitário, o que deve ocorrer de forma tecnicamente e socialmente adequada, ambientalmente segura, economicamente e viável.

## 2 JUSTIFICATIVA

Os estudos e projetos para implantação do SES no município de Belém foram iniciados em 1906, com o projeto Fox & Partner. Ao longo de quase todo o século XX, até o ano de 1990, diversos estudos e projetos foram realizados como: Projeto Byington & Cia, Estudos para lançamento na baía de Guajará; Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário etc. (Barbosa e Silva, 2002). Contudo, nem todos esses estudos e projetos resultaram na efetiva realização de obras para estruturar o sistema de esgotamento sanitário no município de Belém.

Segundo a Companhia de Saneamento do Pará (1984), dos 1.013.227 habitantes da área urbana do município de Belém no ano de 1984, somente 106.191 (10%) dispunham de rede de esgoto. Em 2000 (16 anos depois) de acordo com Mendes e Pereira (2003), somente 344.000 habitantes dos 1.280.000 habitantes do município de Belém<sup>1</sup> no ano de 2000, dispunham coleta e tratamento de esgoto sanitário, ou seja, cerca de 27% da população total do município, o que representa acréscimo de cerca de 17% em 16 anos.

Os números apresentados por Mendes e Pereira (2003) incluem intervenções do poder público realizadas na última década do século XX, quando foram projetados e executados sistemas de esgotamento sanitário com recursos do Programa de Macro Drenagem da Bacia do Una (Projeto UNA), do Programa de Ação Social em Saneamento (PROSEGE) e do Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda (PROSANEAR).

Vale destacar que esses valores somente poderiam ser considerados caso esses sistemas estivessem concluídos e funcionando satisfatoriamente, o que não ocorre. Logo, é prudente ressaltar que os verdadeiros índices de atendimento são inferiores aos apresentados.

---

<sup>1</sup> População estimada pelo IBGE no ano 2000.

Por outro lado, a falta de integração desses Programas e as limitações de recursos/investimentos ocasionaram atendimento pontual, sendo necessária a implementação de soluções que universalizem a coleta e o tratamento de esgotos sanitários, não somente no município de Belém, mas em toda a Região Metropolitana, o que, naturalmente, requer planejamento integrado.

A segmentação e a desarticulação observada entre os projetos realizados também podem ser atribuídas ao não cumprimento das diretrizes para ampliação do SES no município de Belém, apresentadas no Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de 1987, sendo ainda significativo o déficit no atendimento do SES, o que indica a necessidade de serem traçados novos caminhos.

Desse modo, o não atendimento ou a falta de atualização do PD do SES de 1987 pode explicar o atual déficit de coleta e tratamento de esgoto, bem como, indica a necessidade de serem traçados novas concepções para o SES do Município de Belém.

É preciso avaliar e definir o tipo de coleta, tratamento, e destino final dos efluentes, avaliando a viabilidade da centralização e/ou descentralização das unidades do SES, bem como as vantagens e desvantagens relacionadas à implantação e aos custos operacionais e de manutenção dos sistemas concebidos.

Assim, no presente trabalho são avaliadas as dificuldades para implantação do SES, sendo apresentadas alternativas de concepção, baseadas na coleta convencional tipo separador absoluto e no estudo da centralização e descentralização das unidades de tratamento e destino final, visando a ampliação desse sistema na área de maior densidade populacional do município de Belém, na qual, logicamente, os impactos do lançamento de esgoto bruto no meio ambiente afetam de forma mais intensa a estética urbana e a saúde da população.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar alternativas de concepção do Sistema de Esgotamento Sanitário para o planejamento e ampliação da cobertura na área de maior densidade populacional do município de Belém.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar os estudos e projetos realizados para coleta, tratamento e destino final de esgoto na área do estudo;
- Diagnosticar os sistemas de esgotamento sanitário existentes na área do estudo;
- Indicar possíveis áreas para locação de unidades de tratamento de esgoto.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

### 4.1 INFRA-ESTRUTURA URBANA NO BRASIL

Em países desenvolvidos, a urbanização representa melhoria da qualidade de vida e expansão da rede de serviços. No entanto, nos países da América Latina, em decorrência do intenso êxodo rural e da carência de empregos no campo entre outros, há, juntamente com o crescimento populacional, o crescimento do número de favelas, da economia informal, num processo denominado “inchaço” urbano (ZUQUIM; BENEDICTIS, 2005).

A taxa de urbanização no Brasil, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004), passou de 31,20% em 1940 para 55,90% em 1970 e para 81,20% no ano 2000, de acordo com Gráfico 1, o que representa significativo crescimento da população nas áreas urbanas. Isso se deu, segundo Santos (2004), dentre outros fatores, em decorrência da migração campo-cidade, impulsionada pelo processo de industrialização.

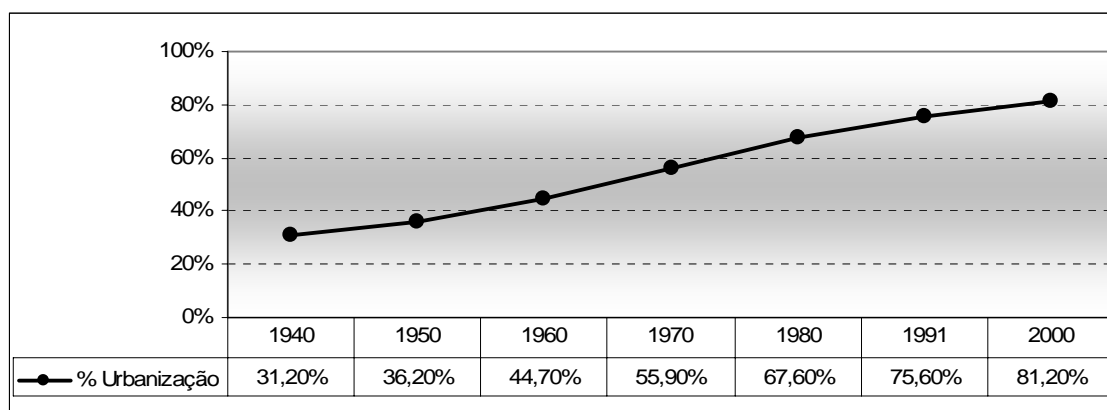


Gráfico 1 - Taxa de Urbanização do Brasil de 1940 a 2000  
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004)

O crescimento físico da cidade, resultante do seu crescimento econômico e demográfico, produz expansão da área urbana, por meio de loteamentos, conjuntos habitacionais, indústrias, *shopping centers*, diversos equipamentos urbanos, processando-se nas áreas já urbanizadas e construídas, muitas vezes resultando em renovações urbanas (ZMITROWICZ; ANGELIS NETO, 1997).



Assim, a pressão exercida pelo desenvolvimento urbano, estimula o poder público a tomar decisões necessárias para promoção de investimentos em infra-estrutura urbana, sendo que esta, segundo Zmitrowicz e Angelis Neto (1997), é um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo ser vista sob os aspectos social, econômico e institucional, sendo que:

- no aspecto social, a infra-estrutura urbana visa promover adequadas condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança;
- no aspecto econômico, a infra-estrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviços;
- no aspecto institucional, a infra-estrutura urbana deve propiciar os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas, entre as quais se inclui a gerência da própria cidade.

Os mesmos autores citam que a engenharia urbana concebe e gerencia sistemas técnicos setoriais, componentes da infra-estrutura que compreende o Subsistema Viário (vias urbanas), Subsistema de Drenagem Pluvial, Subsistema de Abastecimento de Água, Subsistema de Esgotos Sanitários, Subsistema Energético e Subsistema de Comunicações.

Vale ressaltar que, dentre os instrumentos de gestão de política urbana, o Plano Diretor Urbano destaca os subsistemas técnicos setoriais, por meio dos Planos Setoriais, os quais abrangem: transporte urbano, abastecimento de água, drenagem urbana, esgotamento sanitário e resíduos sólidos.

Na maioria dos municípios brasileiros, o atendimento com infra-estrutura urbana não vêm acompanhando o crescimento da população, destacando-se os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento

sanitário, conforme pode ser observado na comparação temporal dos índices de atendimento desses sistemas, mostrados a seguir.

De acordo com Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), dos 9.848 distritos brasileiros, em relação aos 141,9 milhões de habitantes residentes em áreas urbanas, 94,3% são beneficiados.

Os índices referentes à prestação de serviço de esgoto são bem mais preocupantes, pois segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), apenas 41,60% dos 9.848 distritos brasileiros apresentam coleta de esgotos, sendo o menor índice constatado na Região Norte com somente 5,77% dos distritos e o maior índice constatado na Região Sudeste com 81,67% dos distritos contemplados com rede coletora de esgoto, conforme Gráfico 2.

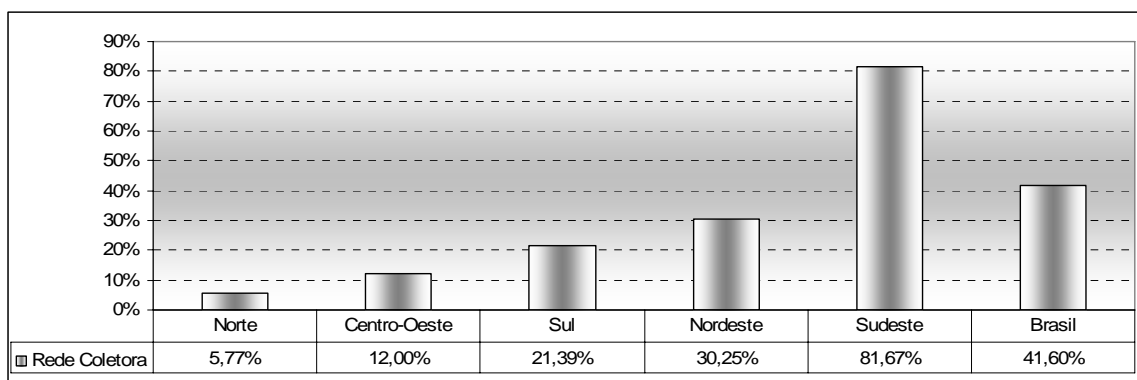


Gráfico 2 – Percentual de rede coletora por distrito por Região brasileira

A partir dos valores apresentados na Tabela 1 é possível constatar que a falta de saneamento atinge grande número de cidades do Norte do Brasil, sendo somente 35 dos 607 distritos contemplados com rede de esgoto o que é particularmente preocupante e resulta em grave e constante poluição/contaminação do meio ambiente.

Tabela 1 - Rede coletora de esgoto nas capitais da Região Norte.

Capital	Distritos	Rede de Esgoto
Rio Branco	1	1
Macapá	5	1
Manaus	1	1
Belém	8	4
Rondônia	76	5
Porto Velho	12	1
Boa Vista	1	1
Palmas	3	1
<b>Norte</b>	<b>607</b>	<b>35</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002).

Nos distritos brasileiros sem rede coletoras de esgoto, são adotadas soluções alternativas como Fossa Séptica e Sumidouro, Fossa Seca, lançamento em Vala Aberta e Cursos D'água conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Distritos sem rede coletora de esgotos

Regiões	Total de Distritos	Distritos sem Rede Coletora de Esgoto						
		Principal Solução Alternativa						
		Total	Fossa Séptica e Sumidouro	Fossa Seca	Vala Aberta	Lançamentos em Cursos D'água	Outras	Não Disponível
Brasil	9.848	5.751	2.776	2.431	197	143	185	19
Norte	607	572	182	284	85	14	4	3
Nordeste	3.084	2.151	1.026	865	94	53	113	-
Sudeste	3.115	571	146	312	10	52	40	11
Sul	2.342	1.841	1.234	555	8	24	17	3
Centro-Oeste	700	616	188	415	-	-	11	2

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), o déficit em relação aos índices de tratamento de esgoto é de 65% visto que, somente 35% do esgoto coletado recebe algum tipo de tratamento.

Segundo Pereira (2003), o número expressivo de municípios que não dispõem de coleta e tratamento de esgotos ocorre em razão de o saneamento não ser encarado como prioridade e, portanto, faltar política eficaz para direcionar as ações nesse setor. Isso faz com que os programas de saneamento acabem tendo caráter individual e localizado em municípios específicos, sendo que algumas questões político-partidário-administrativas

dificultam a formulação de política única de implantação de infra-estrutura sanitária nos municípios brasileiros, o que, naturalmente, prejudica a obtenção de recursos para esse tipo de investimento, já que, de maneira geral, não é raro o setor de saneamento ter reduzido orçamento nas esferas federal, estadual e municipal.

Além disso, o mesmo autor ressalta a falta de planejamento na forma de plano diretor do município, a insuficiente articulação e mobilização popular e os altos custos de construção dos sistemas de esgotamento sanitário que não favorecem a implantação dessa infra-estrutura urbana.

Cada vez mais, a desestruturação do SES é observada nas maiores zonas urbanas brasileiras, pois o acelerado crescimento populacional resulta em aumento na degradação do ambiente e em prejuízos à saúde pública.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, as taxas elevadas e crescentes de urbanização observadas nas duas últimas décadas, colocam o Brasil no mesmo contexto que caracteriza a América Latina e o mundo (BRASIL, 2002a), ou seja, um generalizado e oneroso agravamento dos chamados problemas urbanos, ocasionados pelo (a):

- Crescimento desordenado e, por vezes, fisicamente concentrado;
- Ausência ou carência de planejamento de sistemas de infra-estrutura;
- Demanda não atendida por recursos e serviços de toda ordem;
- Obsolescência da estrutura física existente, pelos padrões ainda atrasados de gestão e pelas agressões ao ambiente urbano.

Essa situação, e em particular a desestruturação do SES, é um desafio à sociedade, já que existe a necessidade de implantação de redes coletoras e estações de tratamento de esgoto nos espaços urbanos, respeitando e atendendo as diferenças existentes em tais espaços.

Segundo Soares (2004), um dos entraves para a expansão dos serviços de saneamento, particularmente, de coleta, transporte e tratamento dos esgotos são os custos elevados das obras para construção do sistema, especialmente pelos investimentos no setor de saneamento não serem compatíveis com a demanda existente atualmente no país, principalmente nas regiões mais pobres, em que a população reside na periferia das metrópoles ou nas pequenas e médias cidades do interior.

Outra dificuldade para reverter tal situação é a lógica da auto-sustentação tarifária, onde o retorno do investimento deve ser garantido, excluindo, assim, grande parte da população carente (BRASIL, 2002b).

A partir da análise do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do PNSB/IBGE 2002, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), do Ministério das Cidades - MC afirma que cerca de 83 milhões de brasileiros residentes em áreas urbanas não dispõem de esgotamento sanitário adequado, desses, mais de 36 milhões vivem nas regiões metropolitanas (BRASIL, 2004).

Em muitos casos, os domicílios sequer apresentam instalações sanitárias (banheiros), situação que atinge milhões de pessoas na área urbana e também, na área rural.

Costa (2005) observa que a distribuição dessa demanda se concentra nas áreas mais pobres do Brasil, sendo que mais de 93 milhões de pessoas que vivem nas cidades e têm ou deveriam ter seus esgotos coletados por rede pública (uma parte pode ser servida por tanques sépticos) não possuem seus esgotos tratados.

Nas Regiões Metropolitanas é facilmente identificada a degradação dos corpos d'água que recebem esgoto *in natura*, comprometendo a qualidade da água por meio de elevadas concentrações de matéria orgânica, contribuindo no aumento da carga poluidora/contaminante e inviabilizando os diversos usos (SOARES et al., 2005).

Segundo estudo realizado pela SNSA/MC, para universalizar os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário até 2020 serão necessários aproximadamente R\$ 178,4 bilhões (BRASIL, 2004). Nesses valores são considerados recursos necessários para a expansão e reposição de ativos, tanto no meio urbano quanto no rural, dos serviços de abastecimento de água (produção e distribuição) e esgotamento sanitário (coleta, tratamento e disposição final).

A falta de uma Política Nacional e seus rebatimentos nos estados e municípios; o baixo nível de alocação de recursos orçamentários e os sucessivos contingenciamentos de recursos de financiamentos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) e outros ao setor público, e a fragilidade nas regras de acesso ao setor privado, contribuem para o entendimento da insuficiente implementação de sistemas de saneamento ao longo dos anos (COSTA, 2005).

Nesse contexto, é indispensável a difusão do conhecimento tecnológico do SES, bem como é necessária a elaboração de Plano Diretor Urbano e/ou do Plano Diretor Setorial de Esgotamento Sanitário, pois, em qualquer investimento, a garantia de eficiência e economia de recursos é diretamente relacionada com o planejamento prévio das unidades de coleta, transporte e tratamento de esgoto e destino final do efluente tratado.

Os sistemas de saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana) são diretamente relacionados com a melhoria da qualidade e expectativa de vida da população, com a proteção do meio ambiente e com o desenvolvimento urbano, sendo, portanto, indispensável que as autoridades busquem a universalização desses serviços.

## 4.2 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO

As comunidades humanas sempre conviveram com problemas, sendo possível observar que, nas metrópoles da Antiguidade, os grupos e as instituições vivenciaram grandes aflições, desconfortos, imposições e restrições nos espaços em que viviam, sendo que a ordenação desses jamais foi plenamente satisfeita (CHOAY apud CARDOSO; VALADARES, 2002).

Atualmente, os espaços utilizados são chamados de cidades, nas quais a ordenação continua a produzir insatisfação nos grupos que hoje compõem a sociedade. Esses espaços revelam características de urbanização e são objetos do processo de planejamento urbano. Para entendimento sobre a discussão atual dos problemas observados nos espaços urbanos, é importante a compreensão do que é uma cidade. Segundo Campos Júnior (2000), a cidade é uma construção de todos, onde existem atores que personificam interesses de classes e de grupos das mais diversas origens.

Essa visão traz a idéia de produção de ações para construção de espaço em que as necessidades das classes sociais coexistem, assim, as ações são reveladas, tanto dos grupos que usam o espaço urbano, como daqueles que detêm a autoridade de gerir sua evolução, a partir da utilização de ferramentas legais de controle e desenvolvimento das cidades.

Assim, no contexto de uso de instrumentos legais para ordenação dos espaços habitáveis são destacadas as medidas governamentais, por meio dos dispositivos legais, como:

- a) Planos Diretores Urbanos;
- b) Instrumentos de controle do uso e ocupação do solo;
- c) Planos setoriais.

É importante ressaltar que a relação entre esses instrumentos utilizados no planejamento urbano deve considerar aspectos físico-territoriais,

ambientais e técnicos, além de demonstrar harmonia, para o atendimento das demandas da sociedade, por meio de referências aos valores sociais.

#### **4.2.1 Plano diretor urbano**

Os problemas das cidades precisam ser enfrentados nos limites de projetos aceitos socialmente, ou seja, o projeto deve ser um conjunto de idéias claras, aperfeiçoadas em debate, com objetivo de tratar a administração da cidade e deve pautar-se em aspectos únicos da cidade (CAMPOS JÚNIOR, 2000).

Lopes (2004) observa que no planejamento das cidades é induzido o aproveitamento adequado dos recursos naturais e da infra-estrutura já existente; a preservação das áreas ambientalmente frágeis ou de valor cultural e de lazer; o controle da expansão das cidades e do desenvolvimento em bases sustentáveis e a promoção da ocupação adequada dos espaços vazios.

Na Constituição Federal de 1988, o planejamento urbano e o papel do governo municipal foram destacados no art. 182, que trata da política urbana com enfoque de gestão.

Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes (BRASIL, 1988).

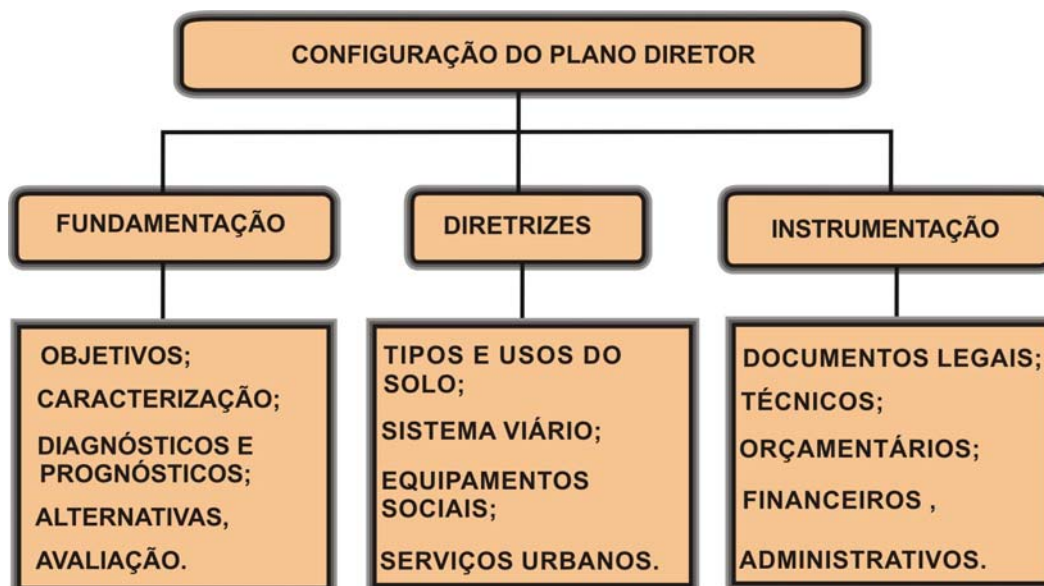
Nesse sentido, o sistema de gestão e os critérios de planejamento urbano não devem ser rígidos, em função da dinâmica produzida pela diversidade que foi construída, e ainda, incorporar à gestão, a visão do desenvolvimento sustentável, com a possibilidade de aproveitamento da infra-estrutura existente, destacando a potencialidade do que já existe em cada região (JESUS, 2004).



De forma geral, o Plano Diretor de um município é composto por um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento sócio-econômico, para a organização espacial da utilização do solo e à alocação de equipamentos da infra-estrutura urbana. As diretrizes do Plano são definidas para curto, médio e longo prazos, com aprovação da Câmara Municipal para, assim, tornar-se lei municipal (SILVA, 1997).

O objetivo central do Plano Diretor é interferir no processo de desenvolvimento local, com a possibilidade de permitir a compreensão geral dos fatores políticos, econômicos, financeiros e territoriais que condicionam a situação do município. Outro ponto importante é a participação popular na elaboração, acompanhamento e complementação, para garantir os questionamentos do processo (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1994).

No Esquema 1 é apresentada estruturação geral proposta para elaboração de planos diretores, de acordo com a NBR 12267/1992 - Normas para Elaboração de Plano Diretor.



Esquema 1 – Orientação geral para elaboração de planos diretores.  
Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1991)

Mota (2003) cita que o Plano Diretor deve englobar em seu texto as diretrizes e padrões da organização do espaço urbano, do desenvolvimento sócio-econômico e do sistema político-administrativo. Não pode configurar-se como um documento estático, sendo necessária sua avaliação e adaptação de forma permanente.

Dentre as normas de ordem legal do Plano Diretor, são destacadas aquelas que tratam do uso e ocupação do solo, como: os limites das áreas urbanas do município; formas de parcelamento do solo; formas de ocupação e utilização do solo; os padrões construtivos compatíveis com a salubridade e a segurança das edificações; a regulação das relações entre os cidadãos e a cidade e o cidadão e seus iguais; identificação de áreas onde estejam ocorrendo ações que prejudiquem o meio ambiente urbano e rural (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1994).

Assim, para a regulamentação das diretrizes do Plano Diretor Urbano (PDU) são utilizadas: Lei de Uso e Ocupação do Solo, Lei do Parcelamento, Lei de Sistema Viário, Lei de Loteamento, Código de Obras e Código de Postura.

O zoneamento do espaço urbano como instrumento de política urbana surgiu nos Estados Unidos no ano de 1910, tendo a função de evitar que as zonas residenciais fossem invadidas pelas indústrias e pelas camadas populares (em função do crescimento pela imigração estrangeira). Posteriormente, o zoneamento incorporou a idéia de que cada necessidade humana deve ser desenvolvida em lugar específico (RIBEIRO; CARDOSO, 1990).

Em princípio, a função do zoneamento seria compatibilizar os usos, dosando-os de acordo com as necessidades e as limitações expressas coletivamente pelos residentes e usuários do local (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1994).

A implementação do zoneamento é dividida em duas escalas: a primeira, denominada de macrozoneamento, que consiste na delimitação das

zonas urbanas, de expansão urbana, rural e macrozonas especiais (geralmente de proteção ambiental) do município. A segunda, o zoneamento propriamente dito, estabelecerá as normas de uso e ocupação para cada macrozona, sendo destacada a zona urbana (BRAGA, 2001).

A Lei Federal 6766/79, modificada pela Lei 9.785/99, delimita a zona de expansão urbana e proíbe o parcelamento do solo para fins urbanos nos seguintes casos:

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações;
- II - em terrenos que tenham sido aterrados com materiais nocivos à saúde;
- III - em terrenos com declividade superior a 30 %;
- IV - em terrenos com condições geológicas impróprias;
- V - em áreas de preservação ecológica (BRASIL 1999)

Em situações em que o foco é o saneamento ambiental, são feitas as seguintes recomendações pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (apud BRAGA, 2001):

- Terrenos permeáveis ou adequados para concepção e tratamentos estáticos de esgotos sanitários (fossas sépticas, fossa e sumidouro, vala de infiltração e filtro anaeróbico);
- Topografia que facilite a construção de redes de coleta e transporte de esgotos sanitários por declividade natural, minimizando ou evitando ao máximo a adoção de sistemas elevatórios dos esgotos;
- Preservação de áreas no entorno do aquífero que possuam potencial como recurso para captação de água para abastecimento público;
- Preservação de mananciais e nascentes.

As leis de zoneamento especificam as localizações em uma região onde os determinados usos do solo são aceitáveis, sendo definido parâmetros (taxas de ocupação e densidades populacionais) e tipos de atividades

(comercial, residencial e industrial), podendo ser utilizadas para restringir a intensidade e o tipo de desenvolvimento de risco, como em áreas de encostas (MOTA, 2003).

A regulamentação dos instrumentos da política urbana determinados na Constituição de 1988 ocorreu em 2001, com a aprovação do Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001), o qual estabeleceu as diretrizes gerais da política urbana. No Quadro 1, são mostradas algumas diretrizes estabelecidas.

<b>ESTATUTO DA CIDADE E PLANO DIRETOR</b>
<p><b><u>OBRIGATORIEDADE:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- cidades pertencentes a regiões metropolitanas e aglomerações urbanas com mais de 20.000 habitantes;</li><li>- cidades localizadas em áreas de especial interesse turístico;</li><li>- cidades em área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental.</li></ul>
<p><b><u>CONTEÚDO:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- delimitação das áreas urbanas onde poderão ser aplicados o parcelamento, a edificação ou a utilização compulsória;</li><li>- A delimitação das áreas urbanas passíveis de incidência do Direito de Preempção (direito que confere ao Poder Público municipal a preferência para aquisição de imóveis urbanos);</li><li>- O estabelecimento das diretrizes para a delimitação das áreas urbanas nas quais a Outorga Onerosa do Direito de Construir poderá ser implementada;</li><li>- O estabelecimento das diretrizes para a delimitação das áreas urbanas passíveis da aplicação de operações urbanas consorciadas;</li><li>- Definição das diretrizes para a autorização da transferência do direito de construir por proprietários de imóveis urbanos.</li><li>- Sistema de acompanhamento e controle da execução do plano.</li></ul>

Quadro 1 - Diretrizes gerais estabelecidas para elaboração de Plano Diretor  
Fonte: Adaptado de Braga (2001); Brasil (2001).

No Estatuto da Cidade é proposta nova visão da política urbana, estabelecendo critérios em prol do coletivo e sob a ótica do interesse público, sendo, atualmente, considerado marco regulatório do processo de desenvolvimento das cidades (BRASIL, 2001).

Para execução das ações estabelecidas nos instrumentos legais de gestão do espaço urbano, são utilizadas diversas ferramentas, as quais fornecem informações atualizadas sobre o desenvolvimento do município.

Santos e Ferreira (2004, p.96) afirmam que o geoprocessamento surge como um método poderoso capaz de organizar e recuperar dados municipais relativos ao transporte, meio ambiente, cadastro urbano, educação, saúde, segurança pública, infra-estrutura, planejamento e outras informações comumente dispersas e independentes.

Assim, as informações geo-referenciadas são utilizadas para o planejamento das cidades, a partir da geração de fluxos ordenados de informações pertinentes, especialmente referenciadas, produzidas internamente ou coletadas de fontes externas gerando banco de dados (CÔRREA,1996).

Com a evolução computacional, surgiram os programas denominados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes sistemas utilizam banco de dados para armazenamento e recuperação de informações, que podem ser aproveitadas para gerar outras formas de análise de dados, como também viabilizar a tomada de decisões (HARA apud SANTOS; FERREIRA,2004).

Segundo Camargo (1997), o SIG, é um ambiente computacional no qual dados espaciais representados por entidades gráficas podem ser relacionados entre si e com outros dados não espaciais com registros alfanuméricos de um banco de dados convencional e imagens “raster”.

A utilização do sistema de informações geográficas no planejamento urbano permite, segundo Davis (apud SANTOS;FERREIRA,2004):

- A construção de modelo, baseado em entidades espaciais;
- Diagnóstico do crescimento e dinâmica espacial urbana;
- O monitoramento do crescimento urbano;
- A definição das tendências de expansão;
- A identificação dos agentes que interferem neste processo de crescimento e a sua dinâmica de atuação.

O SIG, portanto, pode ser utilizado na conversão de dados dos sistemas infra-estruturais, destacando-se, o SES, como exemplo, com informações de cadastro da rede existente, componentes do sistema (coletores-tronco, interceptores, emissários e estações elevatórias), verificação das hipóteses de evolução demográfica, processamento de dados de hidrografia, bacias e sub-bacias, uso e ocupação do solo etc. , sendo instrumento fundamental para auxiliar no planejamento da ampliação das unidades de coleta, tratamento e destino final de esgoto em municípios.

De acordo com Camargo (1997), as vantagens de uma base de dados informatizada de armazenamento e recuperação de dados são as seguintes:

- Capacidade de manipulação de um volume de dados muito maior, com eficiência;
- Maior capacidade de garantir a qualidade dos dados armazenados;
- Maior rapidez e flexibilidade na recuperação de dados;
- Maior variedade de formas de apresentação;
- Maior acesso a métodos de modelamento estatístico e gráfico para análise e interpretação de dados.

A partir da sistematização dos dados pertinentes a elaboração de projetos de ampliação e/ou melhoria do SES de municípios é necessário o estabelecimento de critérios e parâmetros de projeto para subsidiar o pré-dimensionamento das unidades do sistema, e dessa forma, auxiliar na escolha das alternativas mais exeqüíveis.

#### **4.2.2 Planos diretores setoriais**

Como observado anteriormente, o Plano Diretor Urbano é instrumento de gestão municipal, com função de organizar o crescimento da cidade, seu funcionamento, desenvolvimento e expansão, com previsão de programas e planos, que alcancem, por exemplo os setores da habitação, saneamento ou educação, sendo estes planos tratados como Planos Setoriais.

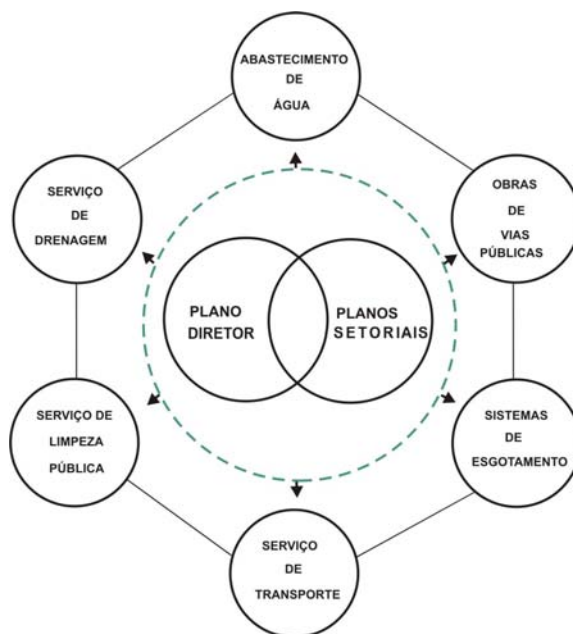
A Administração Pública Federal e Estadual têm estrutura setorializada (saúde, educação, transporte, habitação, saneamento), com seus recursos financeiros específicos dentro do orçamento programado. Assim, torna-se viável a obtenção desses recursos por meio dos planos setoriais, estes vinculados ao plano diretor municipal (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 1994).

Os planos setoriais poderão conter os seguintes elementos:

- caracterização do problema, com definições quantitativas, especialmente quanto à sua demanda;
- soluções alternativas para o problema;
- elementos que indiquem a viabilidade técnica das soluções;
- estimativa de custos para execução dos planos;
- cronograma geral para implementação do plano.

Os Planos Setoriais são compostos de ações, com critérios técnicos, como por exemplo: no setor do saneamento é formulada a Política Municipal de Saneamento que abrange as áreas de drenagem, limpeza urbana, fornecimento de água potável e esgotamento sanitário.

No Esquema 2 é mostrada a relação entre PDU e os planos setoriais:



Esquema 2 – Relação Plano Diretor e Planos Setoriais.  
Fonte: Mota (2003).

Hoje, o desafio dos gestores municipais é articular o crescimento urbano com os instrumentos legais de controle. Segundo Tucci (2005), o crescimento urbano ocorre em desobediência à regulamentação descrita no plano diretor e nas normas específicas de loteamentos, além da ocupação irregular de áreas públicas por populações de baixa renda.

Essa dinâmica urbana implica diretamente na implantação dos projetos descritos nos Planos Setoriais, tornando difícil o acompanhamento do poder público, bem como a efetivação das ações descritas nesses planos.

De acordo com Mota (2003), o ambiente urbano é formado por dois sistemas inter-relacionados: o “sistema natural”, tratando-se do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, água etc) e o “sistema antrópico”, constituído do homem e suas atividades.

Assim, como os sistemas, natural e antrópico, encontram-se no mesmo conjunto, que é o ambiente urbano, os Planos Setoriais devem ser desenvolvidos de forma integrada, com suas interfaces destacadas, sendo dessa forma, possível identificar a importância dos elementos tratados nos planos e sua relação.

O homem tem, na cidade, a capacidade de dirigir suas ações, utilizando o meio ambiente para retirar matéria e energia que necessita, ou como receptor de seus produtos e resíduos, sendo que esse processo pode provocar alterações, muitas vezes prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (MOTA,2003).

Outro fator importante a ser considerado é o crescimento populacional que produz como resultado a busca cada vez maior de produtos e serviços, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, a destinação adequada de resíduos sólidos, entre outros.

Os Planos Setoriais atuais devem conter a visão da implantação da infra-estrutura urbana, contemplando a percepção dos prováveis impactos,



positivos ou negativos, que podem vir a ocorrer por ocasião das ações recomendadas. No Quadro 2 são mostrados os impactos que envolvem os elementos de caráter antrópico, ligados aos Planejamentos Setoriais, com um elemento natural, no caso a água.

<b>IMPACTOS DO GERENCIAMENTO DA ÁGUA NO MEIO URBANO</b>	
<b>IMPACTOS</b>	<b>DETALHAMENTO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Crescimento das cidades</b></li> </ul>	- Saída do esgoto das propriedades ligadas na rede de esgotamento pluvial sem nenhum tratamento. Este escoamento converge para os rios urbanos e o sistema fluvial de jusante gerando impactos na qualidade da água.
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Doenças</b></li> </ul>	- Em função da deficiência do abastecimento de água tratada; disposição da água no ambiente, que propicia doenças como malária, dengue, esquistossomose etc.; doenças relacionadas com as inundações como a leptospirose;
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Produção de resíduos sólidos</b></li> </ul>	- Erosão, intensificada pelo período chuvoso, em função do solo ficar desprotegido; aumento da produção de sedimentos em áreas de grandes construções; produção de lixo com menor parcela de sedimentos (lixo urbano);
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Escoamento Urbano</b></li> </ul>	- Inundações: em áreas ribeirinhas e urbanizadas, sendo que esta última, apresenta como principais conseqüências o assoreamento das seções da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos e o transporte de poluente agregado ao sedimento, que contaminam as águas pluviais.

Quadro 2 - Impactos no meio urbano sob análise dos elementos dos Planos Setoriais.  
Fonte: Tucci (2005).

Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) recomendam que sejam feitas referências ao plano diretor urbano por ocasião da elaboração do planejamento e projetos dos sistemas de saneamento, considerados planos setoriais. Pois são informações referentes à setorização de áreas com densidade demográfica específicas, indicação dos setores industriais, além da previsão de zonas de expansão da cidade.

#### 4.3 PLANO DIRETOR SETORIAL DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O PDES deve estar adequado às condições de saneamento da cidade, bem como seus limites físicos, evolução da população e densificação das regiões urbanas.

É imprescindível que o PDES possa atender racionalmente às perspectivas de crescimento urbano da cidade, otimizar os investimentos em obras, de tal forma a atender a demanda, identificar e priorizar às áreas com elevados déficits de sistema de esgotamento sanitário, melhorar/garantir qualidade das águas dos corpos d'água, sobretudo, os que compreendem mananciais de abastecimento de água da cidade.

Mendonça et al. (1987) ressaltam que o planejamento do SES deve abranger toda área urbanizada e mais as zonas de expansão, de modo a facultar a futura ocupação pela população prevista para o período de alcance do projeto.

Na elaboração do Plano Diretor Setorial (PDS) é essencial o conhecimento das unidades que constituem o SES, bem como das alternativas técnicas disponíveis para o atendimento de demandas específicas do local a ser contemplado.

Além disso, é recomendada a participação da população no debate das alternativas técnicas elaboradas para a concepção do SES, em razão de que são os cidadãos que diretamente receberão o benefício.

#### **4.3.1 Sistema de Esgotamento Sanitário**

O SES é o conjunto de elementos destinados a coletar, transportar, tratar e dispor o esgoto de forma sanitariamente correta, para evitar a poluição/contaminação do meio ambiente e a disseminação e proliferação de doenças (SOARES, 2004).

Esse sistema deve ser configurado com rede coletora atendendo 100% das residências, emissários e interceptores devidamente executados e estação de tratamento das águas residuárias.

A coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário vêm sendo constantemente estudados para o aperfeiçoamento e melhoria do SES, por meio do desenvolvimento de alternativas que aliem a viabilidade econômica, social, técnica e ambiental, com o adequado controle da operação e eficiência do sistema.

#### 4.3.1.1 Unidade de coleta e transporte

A coleta do esgoto sanitário é a primeira atividade para o esgoto sanitário do local da geração, sendo preciso analisar essa unidade como integrada em um sistema, ou seja, é necessário definir o que coletar, como transportar e em que local tratar ou descarregar o material coletado.

A coleta de esgoto sanitário pode ser projetada para atendimento individual e/ou coletivo (unitário, misto e separador absoluto) de uma comunidade, sendo importante a consideração de aspectos sociais, técnicos, econômicos e ambientais.

##### a) Sistema Individual

O sistema individual de coleta é normalmente agregado ao tratamento, estando próximo do ponto de destinação final.

De acordo com Chernicharo (1997), no sistema individual são construídos tanques sépticos destinados ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras. Porém, devido à baixa eficiência do sistema na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nutrientes e patogênicos, é necessário tratamento complementar antes da destinação final dos efluentes líquidos.

Segundo a NBR nº 7.229/93, tanques sépticos são dispositivos estanques, que possuem forma cilíndrica ou prismática retangular e fluxo

horizontal, utilizados para coleta e tratamento primário de efluentes sanitários residenciais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

Nessa mesma NBR nº 7.229/93 é citado que o efluente líquido do tanque séptico pode ser encaminhado para tratamento complementar e disposição final adequadas, como filtros (aeróbios e anaeróbios), sistema público, poço absorvente etc.

Mendes (2003) ressalta que o tanque séptico não é a solução mais indicada para médias e grandes comunidades, seja pela reduzida eficiência dos tanques sépticos na remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e microrganismos, ou pelo grande número de pontos de lançamento do efluente dos tanques sépticos dificultar o monitoramento e controle dos eventuais impactos ambientais.

Embora o tanque séptico seja a principal alternativa de coleta e tratamento de esgotos utilizada pela população brasileira, existe a necessidade de substituição dessa alternativa por sistemas coletivos de coleta e tratamento mais eficientes, para garantir a preservação do meio ambiente e da saúde pública.

#### b) Sistema Coletivo

O sistema coletivo de coleta de esgoto sanitário pode ser classificado de acordo com a contribuição em sistema unitário, separador parcial e separador absoluto.

- **Sistema Unitário**

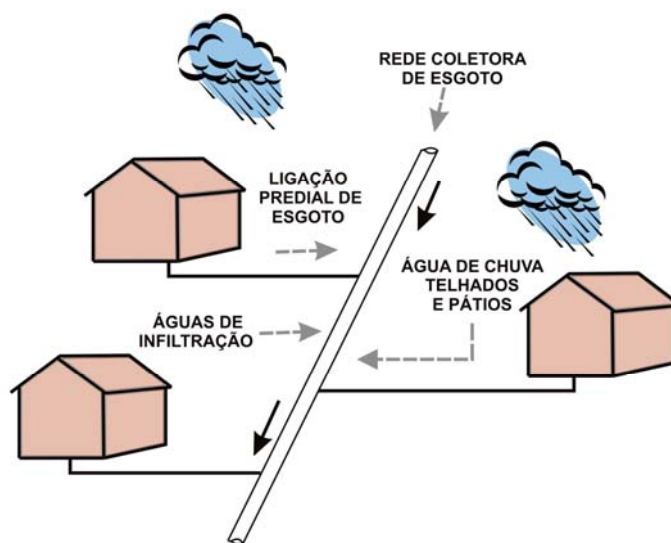
Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), o sistema de esgotamento sanitário unitário ou combinado é aquele em que águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que penetra

no sistema por tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais veiculam por um único sistema.

Metcalfy & Eddy (1985) também destacam que o sistema unitário é projetado para coletar e transportar as águas residuárias e as pluviais, não existe separação entre os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, sendo todo o material líquido coletado e transportado na mesma tubulação até a Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários.

Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) ressaltam ainda, que a mistura de águas residuárias com as pluviais no sistema unitário, prejudicam e oneram, consideravelmente, o tratamento do esgoto.

No Esquema 3 é representado o sistema unitário de coleta de esgoto.



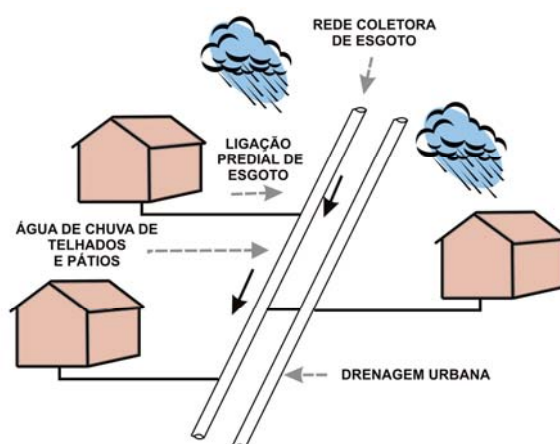
Esquema 3– Sistema unitário de coleta de esgoto  
Fonte: Pereira e Soares (2005).

- **Sistema Separador Parcial**

O sistema separador parcial ou sistema misto recebe a introdução de uma parcela definida de águas pluviais nas canalizações de esgoto

sanitário, sendo essas águas pluviais provenientes de áreas pavimentadas internas, terraços e telhados dos edifícios (AZEVEDO NETO, 2002).

No Esquema 4 é representado o sistema separador parcial de coleta de esgoto.



Esquema 4 – Sistema separador parcial de coleta de esgoto  
Fonte: Pereira e Soares (2005).

- **Sistema Separador Absoluto**

Segundo a NBR 9648/1986, o sistema de esgoto sanitário separador absoluto é o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário à disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRADE NORMAS TÉCNICAS, 1986b).

Araújo et al (2003) destacam que o conceito de separação absoluta é relativo, pois não estão definitivamente excluídas águas pluviais recolhidas em áreas internas aos domicílios ou águas subterrâneas nos terrenos que, por falta de fiscalização, acabam sendo acrescidas ao esgoto por mera comodidade dos moradores.

Azevedo Neto (2002) enfatiza que o sistema separador absoluto apresenta como vantagens as canalizações de menores diâmetros, o emprego de diversos materiais (manilha cerâmica, concreto, PVC, fibra de vidro, etc.), a

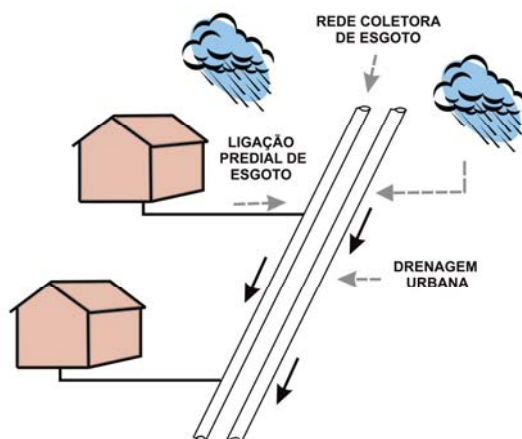
possibilidade de execução por partes (construção de rede de maior importância para a comunidade) e a melhoria nas condições de tratamento do esgoto.

Embora apresente essas vantagens, o bom funcionamento do sistema separador absoluto está condicionado ao eficiente controle na introdução clandestina de água pluvial na rede coletora de esgoto, principalmente proveniente de telhados e pátios das residências.

A falta do sistema de drenagem pluvial faz com que, na prática, esses sistemas funcionem como sistema unitário, sendo o acréscimo da vazão de água pluvial uma das explicações (junto com o acúmulo de lixo) para os transbordamentos em poços de visita e para o retorno de esgoto nas ligações prediais com cotas menores (PEREIRA e SOARES, 2005).

Soares (2004) explica que o sistema separador absoluto pode ser do tipo convencional ou condominial, sendo o convencional dimensionado de acordo com as recomendações da NBR 9649/1986, enquanto o condominial é um sistema alternativo de coleta e transporte de esgoto sanitário que nem sempre segue as recomendações da NBR 9649.

No Esquema 5 é representado o sistema separador absoluto de coleta de esgoto.



Esquema 5 – Sistema separador absoluto de coleta de esgoto  
Fonte: Pereira e Soares (2005).

### c) Sistema Convencional

O sistema convencional é a solução mais freqüentemente utilizada para coleta, transporte, tratamento e destino final em municípios do Brasil, tendo como principais características o assentamento da tubulação em área pública (passeio ou via), o atendimento das recomendações da NBR 9648/1986 e da NBR 9649/1986 e a responsabilidade da concessionária pela operação e manutenção na unidade de coleta de esgoto sanitário.

O coletor predial é a canalização que conduz o esgoto sanitário das edificações até a rede de esgoto, sendo a ligação predial o trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto.

Já o coletor de esgoto é a canalização que recebe os efluentes dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de sua extensão.

De acordo com a NBR 9649 (1986), o coletor-tronco é a canalização de maior diâmetro que recebe apenas contribuições de outros coletores de esgoto, para, então, conduzir o esgoto sanitário até o interceptor ou emissário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986a).

O interceptor é a canalização de grande porte que intercepta o fluxo de coletores-tronco, enquanto o emissário é o conduto final de um sistema de esgoto sanitário, sendo destinado ao afastamento dos efluentes da rede para o ponto de lançamento (descarga) ou de tratamento, recebendo contribuições apenas na extremidade de montante (AZEVEDO NETO, 2002).

Nas redes coletoras de esgoto podem ser utilizados sifões invertidos, que são dispositivos definidos como trechos com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos d'água. (ARAÚJO et al, 2003).



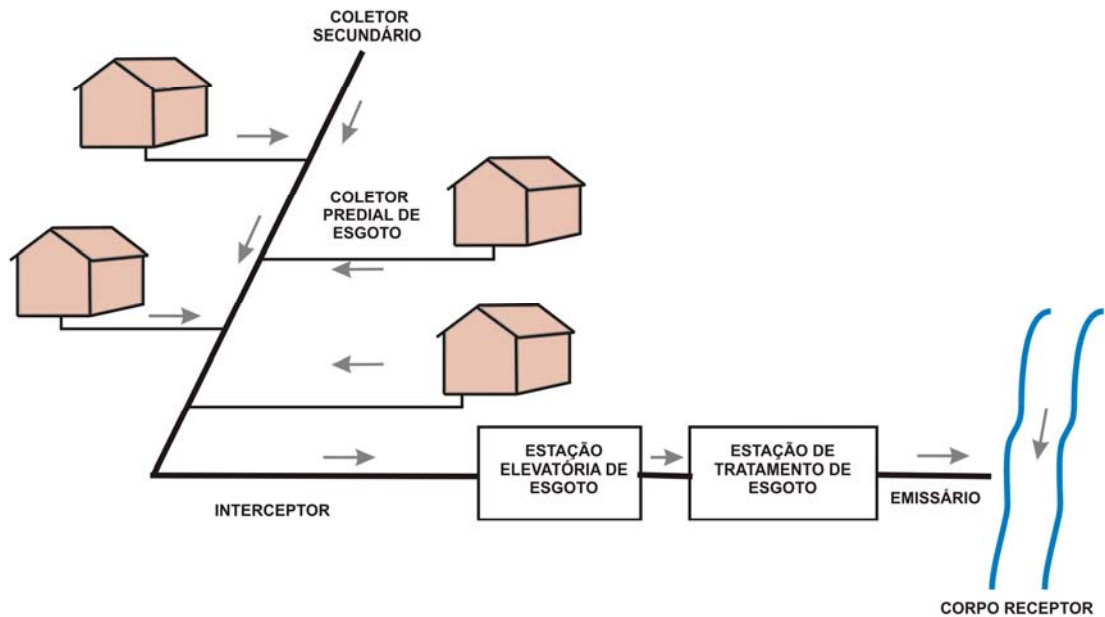
Nos casos de profundidade excessiva dos coletores ou de necessidades de transportar o esgoto sanitário em grandes distâncias, é comum a utilização de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) em posição estratégica da rede coletora de esgoto.

Também é comum o emprego de órgãos acessórios na rede coletora de esgoto sanitário segundo os quais de acordo com Azevedo Neto (2002), esses órgãos acessórios são dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos, construídos em pontos singulares da rede de esgoto, e de acordo com a NBR 9649/1986 são:

- Poço de visita (PV): Câmara visitável pela de abertura existente em sua parte superior, destinado à execução de trabalhos de manutenção;
- Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL): Dispositivo não visitável que permite a inspeção e introdução de equipamentos de limpeza;
- Caixa de passagem (CP): Câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva.

A Estação de Tratamento de Esgoto possui a finalidade de remover os poluentes dos esgotos, encaminhando o efluente tratado até o corpo receptor.

No Esquema 6 é mostrado o sistema convencional de coleta de esgoto sanitário.



Esquema 6 – Sistema convencional de esgoto  
 Fonte: Pereira e Soares (2005).

#### d) Sistema Condominial

O sistema condominial foi desenvolvido no Rio Grande do Norte, sendo difundido para outros estados brasileiros com algumas adaptações. Esse sistema apresenta características como o traçado da rede coletora de esgoto diferenciado e a formação de condomínios, dos usuários interligados ao sistema.

A concepção do sistema condominial é baseada na horizontalização do sistema de esgoto de uma edificação, sendo os ramais prediais dos lotes, como nos apartamentos, conectados na tubulação comum de esgoto (rede condominial), que é ligada em um único ponto na tubulação coletora assentada na rua (rede básica).

Pereira e Mendes (2003) ressaltam que o sistema condominial pode ser instalado em área pública ou em área particular, tendo aspectos de construção, operação e manutenção diferentes do sistema de coleta convencional.

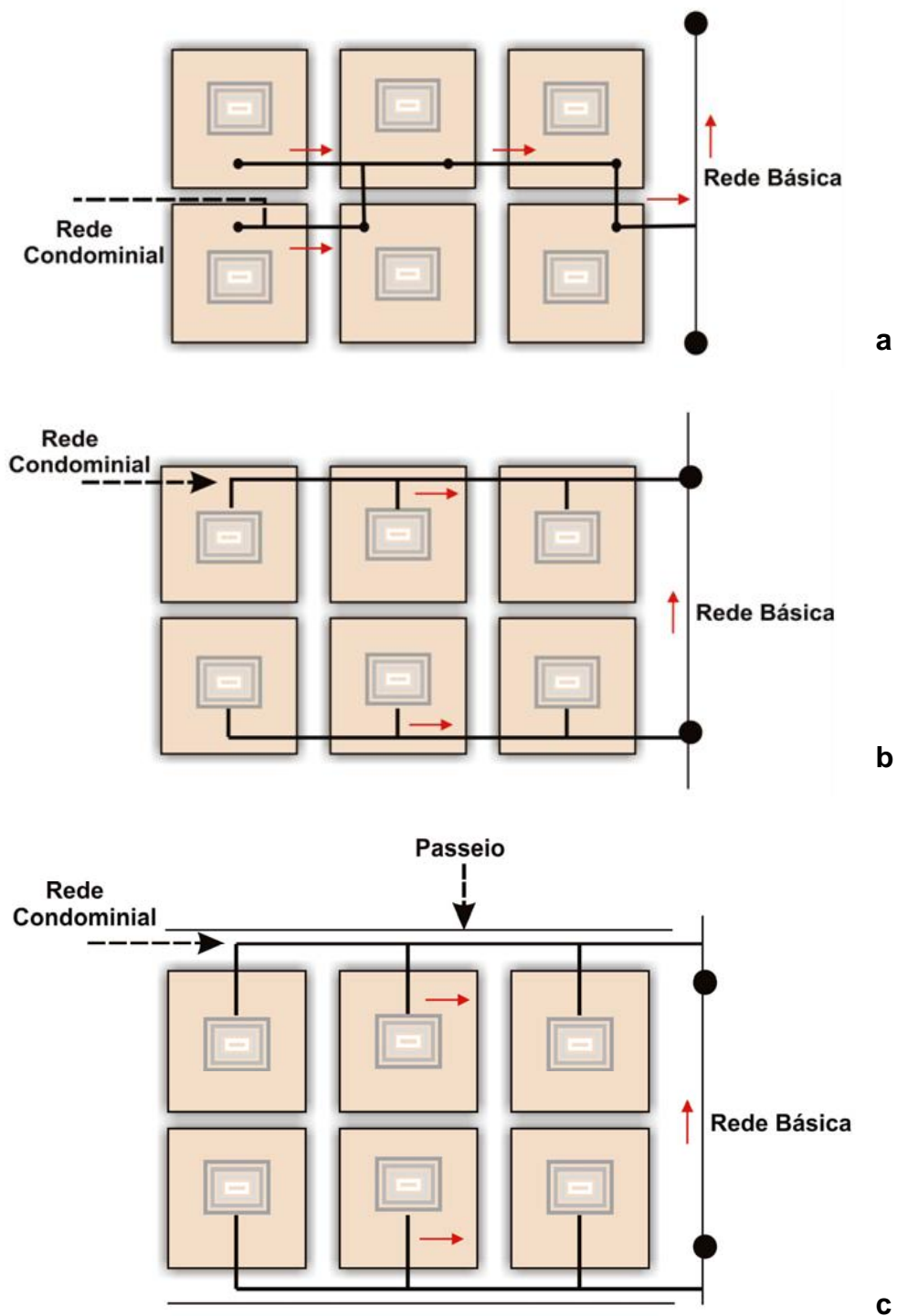
O sistema condominial é formado pela rede condominial e pela rede básica. No ramal condominial é coletado o esgoto gerado nas residências enquanto, a rede básica recebe a contribuição dos ramais condominiais.

Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) explicam que o ramal condominial é formado por tubulações que passam, quase sempre, entre os quintais e no interior dos lotes, cortando-os, no sentido transversal. A rede interna a quadra possui pequena profundidade e, por meio de uma caixa de inspeção, se conectam as instalações sanitárias prediais, independentemente, constituindo um ramal multifamiliar.

Para que o sistema possa funcionar adequadamente, é necessário que os vizinhos façam pacto, formando um ou mais condomínios, o que facilita o assentamento dos ramais nos lotes particulares e induz a participação dos usuários (condôminos) na execução, operação e manutenção da rede condominial, o que deve contar com auxílio da empresa responsável pelo atendimento com saneamento básico no município.

O sistema condominial de coleta de esgoto tipo fundo de lote é dividido em três partes: a da instalação domiciliar, a da rede coletora e o do sistema de tratamento e de destino final.

Os tipos podem ser classificados de acordo com o local de assentamento em fundo de lote, frente de lote e passeio, conforme representação no Esquema 7.



Esquema 7 – a) Sistema condominial fundo de lote, b) Sistema condominial frente de lote, c) Sistema condominial tipo de passeio.  
 Fonte: Pereira e Soares (2005).

Os tipos de coleta do sistema condominial são os seguintes:

- Tipo Fundo de Lote:

No sistema condominial tipo fundo, a instalação domiciliar reúne as águas provenientes do banheiro, cozinha e lavanderia numa caixa de visita, localizada dentro da casa, antes de ir para a rede coletora, através de uma tubulação de 100 milímetros. A junção com a rede coletora, geralmente localizada nos quintais, faz-se através de uma caixa de inspeção. Essas duas caixas permitem o acesso às tubulações para o bom funcionamento e a manutenção do sistema.

- Tipo Frente de Lote:

No sistema condominial tipo frente de lote a rede condominial é implantada na área em frente ao lote do condômino.

- Tipo Passeio:

Pereira e Soares (2005) explica que o sistema condominial tipo passeio apresenta as mesmas características do sistema unitário ou separador (parcial ou absoluto), já que os coletores secundários são instalados em área pública (passeio). Em alguns casos, a única diferença é a utilização de caixa para conectar o ramal predial de esgoto na rede condominial, ao invés do uso selim na rede convencional.

#### 4.3.1.2 Unidade de elevação

As Estações Elevatórias de Esgoto (EEE's) são obras civis e instalações eletromecânicas destinadas ao transporte do esgoto sanitário de um ponto para outro de cota mais elevada (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000). As EEE's podem ser instaladas no meio ou no final da rede coletora, bem como podem ter poço úmido e/ou poço seco, de acordo com as dimensões e especificidades de cada projeto.

Segundo Gallegos (2003), de acordo com suas funções, as elevatórias podem ser de 3 tipos :

##### a) Elevatórias para recuperação de cotas

As elevatórias para recuperação de cotas são localizadas em pontos dispersos da rede coletora de esgotos, tendo o objetivo de reunir o esgoto de um coletor situado na profundidade máxima permitida e elevá-lo até o coletor assentado em cota superior (menor profundidade).

Essas elevatórias são características de cidades planas e extensas, sendo a mesma dividida em distritos ou setores independentes, ou seja, em cada um criam-se pontos baixos, para onde são dirigidos os esgotos e destes, o esgoto é recalcado para o distrito vizinho ou para o destino final (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000).

##### b) Elevatórias para transposição de bacias

As elevatórias para transposição de bacias são normalmente previstas em pontos baixos das bacias hidrográficas, com finalidade de transportar o esgoto de uma bacia para outra.

Soares (2004) ressalta que o traçado de um sistema coletor de esgotos depende basicamente da topografia do terreno, sobretudo em terrenos que apresentam baixa declividade, o que obriga a divisão da área em bacias de esgotamento independentes, para que se possa encaminhar o esgoto até os pontos baixos das bacias e recalçá-lo, por meio de EEE, para unidades de tratamento e destino final ou para uma bacia vizinha.

Pereira e Mendes (2003) ressaltam que, apesar de essenciais em algumas situações, as EEE's aumentam consideravelmente os custos da construção, operação e manutenção do sistema de esgoto sanitário, razão para, sempre que possível, serem projetadas unidades de coleta com escoamento por gravidade em todos os trechos.

#### c) Elevatórias nas Estações de Tratamento

Os vários tipos de estações elevatórias nas estações de tratamento de esgoto possuem funções que variam com as exigências requeridas pelas unidades de tratamento. Algumas são utilizadas para reduzir a profundidade das unidades de tratamento, enquanto outras são empregadas para auxiliar no tratamento, como as elevatórias de recirculação e de descarte de lodo. Também existem elevatórias para impulsionar o efluente tratado até o corpo receptor.

#### 4.3.1.3 Unidade de tratamento

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) possui a finalidade de corrigir as características indesejáveis presentes nas águas residuárias, tais como: sólidos em suspensão, material orgânico (biodegradável), nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e organismos patogênicos (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). Basicamente, o tratamento é dividido em três etapas: tratamento primário<sup>2</sup>, secundário e terciário. O tratamento primário visa a remoção dos sólidos sedimentáveis, o tratamento secundário a remoção do material orgânico e o tratamento terciário a inativação dos microorganismos e, em casos especiais, a remoção dos nutrientes.

Segundo Jordão e Pessoa (1995), os níveis de tratamento, variam em função da remoção e da eficiência das unidades de tratamento, sendo o processo de tratamento classificado em processo físico, químico e biológico. No Quadro 3 são listados os principais tipos e processo utilizados no tratamento de esgoto.

<b>Tipo de tratamento</b>	<b>Processo predominante</b>
Disposição no solo	Aeróbio e anaeróbio
Lagoa facultativa	Aeróbio e anaeróbio
Sistema de Lagoa tipo australiano	Aeróbio e anaeróbio
Lagoa aerada +lagoa de sedimentação	Aeróbio e anaeróbio
Lodos ativados convencional	Aeróbio
Lodos ativados (misto e mist. Completa)	Aeróbio
Valos de oxidação	Aeróbio
Lodos ativados em reator em batelada ( <i>batch</i> )	Aeróbio
Poço profundo aerado ( <i>deep shaft</i> )	Aeróbio
Filtro biológico aeróbio	Aeróbio
Reator aeróbio de leito fluidificado	Aeróbio
Filtro anaeróbio	Anaeróbio
Tanque séptico+filtro anaeróbio	Anaeróbio
Reator anaeróbio de manta de lodo	Anaeróbio
Reator anaeróbio compartimentado (com chicanas)	Anaeróbio
Reator anaeróbio de leito fluidificado	Anaeróbio
Processo eletrolítico	Físico-químico

Quadro 3 - Tipos de e processo utilizados para o tratamento de esgoto.

Fonte: Campos (2000).

<sup>2</sup> Alguns autores consideram que, além dessas, existe a etapa de tratamento preliminar, destinada à remoção de sólidos grosseiros no início das unidades de tratamento.



A utilização de tanque séptico seguido por filtro anaeróbio é comum em pequenas comunidades ou em locais desprovidos de rede coletora de esgoto.

Em locais com disponibilidade de área podem ser utilizados os seguintes sistemas: Lagoa facultativa, Sistema de Lagoa tipo australiano, Disposição no solo e Lagoa aerada +lagoa de sedimentação.

Normalmente, nos centros urbanos de médio e grande porte são empregados: Lodos ativados convencional, Lodos ativados (misto e mistura completa), Valos de oxidação, Lodos ativados em reator em batelada (batch), Poço profundo aerado (deep shaft), Filtro biológico aeróbio, Reator aeróbio de leito fluidificado, Reator anaeróbio de manta de lodo, Reator anaeróbio compartimentado (com chicanas), Reator anaeróbio de leito fluidificado e Processo eletrolítico.

#### 4.3.1.4 Destinação final

Segundo Nuvolari (2003), quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado *in natura* nos corpos d'água, isto é, sem receber prévio tratamento, dependendo da relação entre as vazões do esgoto lançado e do corpo receptor, é possível, na maioria das vezes, ocorrer prejuízos à qualidade da água. Além do aspecto visual desagradável, pode haver declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática, exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água.

Logo, existe a necessidade de tratamento do esgoto bruto para redução da carga poluidora, porém, mesmo após o tratamento, o efluente final das ETEs contém certa quantidade de sólidos, que dependerá da eficiência da ETE ter maior ou menor quantidade de sólidos.

É necessária a verificação dos aspectos legais previstos nas legislações ambientais que envolvem a proteção dos corpos d'água, como a Resolução nº 315/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que classifica os corpos d'água, define diretrizes ambientais de enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) devem ser realizados estudos sobre a avaliação das cargas remanescentes do futuro tratamento de esgoto diante da capacidade assimiladora dos corpos receptores (autodepuração) e de seus usos a montante e jusante.

O lançamento dos esgotos tratados em corpos receptores deve respeitar a capacidade de assimilação do corpo d'água, garantindo sua utilização até o ponto aceitável e não prejudicial à biota aquática, não sendo admitido o lançamento de efluentes com características físicas, químicas e/ou biológicas acima dos padrões estabelecidos para a autodepuração e/ou uso destinado ao corpo receptor.

#### **4.3.2 Concepção dos sistemas de esgotamento sanitário**

Para implantação do SES é imprescindível a realização de prévio planejamento de atividades que compõem o estudo de concepção desse sistema, no qual são desenvolvidas alternativas de localização e tipo das unidades de coleta, elevação, tratamento e destino final, para posterior seleção da melhor alternativa segundo critérios técnicos, econômicos e ambientais.

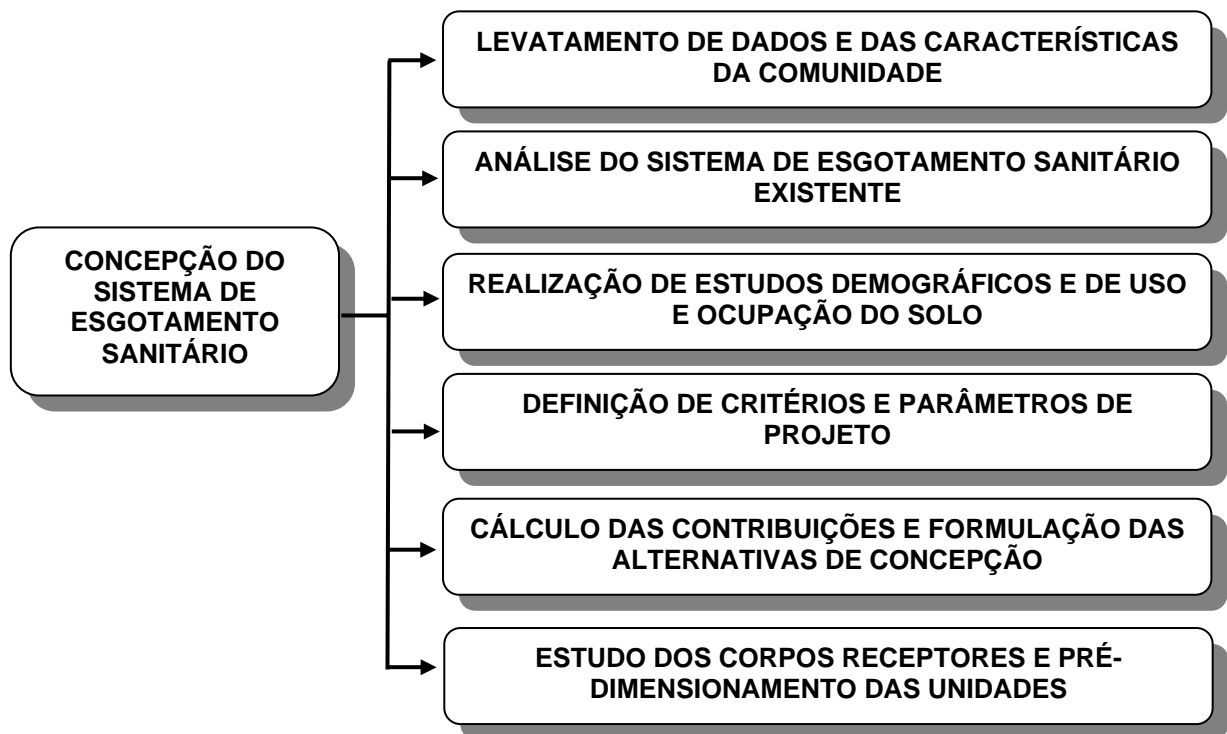
Na NBR 9648/1986 são apresentadas às condições necessárias ao estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, com amplitude suficiente para o desenvolvimento do projeto de todas ou qualquer das partes que os constituem, observada a regulamentação específica das entidades responsáveis pelo planejamento e desenvolvimento do sistema de esgoto sanitário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986b).

Essa norma define o estudo de concepção como o estudo de arranjos de diferentes partes de um sistema, organizados de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si, para escolha da concepção básica, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986b).

Segundo a FUNASA (2003), a concepção é o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar.

Na NBR 9648/1986 são apresentados requisitos das informações disponíveis da área de planejamento do sistema, tais como geográficas e hidrologias, demográficas, econômicas, tanto do sistema de esgoto sanitário como de outros sistemas urbanos existentes, do uso do solo e dos planos existentes de sua ocupação.

Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) explicam ser necessário o desenvolvimento de diversas atividades para a concepção do sistema de esgotamento sanitário, como o levantamento de dados e das características da comunidade, a análise do sistema de esgoto sanitário existente, a realização de estudos demográficos e de uso e ocupação do solo, a definição de critérios e parâmetros de projeto, o cálculo das contribuições, a formulação criteriosa das alternativas de concepção, o estudo dos corpos receptores e o pré-dimensionamento das unidades dos sistemas desenvolvidos para a escolha da alternativa e estimativa dos custos como mostrado no Esquema 8.



Esquema 8 – Concepção do sistema de esgotamento sanitário.  
 Fonte: Sobrinho e Tsutiya (2000)

Além disso, a concepção do SES deve apresentar elementos e informações como identificação e qualificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos, escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental, além de considerar os impactos negativos e positivos.

A NBR 9648/1986 apresenta as seguintes atividades inerentes ao estudo de concepção do SES:

- a) Delimitação da área para a qual deve ser planejado o sistema;
- b) Fixação do alcance do plano e do ano de início de operação do sistema
- c) Estimativa das populações a considerar no estudo de concepção;
- d) Delimitação das bacias de esgotamento contidas na área de planejamento;
- e) Fixação preliminar das características do esgoto;
- f) Estabelecimento das concepções sanitariamente comparáveis para encaminhamento do esgoto da região em estudo aos corpos receptores;

- g) Determinação das condições sanitárias e de autodepuração dos corpos receptores;
- h) Verificação da possibilidade de aproveitamento das instalações existentes;
- i) Fixação dos critérios para estimativa dos valores de investimento;
- j) Fixação dos critérios para estimativa dos custos de operação, manutenção
- k) Estabelecimento de etapas de implantação
- l) Estudo técnico-econômico comparativo das concepções;
- m) Descrição da concepção básica, com seus componentes em planta (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986b).

FRIZZO E ECKMAN (2003) ressaltam que a concepção do SES envolve aspectos básicos, como o estudo de alternativas de traçado perfeitamente definidas para o interceptor e coletores tronco, seguindo as condições de drenagem natural impostas pela topografia local e acompanhando o sentido de escoamento dos cursos d'água que existem em grande quantidade cruzando o perímetro urbano da cidade.

Leme (1977) explica que todos os dados obtidos devem ser sistematizados e coordenados, a fim de que possam ser devidamente analisados no desenvolvimento do estudo de concepção, com conseqüente definição da alternativa a ser implementada.

Segundo Soares (2004), é importante destacar que a realização do pré-dimensionamento das unidades de elevação e tratamento depende do resultado dos cálculos hidráulicos da rede coletora de esgotos, sendo o desenvolvimento dessa etapa sujeito aos estudos de traçado da rede.

Mendonça et al. (1987) explicam que a concepção da rede coletora é desenvolvida na fase de projeto propriamente dita, sendo constituída no traçado e no dimensionamento.

Para o estudo da planta da cidade, é indispensável a definição do traçado da rede coletora, pois nela são identificados os diversos divisores de água e talvegues.

Após esse estudo, é necessário localizar a posição da ETE e o ponto de lançamento final dos esgotos na planta (pelo menos a direção para esse ponto) para, então, elaborar o traçado dos condutos principais e possíveis canalizações interceptoras e emissários, dentro de uma concepção que reduza as dimensões em todos os níveis (FERNANDES, 1997).

Mendonça et al. (1987) ressaltam que a concepção depende dos seguintes serviços básicos:

- a) Topografia: o serviço topográfico fundamental é o altimétrico, que consta de nivelamento ao longo dos eixos das ruas, pontos de mudança de declividade, fundo de vales, córregos, rios, etc;
- b) Solo: inspeções preliminares, indicam sobre a profundidade da rocha no subsolo. Sondagens de percussão, além de revelar a presença e a natureza de rochas por acaso existentes, facultam a possibilidade de traçado de um perfil do subsolo, em diversos pontos da cidade, demonstrando o tipo de solo a ser escavado;
- c) Bacias e sub-bacias: a área de esgotamento poderá ser dividida em grandes bacias e estas em sub-bacias, em função do traçado da rede e das características topográficas.

A seleção da melhor alternativa de traçado é baseada no estudo detalhado da concepção para esta unidade, implicando, normalmente, em reduções na extensão da rede, nos volumes de escavação/reaterro e no tempo de duração da construção da rede coletora de esgotos (SOARES, 2004).

A mesma autora enfatiza que, no estudo do traçado devem ser identificados os percursos problemáticos, sendo que o traçado urbanístico e a topografia são importantes ferramentas nessas atividades.

### **4.3.3 Projeção da população**

Uma das condições para o sistema de esgotamento sanitário ser eficiente é que as unidades sejam capazes de atender à demanda, ou seja, possuam condições de escoamento hidráulico superiores a demanda. Porém, após determinado número de anos, a demanda passa a corresponder à capacidade máxima de coleta, logo, é considerado que o sistema atinge seu limite de eficiência.

Em razão disso, o SES deve ser planejado para funcionar durante certo número (“n”) de anos, sendo necessário o conhecimento da população total que deverá ser beneficiada “n” de anos depois da elaboração do projeto.

Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), para realizar a projeção populacional devem ser levados em consideração os seguintes aspectos:

- qualidade das informações que servirão de base para a projeção populacional;
- efeito do tamanho da área, pois em geral, para áreas pequenas os erros esperados numa projeção populacional são maiores;
- período de tempo alcançado pela projeção, quanto mais longo, maiores serão os erros esperados;
- compatibilização das diversas projeções realizadas, para diferentes níveis geográficos.

Os principais métodos de previsão de população são o método aritmético, geométrico, processo da curva logística e processo da extrapolação gráfica.

O processo da curva logística e processo da extrapolação gráfica são empíricos<sup>3</sup>. Os demais são analíticos, desde que a população seja calculada mediante uma equação matemática (PROJEÇÃO ....., 2005). As equações dos processos geométrico e aritmético podem ser definidas com apenas dois dados populacionais e conduzem a um crescimento ilimitado.

Para as comunidades brasileiras até 20.000 habitantes, e que representam mais de 90% do total de habitantes do município, o seu crescimento geralmente se processa dentro do ritmo geométrico (PROJEÇÃO ....., 2005).

- **Processo aritmético**

O processo aritmético pressupõe uma taxa de crescimento constante para os anos que se seguem, a partir de dados conhecidos, por exemplo, a população do último censo (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000)

Para o cálculo da população futura (P3) no ano (t3) é necessária a obtenção de valores de duas populações (P1) e (P2) correspondentes a dois diferentes censos demográficos (t1 e t2), respectivamente.

Em seguida calcula-se a razão ou taxa de crescimento nesse período, a qual é calculada pela seguinte expressão:

$$r = \frac{P_2 - P_1}{P_1 \times (t_2 - t_1)}$$

Em que:

P<sub>2</sub> = população no ano t<sub>2</sub>;

P<sub>1</sub> = população no ano t<sub>1</sub>;

t<sub>2</sub> ; t<sub>1</sub> = anos anteriores a população que se quer calcular ou população futura (P<sub>3</sub>);

---

<sup>3</sup> Esses processos são caracterizados como processos gráficos



Após obtenção da taxa de crescimento, calcula-se a população futura (P3), correspondente ao ano futuro (t3) por meio da expressão:

$$P3 = P1 + P1 \times (t3 - t1)$$

- **Processo geométrico**

O processo geométrico leva em consideração o logaritmo da população variando linearmente com o tempo, ou seja, o crescimento da população nos últimos anos se desenvolveu segundo uma progressão geométrica e os próximos anos se processaram de acordo com a mesma progressão (DACACH, 1979).

Para o cálculo da razão ou taxa da progressão geométrica é necessário o conhecimento de dois diferentes dados de população P1 e P2, correspondentes aos anos t1 e t2, conforme expressão:

$$r = t2 - t1 \frac{\sqrt{P2 - P1}}{P1}$$

Em que:

P<sub>2</sub> = população no ano t<sub>2</sub>;

P<sub>1</sub> = população no ano t<sub>1</sub>;

t<sub>2</sub> ; t<sub>1</sub> = anos anteriores a população que se quer calcular ou população futura (P<sub>3</sub>);

Após obtenção da taxa de crescimento, calcula-se a população futura (P3), correspondente ao ano (t3) por meio da expressão:

$$P3 = P1(1 + r)^{t3-t1}$$

- **Processo da curva logística**

O processo da curva logística admite que o crescimento da população obedece a uma relação matemática do tipo curva logística, nos

quais a população cresce assintoticamente em função do tempo (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 2000).

Para o cálculo do processo da curva logística é importante seguir os seguintes procedimentos:

- a) Obter valores das populações,  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  correspondentes a três anos anteriores,  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ ;
- b) Adotar curva de crescimento populacional, uma curva definida por esses três pontos e que satisfaça a seguinte equação:

$$P = \frac{K}{1 + (2,718)^{a-b \times t}}$$

Em que:

$b$  = é a razão de crescimento da população;

$K$  = é o limite de  $P$  (valor de saturação da população);

$a$  = é um valor tal que para  $t = a/b$  há uma inflexão na curva.

Expressão para o cálculo de  $K$ :

$$K = \frac{2 \times P_0 \times P_1 \times P_2 - (P_1)^2 + (P_0 \times P_2)}{P_0 \times P_2 - (P)^2}$$

Expressão para o cálculo de  $a$ :

$$a = \frac{1}{0,4343 \times t_1} \times \log \left( \frac{P_0 \times (K - P_1)}{P_1 - (K - P_0)} \right)$$

Expressão para o cálculo de  $b$ :

$$b = \frac{1}{0,4343} \times \log \left( \frac{(K - P_0)}{P_1 \times (K - P_0)} \right)$$

A aplicação da curva logística depende da satisfação da seguinte condição:

$$P_0 \times P_2 < (P_1)^2$$

- **Processo da extrapolação gráfica**

O processo de extrapolação gráfica ou prolongamento manual consiste no ajustamento aos dados já observados de uma curva arbitrária, por uma técnica puramente gráfica, sem se preocupar estabelecer a equação do fenômeno (AZEVEDO NETTO, 1973), conforme mostrado no Gráfico 3.

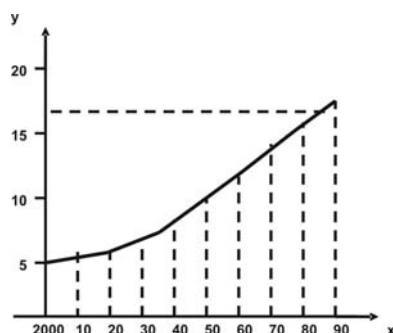


Gráfico 3 - Gráfico extrapolação gráfica.

O modelo adotado pelo IBGE para estimar os contingentes populacionais dos municípios brasileiros, emprega metodologia desenvolvida pelos demógrafos Madeira e Simões (1972), observado a tendência de crescimento populacional do município, entre dois censos demográficos consecutivos, em relação à mesma tendência de uma área geográfica hierarquicamente superior (área maior) (ESTIMATIVA...,2005).

O método requer a existência de uma projeção populacional que leve em consideração a evolução das componentes demográficas (fecundidade, mortalidade e migração), para uma área maior que o município, quer dizer, para a Unidade da Federação, Grande Região ou País. Desta forma, o modelo matemático desenvolvido estaria atrelado à dinâmica demográfica da área maior. Em síntese, o que a metodologia preconiza é que: se a tendência de crescimento populacional do município entre os Censos for positiva, a estimativa populacional será maior que a verificada no último

levantamento censitário; caso contrário, a estimativa apontará valor inferior ao último Censo (ESTIMATIVA...,2005).

#### **4.3.4 Critérios e parâmetros de projeto**

No Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário é necessário o estabelecimento de parâmetros hidráulicos que venham garantir o escoamento livre do esgoto, evitando a deposição de material sólido no fundo das canalizações (secundário, coletor-tronco, interceptor e emissário), efeitos abrasivos nas paredes internas, subdimensionamento das estações elevatórias e estações de tratamento de esgotos.

Dentre os critérios e parâmetros de projeto destacam-se:

- Consumo per capita;
- Coeficientes de variação de vazão ( $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$ );
- Coeficiente de contribuição industrial;
- Coeficiente de retorno esgoto/água;
- Taxa de infiltração;
- Carga orgânica do despejo;
- Níveis de atendimento;
- Alcance do estudo.

Os critérios e parâmetros de projeto das unidades de coleta, elevação e tratamento de esgoto estão contidos nas NBR 9649/1986 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, NBR 12207/1989 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário, NBR 12008/1989 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário/ Procedimento e NBR 12209/1990 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário/ Procedimento.

#### **4.3.5 Bacias e Sub-Bacias de Esgotamento**

Para a elaboração do projeto do SES é necessária aquisição da planta planialtimétrica da área, identificando os divisores de água e fundos de vale para então, possibilitar a delimitação da área a ser esgotada por meio do traçado dos limites das bacias e sub-bacias de esgotamento.

Em terrenos que apresentam baixa declividade há necessidade da divisão da área em bacias de esgotamento independentes para que se possa encaminhar o esgoto até pontos baixos das bacias e recalá-lo, por meio de Estação Elevatória de Esgoto, para o destino final ou para uma bacia vizinha (SOARES, 2004).

#### **4.3.6 Sistemas existentes**

Na análise do sistema existente de esgoto sanitário é necessária a descrição do sistema, identificando todos os elementos, com análise pormenorizada das partes constituintes, baseadas no cadastro e informações existentes, devendo constar os seguintes dados: área atendida, população esgotável por bacia contribuinte e/ou nível de atendimento, contribuição “per capita”, número de ligações por categoria e consumo (ALEM SOBRINHO E TSUTIYA, 2000)

Segundo Bhering et al. (2000), a obtenção de todas essas informações pode ser comprometida, já que na maioria dos municípios brasileiros há:

- falta de sistematização de informações;
- precariedade do cadastro do sistema de esgoto existente, desatualização das informações;
- falta de informações em meio digital;
- falta de padronização das ligações;

- dificuldade da identificação em campo dos elementos pertencentes à rede de esgoto, principalmente dos poços de visitas, devido ao grande tempo decorrido da implantação e ao intenso processo de pavimentação.

#### **4.3.7 Sistema de esgotamento sanitário centralizado e descentralizado**

Para o estudo de alternativas de concepção é necessária a análise e comparação de sistemas de esgotamento sanitário centralizados ou descentralizados, verificando os custos operacionais e de implantação entre as alternativas, apontando vantagens econômicas e ambientais em relação à localização da unidade de tratamento de esgoto e viabilizando a escolha da alternativa mais adequada.

##### **4.3.7.1 Sistemas integrados (centralização)**

A integração ou centralização dos sistemas de esgotamento sanitário implica na coleta e transporte de elevadas vazões de esgoto em redes coletoras (coletores secundários, coletores-tronco e interceptores) com diversos diâmetros e extensões, e, geralmente, necessita de estações elevatórias, pelas quais o esgoto é direcionado para uma única unidade de tratamento de grande porte, ou, em alguns casos, descartado "in natura" nos corpos d'água.

Segundo Brostel e Harada (1999), a centralização do tratamento em uma única estação pode ser possibilitada pela existência de áreas próximas às áreas urbanas, permitindo adotar tratamento que utilizem grande extensão de terras, e que não necessitem de custos com desapropriação. Outro fator a considerar é a existência de corpos receptores nas proximidades das localidades, e que mesmo sendo de pequeno porte, proporciona custos reduzidos dos emissários.

Por outro lado, as tubulações da rede coletora, além de receberem contribuições adicionais de esgoto doméstico, muitas vezes, recebem efluentes industriais e outras contribuições não previstas, decorrentes de infiltrações do

meio externo, devidas a rupturas ou fissuras das tubulações. Assim, quanto maior a rede de coleta, maior a probabilidade de ocorrerem quebras ou deslocamentos na rede, resultando em contribuições indesejadas ao volume de esgoto a ser tratado, as quais podem sobrecarregar estações de tratamento de esgoto (NOSSOS....2005a).

Pereira e Mendes (2003) enfatizam ser preciso verificar a viabilidade técnica, econômica, financeira e ambiental em função do número e da localização da ETE, devendo o projetista definir a viabilidade da construção de apenas uma grande ETE ou a instalação de diversas ETE's de pequena capacidade.

#### 4.3.7.2 Sistemas isolados (descentralização)

Os sistemas isolados ou descentralizados são caracterizados por redes coletoras com menores extensões e diâmetros e estações de tratamento de esgoto localizadas em diferentes pontos da área em que se deseja implantar o SES.

Esses sistemas descentralizados são adequados para pequenas comunidades, de baixa densidade populacional, loteamentos e conjuntos habitacionais bem delimitados, além de regiões de preservação ambiental.

Sob a ótica da redução no investimento inicial, têm-se desenvolvido soluções para implantação gradativa ou modular de ETEs, sendo que as estações do tipo compactas e simplificadas trazem como vantagem a diminuição nos custos da rede coletora de esgoto (INFORME...2005).

Frizzo e Eckman (2003) enfatizam que a partir da disponibilidade de áreas que, embora em quantidade pequena, possam permitir a locação de ETEs, em pontos específicos, torna-se uma solução muito interessante de implantação gradativa, conferindo flexibilidade ao sistema como um todo, e conseqüentemente, pode solucionar problemas de regiões mais periféricas

cujos esgotos somente poderiam ser encaminhados para as maiores ETE's com elevados custos.

Essa concepção vem progressivamente se constituindo uma alternativa a centralização dos esgotos, já que a descentralização pressupõe o tratamento do esgoto mais próximo possível do local onde o mesmo é gerado, sem depender de estações elevatórias e grandes redes coletoras. No entanto, alguns técnicos e pesquisadores da área apontam que a descentralização onera o sistema em termos operacionais.

Vale ressaltar que o sistema descentralizado apresenta vantagens como, eliminação do transporte de resíduos a grandes distâncias, evitando a transferência da poluição do local de geração para outros lugares e forçando a solução de modo imediato e pontual, normalmente a custos de manutenção bem menores que os sistemas de coleta e tratamento centralizados (NOSSOS...2005b).

A falta de conhecimento da sociedade, no que se refere a sistemas eficientes de tratamento localizado, por outro lado, pode levar a escolhas erradas e resultados decepcionantes, comprometendo a aplicabilidade das boas tecnologias. A adoção de normas técnicas para sistemas descentralizados, estabelecendo requisitos e padrões mínimos de desempenho, além de programas de certificação para estações de tratamento destinadas a pequenas comunidades são mecanismos necessários para a proteção dos cidadãos dispostos a contribuir para a melhoria da qualidade de vida, a partir do tratamento dos seus efluentes (NOSSOS...2005b).

Para a escolha da alternativa deverá ser realizado pré-dimensionamento hidráulico - sanitário das unidades do SES, como rede coletora de esgoto, coletor tronco, interceptor, emissário, estação elevatória de esgoto, linha de recalque, e estação de tratamento de esgoto.

A partir do pré - dimensionamento é possível proceder a estimativa de custo das alternativas, contendo planilhas de orçamento, memorial de



cálculo do orçamento, composição de custos de serviços e propostas de materiais e equipamentos com a data base definida (ALEM SOBRINHO ;TSUTIYA ,2000).

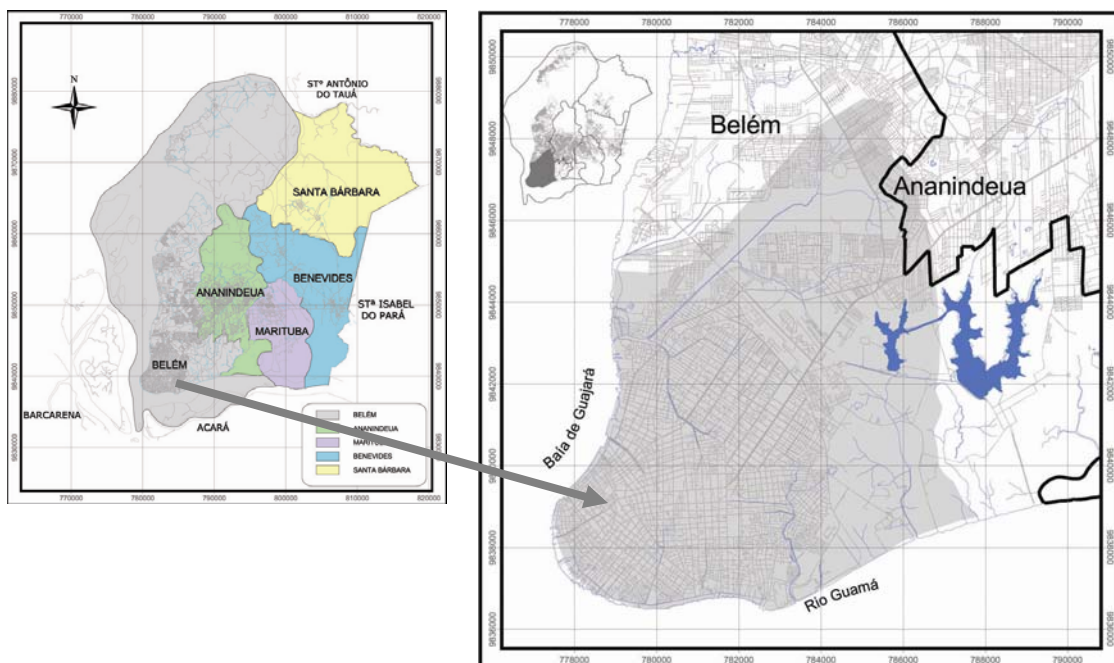
O custo de construção das obras de saneamento pode ser minimizado por estudos específicos e localizados como a realização de diferentes alternativas de concepção do SES para melhorar tecnicamente o projeto, evitando gastos excessivos na construção

A partir do estabelecimento das diretrizes mais adequadas a elaboração dos projetos e obras será possível a efetiva ampliação dos sistemas de esgotamento sanitário, sendo importante para isso, a priorização das demandas sociais e ambientais com ênfase nos aspectos técnicos, econômicos, assegurando a sustentabilidade operacional do sistema.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área denominada de planejamento, que corresponde a região de maior adensamento no município de Belém (Mapa 1), capital do estado do Pará, que juntamente com os municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará compõem a Região Metropolitana de Belém.



Mapa 1 - Localização geográfica da área de estudo  
Fonte: Companhia de Habitação do Pará (2003).

Essa área objeto do planejamento possui 5452,62 ha e população total de 1.166.500 habitantes, com densidade média de 213,93 hab/há.

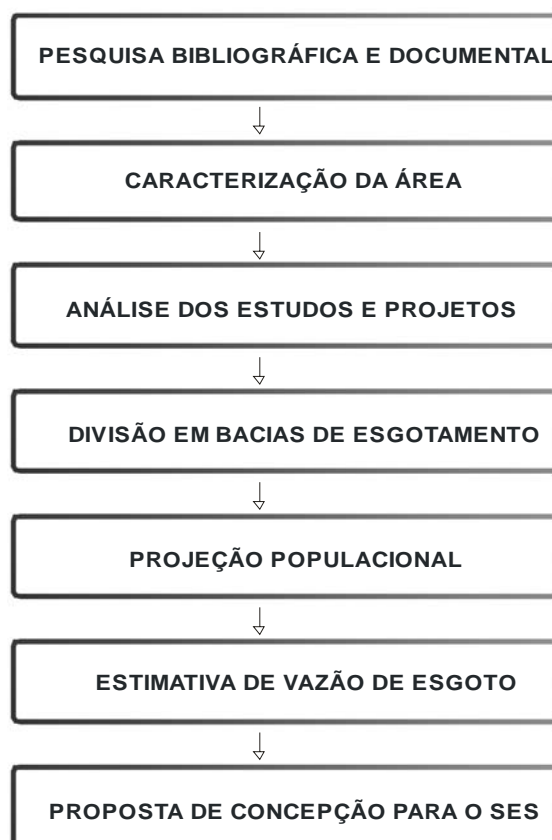
Os principais aspectos que motivaram a escolha da referida área foram:

- Área adensada com cerca de 89% da população total do município de Belém e 58% da RMB;
- Altos índices de cobertura com abastecimento de água;
- Baixa cobertura com sistemas de esgotamento sanitário;

- d) Terreno com características ambientais heterogênea;
- e) Informações gerais mais consolidadas;
- f) Poucas áreas disponíveis, o que dificulta a locação de unidades de tratamento de esgoto sanitário e de destino final de esgoto tratado.

## 5.2 FASES DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no período de Agosto de 2004 a Julho de 2005, sendo dividida em 8 (oito) fases: Pesquisa bibliográfica e documental; Caracterização da área central da RMB; Análise dos estudos e projetos para a implantação do SES; Sistema existente; Definição das bacias de esgotamento sanitário; Projeção populacional; Estimativa de vazão de esgoto; Alternativa para ampliação do SES, conforme ilustrado no Fluxograma 1.



Fluxograma 1 – Procedimentos metodológicos

### **5.2.1 FASE I – Pesquisa bibliográfica e documental.**

Na Fase I foi realizado levantamento do referencial teórico, por meio de consulta em trabalhos acadêmicos, em normas técnicas, na legislação brasileira em trabalhos técnicos disponíveis nos órgãos públicos das esferas municipal, estadual e federal.

### **5.2.2 FASE II – Caracterização da RMB, município de Belém e área de planejamento.**

Nessa fase foi realizada a caracterização dos aspectos gerais da RMB e do município de Belém. Também foram definidos os limites de abrangência da área de estudo denominada nessa pesquisa de “Área de Planejamento”.

Por meio da obtenção de informações nos órgãos públicos (municipais, estaduais e federais) foi possível adquirir dados de aspectos sócio-econômicos como: saúde, educação, recreação, lazer, comércio, economia, transporte, comunicação e energia elétrica.

Também foram coletadas informações dos sistemas de saneamento, mais especificamente dos sistemas existentes de drenagem urbana, abastecimento de água, resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Além disso, foram coletadas informações referentes às bacias de drenagem e às unidades de conservação ambiental da RMB.

Essas informações foram conseguidas em diversas instituições como a Companhia de Habitação do Estado do Pará (COHAB), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Companhia de Pesquisas Minerais (CPRM), o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém (SAAEB), COSANPA, o Governo do Estado do Pará, a UFPA (Núcleo de Meio Ambiente, Centro de Geociências e Núcleo de Altos Estudos Amazônicos), a Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém

(CODEM), o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Pará (SECTAM), o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a Secretaria Executiva de Educação do Pará (SEDUC), a Secretaria Municipal de Saúde de Belém (SESMA), a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA), a Secretaria Executiva de Cultura do Pará (SECULT), a Secretaria Executiva de Transportes do Estado do Pará (SETRAN), o Grupo Rede CELPA e a Secretaria Executiva de Indústria, Comércio e Mineração (SEICOM).

### **5.2.3 FASE III – Análise dos estudos e projetos para a implantação do SES**

Nessa fase foram realizadas análises dos estudos e projetos elaborados para a implantação do SES na área de planejamento, identificando os elementos constituintes do sistema. Para isso foram analisados documentos como os projetos “Fox & Partner”, o projeto “Byington & Cia”, o “Estudo Para Lançamento de Esgoto Sanitário na Baía de Guajará”, o “Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário”, o Projeto Una, o PROSEGE e o PROSANEAR.

Nesses trabalhos foram analisados aspectos de planejamento utilizados na implantação de SES na RMB, tais como:

- Metodologias utilizadas nos estudos de crescimento populacional;
- Metodologias utilizadas nos estudos de produção de esgoto;
- Concepções utilizadas para coleta, transporte e tratamento e destino final do esgoto coletado;
- Parâmetros hidráulicos utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto sanitário;
- Locais de tratamento e destino final.

Também nessa fase foram obtidas informações do diagnóstico das unidades componentes do SES existente na área de planejamento, tendo a COSANPA repassado as seguintes informações.

- Área de abrangência;
- Período de alcance do projeto;
- População Atendida;
- Extensão de Rede Coletora;
- Número de ligações de esgotos sanitários;
- Número de economias esgotadas;
- Numero de Estações Elevatórias;
- Número de Estações de Tratamento de Esgotos;
- Processos utilizados;
- Localização do sistema.

#### **5.2.4 FASE IV – Definição das bacias de esgotamento sanitário.**

A definição das bacias de esgotamento foi realizada com base nas seguintes informações:

- Cartogramas da RMB com o limite dos municípios;
- Cartograma da divisão de bairros do município de Belém conforme Lei municipal 00/0235;
- Cartograma com a espacialização de conjuntos habitacionais e invasões localizadas na RMB, visando subsidiar a localização de áreas com características específicas;
- Cartograma com as curvas de nível da RMB;
- Cartograma com os limites das bacias de drenagem do município de Belém.

As informações de cota altimétrica da área foram obtidas da CODEM.

Vale ressaltar que também foi consultada a base de dados da COHAB.

### 5.2.5 FASE V – Projeção populacional

Para a realização da projeção populacional foram utilizados dados e a cartografia necessária para compatibilização das informações censitárias com as unidades espaciais existentes. Para tanto, foram utilizados os dados de população, cartografia e área para projeção populacional apresentados a seguir:

- Resultados do Universo do Censo Demográfico 2000 - Malha Setorial Digital dos Municípios 2000, do IBGE;
- Resultados do Universo do Censo Demográfico 2000, do IBGE;
- Resultados censitários espacializados por bacia obtidos em CD - ROM, com os resultados para o estado do Pará e municípios da Região Metropolitana de Belém;
- Cartogramas da divisão em bacias de esgotamento;
- Determinação da população por bacia de esgotamento sanitário para o ano base 2005;
- Projeção populacional no período 2005 a 2025.

Foi adotado método geométrico de projeção da evolução anual da população, sendo utilizadas taxas médias anuais estimadas para os períodos 2000-2010 e 2010-2020 – 2,65% e 2,54%, respectivamente – em razão de tendência à redução das taxas de crescimento demográfico nos últimos vinte anos (2,92% em 1980-1991 e 2,78% em 1991–2000). Essa avaliação foi realizada por ocasião da elaboração do Plano Diretor de Transportes Urbanos (PDTU), realizado em 2001, quando foi justificada a utilização das referidas taxas por considerar o mesmo ritmo de decréscimo da taxa observado entre os dois períodos. Vale ressaltar que para o período de 2020-2025 foi considerada 2,54%, pela mesma razão.

Além das informações dos setores censitários referentes ao ano 2000 do IBGE, também foram consideradas informações do setor comercial da COSANPA (referentes ao ano de 2004) e da população por bairro (referentes

ao ano de 2005) fornecido pela Prefeitura Municipal de Belém (PMB) da SESMA.

No processamento das informações e geo-referenciamento das mesmas foram elaborados mapas digitais, tendo sido utilizado o SIG com o software ArcView, versão 3.2.

#### 5.2.6 FASE VI – Estimativa de vazão de esgoto

A partir do estabelecimento dos limites das bacias de esgotamento, dos dados de crescimento populacional no período do estudo (2005-2025) e da adoção de parâmetros hidráulicos de projeto, foram estimadas as vazões por bacia de esgotamento na área de planejamento.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros de projeto utilizados na estimativa de vazão de esgoto.

Tabela 3 - Parâmetros de projeto

<b>Consumo efetivo per capita (L/hab.dia)</b>	<b>Coefficiente de retorno</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>
250	0,8	1,2	-
250	0,8	1,2	1,5

Para o dimensionamento hidráulico dos coletores, foi considerado o sistema de coleta tipo separador absoluto, tendo critérios hidráulicos utilizados nessa fase, como vazão mínima de dimensionamento, diâmetro mínimo, taxa de infiltração, recobrimento mínimo, tensão trativa, velocidade crítica, velocidade máxima, relação Y/D e declividade mínima, recomendados pela Norma Brasileira 9649 (1986) – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário e NBR 12207/1989 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário.



### **5.2.7 FASE VII – Alternativa para ampliação do SES na área central da RMB**

Nessa fase foram realizados estudos de concepção para ampliação do SES na área de planejamento, sendo elaboradas 06 (seis) alternativas de concepção, baseadas na centralização e descentralização das unidades de coleta e tratamento do esgoto sanitário.

Também foram pré-dimensionadas as unidades de coleta, elevação, tratamento e destino final para cada alternativa de concepção.

Com base em critérios econômicos, técnicos e ambientais foram comparadas as alternativas de concepção, sendo, posteriormente, definida a alternativa de concepção mais adequada para o SES a ser projetado.

Essas atividades seguiram as recomendações da NBR 9648/1986 – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário, NBR 9649/1986 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, NBR 12207/1989 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário, NBR 12008/1989 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário/ Procedimento e NBR 12209/1990 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário/ Procedimento.

## **6 RESULTADOS**

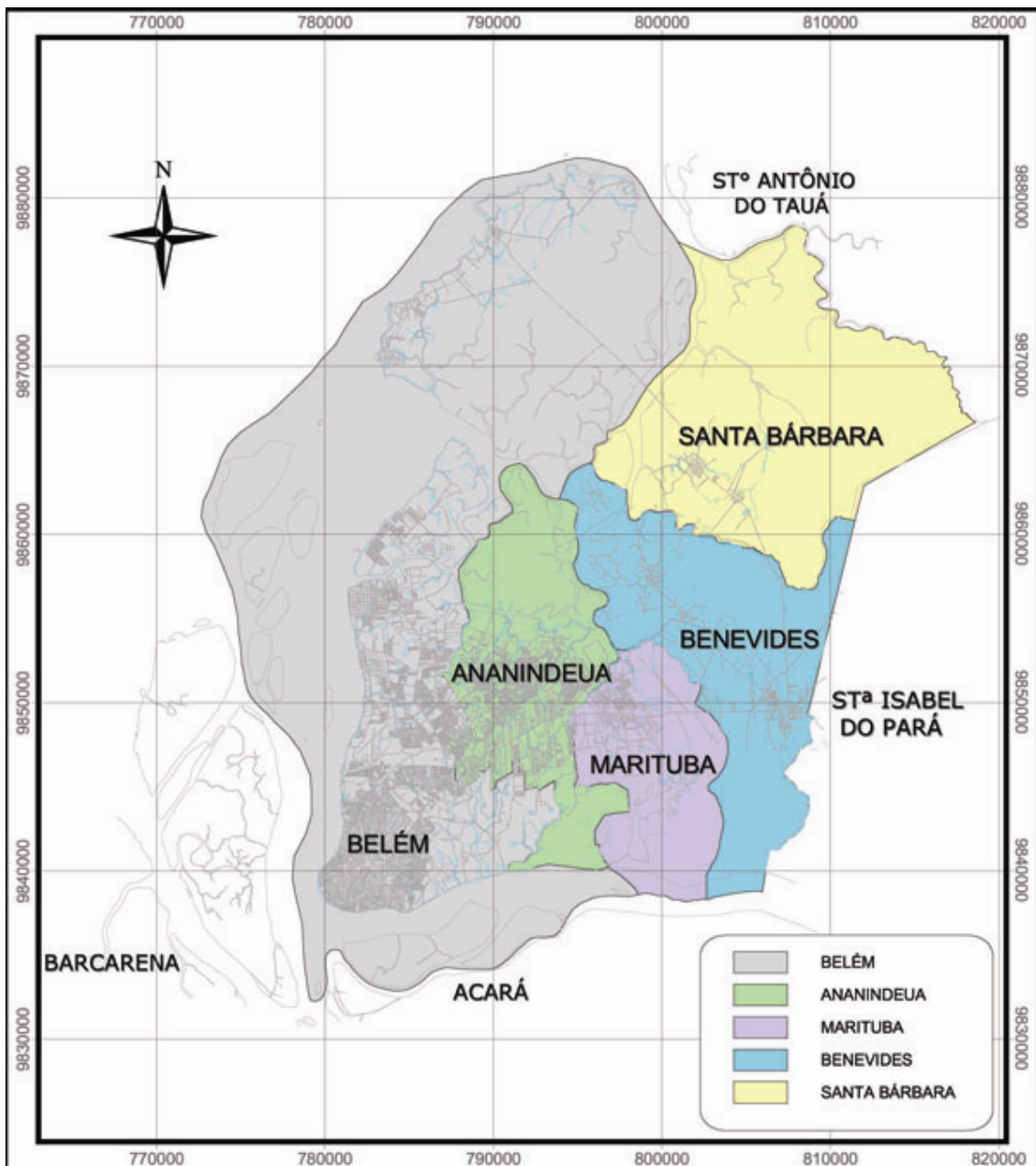
### **6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

#### **6.1.1 Caracterização da RMB**

A RMB foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14 de 1973, sendo, inicialmente, formada pelos municípios de Belém e Ananindeua. Posteriormente, com a Lei Complementar Estadual nº 27 de 1995 foram incorporados os municípios de Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará (BRASIL, 1973; PARÁ, 1995).

A RMB está situada ao Norte do Brasil, na Zona Guajarina do estado do Pará, estando distante 160 km da linha do Equador, na faixa conhecida como depressão da Amazônia Central, tendo área de 1.313,15 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,1 % da superfície do Estado (REGIÃO ..., 2004), sendo sua localização entre as coordenadas geográficas 01°03' e 01°32' de latitude Sul e 48°11' e 48°39' de longitude Oeste de Greenwich. No Mapa 2 são mostrados os limites da RMB, sendo ao Sul, o rio Guamá, ao Norte, a baía de Marajó e o município de Santo Antônio do Tauá, a Oeste, a baía do Guajará e a Leste, o município de Santa Isabel do Pará (OLIVEIRA, 2002).

Com o passar dos anos, a elevada concentração populacional tem ocasionado problemas de poluição/contaminação ambiental que demandam melhorias na infra-estrutura de saneamento da RMB. Contudo, ainda não existe cobertura completa do sistema de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de resíduos sólidos e de drenagem pluvial, o que contribui para a proliferação de doenças e a degradação ambiental.



Mapa 2 - Localização geográfica da RMB.

Fonte: Adaptado de Companhia de Habitação do Pará (2003).

A precipitação pluviométrica média anual na RMB é entre 2.500 a 3.000 mm, com chuvas mais intensas no final da tarde, no período de dezembro a abril, enquanto que, de agosto a outubro são registrados os menores índices pluviométrico (BELÉM,2000).

O regime térmico se caracteriza pela temperatura elevada, com média anual próxima de 26 °C e umidade relativa do ar em média de 85 %, sendo que

essas temperaturas se mantêm elevadas o ano todo, razão pela qual as 4 estações climáticas não são bem definidas na região.

Quanto aos ventos, predominam os do quadrante Nordeste, que têm fácil penetração na área, devido à disposição do relevo, isto é, com espigões e talvegues que se dispõem paralelamente no sentido Nordeste-Sudoeste. Pela disposição do relevo da orla da baía de Guajará (Norte-Sul), os ventos Norte atuam com menor freqüência. A velocidade média mensal dos ventos é 4,82 m/s, sendo mais fortes no verão do que no inverno (BELÉM,2000).

As altas temperaturas, os ventos de baixa velocidade, os altos índices de umidade relativa do ar e a abundante pluviometria são características do clima da RMB (BELÉM,2000).

A topografia da RMB é pouco uniforme, sendo que a cota Hipsométrica mais alta não ultrapassa 30 m.

### **6.1.2 Caracterização do município de Belém**

O município de Belém possui área de 51.569,30 km<sup>2</sup> (5.156.930 ha) e está situado às margens da baía do Guajará e do rio Guamá, no estuário do rio Pará, entre as coordenadas geográficas de latitude Sul 01°27'20" e 48°30'15" de longitude Oeste de Greenwich, tem limite ao Norte com a baía de Marajó, a Leste com os municípios de Benevides e Ananindeua, ao Sul com o rio Guamá e a Oeste com a baía do Guajará, como mostrado no Mapa 3, sendo dois terços de seu território formados de ilhas como a de Cotijuba, Combu, Murutucu etc. (MUNICÍPIO ..., 2005).



Mapa 3 - Localização geográfica do município de Belém  
 Fonte: Adaptado de Companhia de Habitação do Pará (2003).

A característica topográfica do município de Belém apresenta três distinções, representadas pelos níveis de várzeas, terraços e tabuleiros (baixos platôs) que, no contexto geral, se inserem no setor de planície regional, integrando o domínio de terras baixas sedimentares amazônicas (TRINDADE JR, 1993).

O relevo municipal é plano a levemente ondulado, com topografia pouco variada e baixa em diversas áreas da cidade, apresentando cota inferior ou igual a 4 metros alagadas permanentemente ou áreas sujeitas a inundações

periódicas, espaços esses que ficaram tradicionalmente conhecidos pela denominação de baixadas (TRINDADE JR, 1993).

Pela pouca altitude e conformação do terreno, a cidade apresenta certas deficiências de escoamento e, considerando sua topografia, os problemas são mais de efeitos retentivos e estagnantes do que efeitos erosivos das águas.

Devido à influência das marés, a periferia de Belém é bastante afetada pelas oscilações da preamar e baixa-mar, o que é agravado com as grandes chuvas. Parte de vários bairros, ao lado de porções fragmentadas de baixos terraços, onde a cidade teve seu nascedouro, foram bastante aterrados e servidos pelos diques construídos no Guamá e Guajará, com o objetivo de detenção das águas e de servir de estrada ou via de acesso à periferia de Belém.

O clima de Belém pertence a categoria equatorial quente úmido da zona climática Afi (classificação Koppen), cujas características principais são altas temperaturas, ventos de pouca velocidade intercalados por calmarias freqüentes, umidade relativa do ar elevada e precipitações anuais abundantes em torno de 2800mm/ano com maior freqüência de chuvas no período de janeiro a junho. A temperatura média anual de 26°C, com máxima de 34°C e mínima de 18°C; umidade média do ar totalizando 85%. Outra característica apresentada por Belém é a ausência de estações frias (BELÉM, 2000).

A seguir são apresentados aspectos de planejamento urbano, crescimento populacional e caracterizados aspectos sócio-econômicos do município de Belém, tais como: saúde, educação, recreação e lazer, comércio e economia e de infra-estrutura urbana, como: transporte, comunicação, energia elétrica e os sistemas de drenagem urbana, de abastecimento de água, de resíduos sólidos e de esgotamento sanitário.

- **Planejamento Urbano**

A Lei do Plano Diretor Urbano (PDU) de 1993, do município de Belém, estado Pará, propõe os seguintes tipos de zoneamento para o município: Zona Especial de Interesse Social (ZEIS); Zona Especial de Proteção do Patrimônio Histórico Cultural (ZEPPC); Zona Adensável até o Coeficiente Básico (ZACB); Zona Adensável acima do Coeficiente Básico (ZAOO); Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPA); Zona Industrial (ZI) (BELÉM, 1993).

No Zoneamento do Plano Diretor foram delimitadas as áreas em que já haviam ocorrido ocupações, como, também, aquelas onde o fato não se registrava, sendo possível mostrar as áreas em que a implantação de políticas urbanas se tornariam prioritárias, em função da forma de ocupação irregular, garantindo, assim, áreas destinadas à implantação de programas de habitação popular.

Na Lei Complementar de Controle Urbanístico (LCCU) de 1999 é apresentado o zoneamento do município de Belém, com a finalidade de controlar a área urbana e sua expansão, considerando a situação ambiental e a estrutura existente (BELÉM, 1999).

As Zonas Urbanas e de Expansão Urbana, são classificadas em:

**a) Zonas Ordinárias (ZO), que compreendem:**

- Zonas Habitacionais (ZH); Zonas de Uso Misto (ZUM);
- Zonas de Serviços (ZS);
- Zonas de Preservação Ambiental (ZPA); e,
- Zonas Industriais (ZI).

**b) Zonas de Interesse Urbano Especial (ZIUE), composta pelas:**

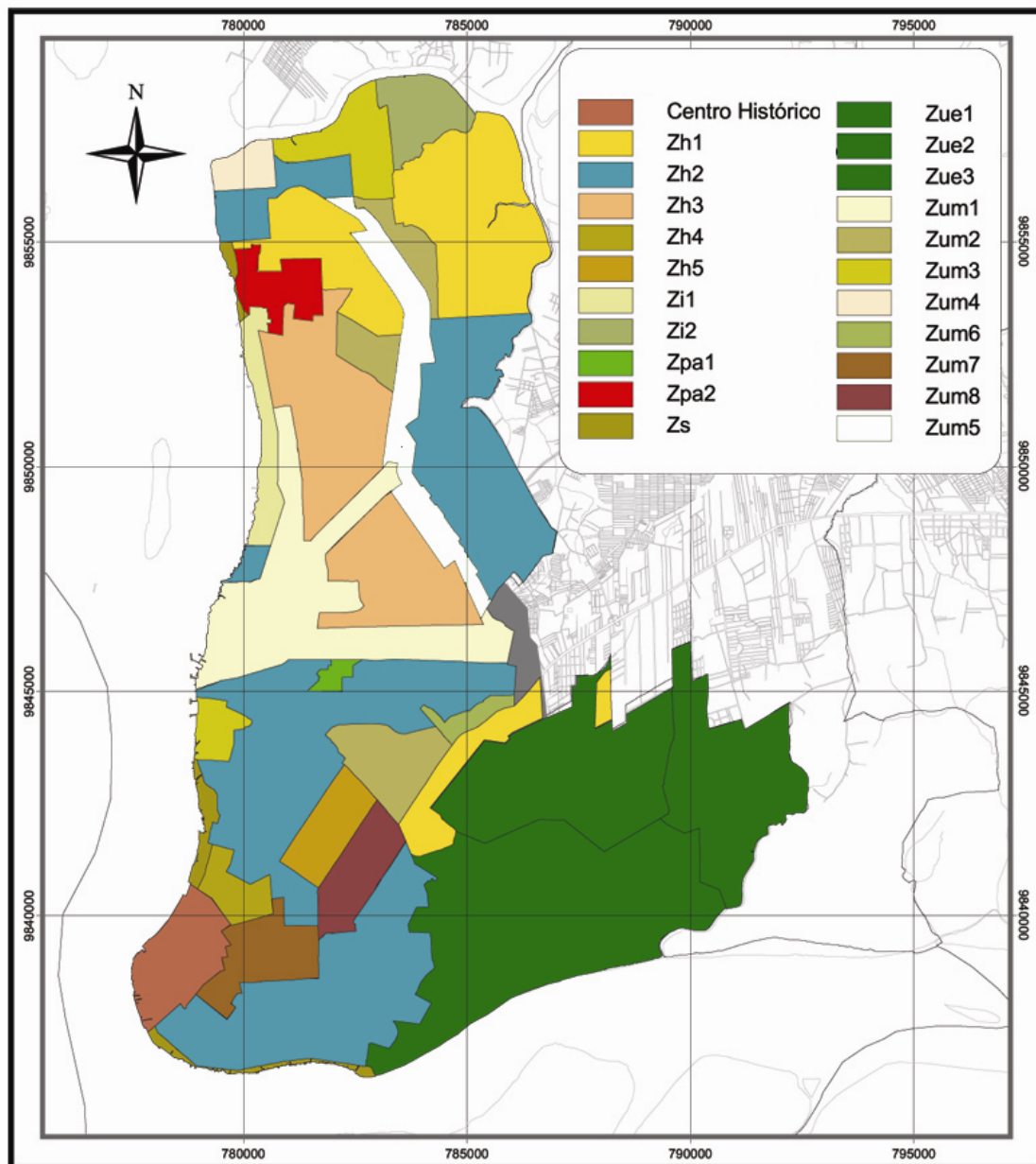
- Zonas de Interesse Urbano Especial 1 (ZIUE-1), constituídas pela área do Parque Ambiental de Belém, onde estão localizados os principais mananciais de abastecimento de água da cidade;

- Zonas de Interesse Urbano Especial 2 (ZIUE-2), integradas por centros de ensino e pesquisa;

- Zonas de Interesse Urbano Especial 3 (ZIUE-3), áreas destinadas ao lançamento, tratamento e reciclagem de resíduos sólidos e seu entorno imediato.

A LCCU/99 discrimina a funcionalidade das áreas zoneadas, entendida a partir de características do uso do solo, as quais permitiram uma abrangência de zonas com finalidades habitacionais (BELÉM,1999). No Mapa 4 é apresentado zoneamento do município de Belém de acordo com a LCCU/99.





Mapa 4 – Zoneamento do Município de Belém  
 Fonte: Belém (1999).

- **Crescimento populacional**

Barbosa e Silva (2002) citam que a evolução da população do município de Belém apresenta tendência de redução do crescimento populacional nas últimas décadas, conforme apresentado no Gráfico 4. Outro levantamento, realizado durante a elaboração do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da RMB, também indicou decréscimo nas populações ao longo dos últimos anos, como mostrado na Tabela 4.

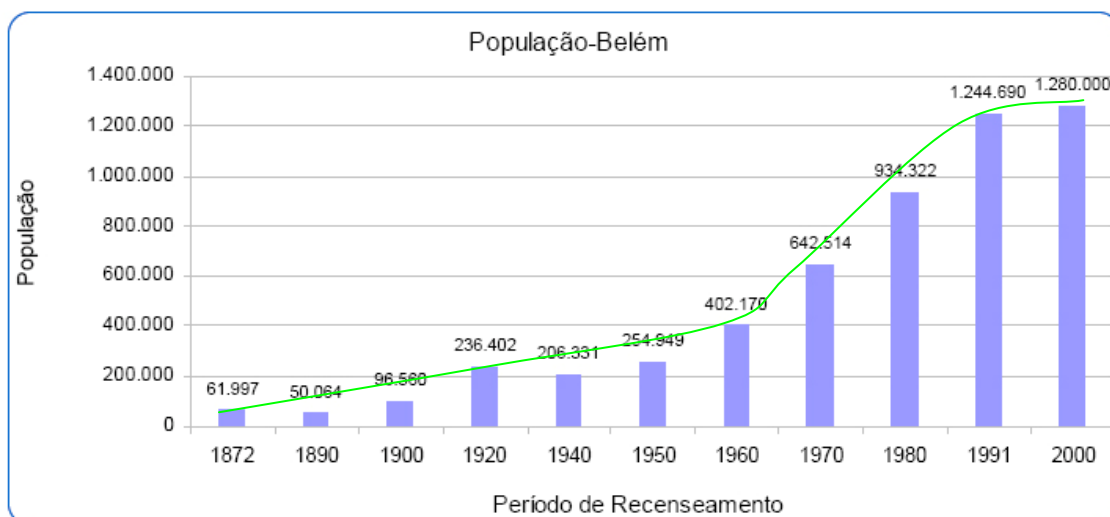


Gráfico 4 - Crescimento populacional em Belém, 1872 a 2000  
 Fonte: Barbosa e Silva (2002).

Tabela 4 - Resultados dos censos demográficos do IBGE para os municípios da RMB, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000.

ANO	RMB	MUNICÍPIO				
		BELÉM	ANANINDEUA	BENEVIDES	MARITUBA	SANTA BÁRBARA
1950 <sup>1</sup>	243.226	241.108	2.118			
1960 <sup>1</sup>	381.130	377.777	3.353			
1970 <sup>3</sup>	671.738	633.374	22.527	13.867		
1980 <sup>2</sup>	1.023.453	933.280	65.878	22.315		
1991 <sup>3</sup>	1.403.296	1.244.689	88.151	68.465	-	
2000 <sup>4</sup>	1.795.536	1.280.614	393.569	35.546	74.429	11.378

Obs.

1. Em 1850 e 1960 o Município de Ananindeua englobava os distritos de Ananindeua, Benevides, Benfica e Engenho Araci.
2. Em 1970 e 1980, após o desmembramento entre Ananindeua e Benevides, o Município de Benevides então criado, englobava os distritos de Benevides, Benfica e Santa Bárbara.
3. Em 1991 o município de Marituba é formado a partir do desmembramento de parte do distrito de Benfica. O município de Santa Bárbara foi criado em 19/12/1996 após desmembrar-se de Benevides.
4. A Região Metropolitana de Belém passou a ter a atual conformação a partir de 1995 por meio da Lei Estadual complementar no. 27 de outubro de 1995 com a inclusão dos municípios de Marituba e Benevides.

Fonte: CENSOS... (2003)

- **Saúde**

A rede de serviços de saúde é formada por dois pronto-socorros municipais (Pronto-Socorro Municipal da 14 de Março e Pronto-Socorro Municipal do Guamá), 50 unidades de saúde (postos de atendimento e unidades de saúde) e 20 serviços especializados, sendo que o Pronto-Socorro Municipal da 14 de Março atende cerca de 15 mil pacientes, enquanto que o Pronto-Socorro Municipal do Guamá atende cerca de 12 mil pacientes, oriundos, principalmente, do interior do Estado, de municípios que não possuem serviços de urgência e emergência (SISTEMA ..., 2005).

As unidades municipais de saúde em Belém perfazem um total de 47, sendo 29 postos de saúde e 18 Unidades Básicas de Saúde – UBS (SISTEMA ..., 2005).

Quanto aos serviços estaduais de saúde, em Belém pode-se observar que a rede hospitalar estadual possui 4 hospitais (Hospital Santa Casa de Misericórdia do Pará, Hospital Ofir Loyola, Hospital Gaspar Vianna e Hospital Abelardo Santos), sendo 3 hospitais gerais e 1 regional, além disso tem-se postos, centros e unidades de referência especializada que totalizam 52 unidades de saúde no município (SISTEMA ..., 2005).

Enquanto os serviços federais de saúde compreendem 2 hospitais universitários: o Hospital Universitário Betina Ferro de Souza e Hospital João de Barros Barreto, ambos vinculados a Universidade Federal do Pará.

Na rede privada de saúde existem cerca de 93 unidades de saúde como hospitais, clínicas, ambulatórios, consultórios entre outros.

- **Educação**

No município de Belém, a rede escolar é formada por escolas municipais, estaduais, federais e privadas, assim como universidades públicas (estadual e federal) e privadas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1991, 2000), a taxa de analfabetismo da população de Belém, a partir de 15 anos, foi reduzida de 7,26 %, em 1991, para 5,04 %, em 2000, o que ser pode observado pelo aumento de estabelecimentos escolares, número de matrículas, capacitação de professores etc., apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Número de estabelecimentos e matrículas, segundo o tipo de ensino, por esfera administrativa, no município de Belém - 2000.

TIPO DE ENSINO	ESFERA ADMINISTRATIVA							
	Municipal	Mat.	Estadual	Mat.	Federal	Mat.	Particular	Mat.
Pré-escolar	7.281	79	10.006	108	366	2	11.723	197
Ensino fundamental	44.397	59	161.069	237	3.688	2	31.965	158
Ensino médio	67	1	80.589	70	4.586	3	14.044	36
Classe de alfabetização	-	-	4.277	56	300	2	5.785	197
Educação de jovens e adultos	14.090	51	42.570	121	-	-	610	2
Educação especial	-	-	2.168	49	-	-	343	3
Educação Superior	-	-	-	1	2	2	4	4
Total	65.835	190	300.679	642	8.940	11	64.470	597

Fonte: Estabelecimentos ... (2005).

Apesar do aumento significativo no número de estabelecimentos de ensino e aumento de matrículas, as condições de trabalho em relação à infra-estrutura de algumas escolas são insuficientes, como, bibliotecas e laboratórios.

- **Recreação e Lazer**

No município de Belém, são muitas as alternativas de recreação e lazer encontradas, como praças, praias etc. De acordo com a Secretaria de Meio Ambiente (SEMMA) da Prefeitura Municipal de Belém, existem 213 praças na cidade de Belém, dentre as quais destacam-se: a da República, Batista Campos, Waldemar Henrique, do Pescador, Ver-o-Rio, do Operário e D. Pedro II (NOSSAS..., 2005).

Nas Fotografias de 1 a 8 são mostradas algumas áreas de lazer e pontos turísticos do município de Belém.



Fotografia 1 – Área de lazer e ponto turístico Praça da República.  
Fonte: Belém (2005).



Fotografia 2 – Área de lazer e ponto turístico Praça Waldemar Henrique  
Fonte: Belém (2005).



Fotografia 3 – Área de lazer e ponto turístico Praça Batista Campos  
Fonte: Belém (2005).



Fotografia 4 - Área de lazer e ponto turístico Ver-o-Rio.  
Fonte: Belém (2005).



Fotografia 5 - Área de lazer e ponto turístico Ver-o-Peso  
Fonte: Belém (2005).



Fotografia 6 - Área de lazer e ponto turístico Forte do Castelo  
Fonte: Belém (2005).





Fotografia 7 - Área de lazer e ponto turístico Estação das Docas  
Fonte: Belém (2005b).



Fotografia 8 - Área de lazer e ponto turístico Centro Histórico de Belém  
Fonte: Belém (2005b).

É importante observar, que as belas áreas destacadas encontram-se na orla do município, sendo caracterizadas por diversas formas de ocupação e atividades, de habitação a atividade comercial. Assim, as obras de saneamento nessas áreas são de complexo planejamento, devido ao cuidado de harmonizar diferentes elementos com as ações de saneamento ambiental.

Segundo a Fundação de Parques e Áreas Verdes de Belém (2001), existem canteiros (em 1999 – 3 e em 2000 – 1, num total de 4), trevos (1999 – 3) e áreas verdes complementares (em 1999 – 21 e em 2000 – 19, num total de 40).

Outras opções de lazer são as salas de cinema. num total de 16 salas, sendo 6.263 lugares, 5 (cinco) teatros, fazendo um total de 2.478 lugares, além de 13 museus e 12 galerias de arte (SECULT apud BELÉM, 2001; ESTAÇÃO ... ,2005; MOVIECOM ,2005; MUSEUS ,2005; GALERIAS, 2005).

Dentre outras opções de lazer, no município de Belém existem ginásios de esportes, estádios de futebol, clubes sociais e esportivos, quadras polivalentes das escolas e bibliotecas.

- **Comércio e Economia**

Segundo a Diretoria da Área de Indústria (apud PRINCIPAIS ..., 2005), os principais distritos industriais do Pará, são os de Ananindeua e Icoaraci, sendo o primeiro localizado no município com o mesmo nome, que compõe a RMB, às proximidades da rodovia BR-316, numa área de 457,48 ha e dispõe de infra-estrutura necessária, além de acesso fluvial (para embarcações de médio porte) e rodoviário.

Localizado no Município de Belém, a 18 km da BR-316 e as margens do Rio Maguari, o Distrito Industrial de Icoaraci, possui área total de 204,11 ha, com infra-estrutura e acesso rodoviário e fluvial (embarcações de pequeno e médio porte). Dentre as indústrias instaladas no Distrito estão: Tramontina Belém Indústria e Com. Ltda., Eldorado Exportação e Serviços Ltda., Majonave Transporte Fluvial da Bacia Amazônica Ltda., Terraplena Ltda. etc. (PRINCIPAIS ..., 2005).

No estado do Pará, cerca de 72 % das unidades industriais trabalham com madeira, alimentação e minerais não-metálicos, estando 44 % localizadas na RMB e em termos de Imposto de Circulação de Mercadorias, Bens e Proteção (ICMS), 67,6% da arrecadação do setor industrial estão concentrados em três microrregiões: Belém (42,8%), Parauapebas (19,1%) e Paragominas (5,7%).

As atividades industriais predominantes na Microrregião de Belém (municípios de Belém, Ananindeua, Barcarena, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará), segundo a arrecadação de ICMS, são: Bebidas (34% da arrecadação do setor industrial), produção metalúrgica (21%) e alimentos (13%) (SETORES ..., 2005).

De acordo com o IPEA (1997 apud MATTA, 2004), o produto interno bruto (PIB) do município de Belém totalizou 8,1 bilhões de reais em 1996, o

que representa cerca de 90,71% da economia metropolitana. Isso demonstra a importância do município de Belém para os outros municípios da Região Metropolitana.

- **Transporte**

Alguns estudos e propostas já foram realizados na tentativa de solucionar problemas de transportes urbanos da RMB. Em 1991, foi elaborado o Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Belém (PDTU 1991), porém, sem que os projetos previstos tenham sido executados (AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ; BRASIL, 2003).

No ano de 2000, foi firmada cooperação técnica entre os governos brasileiro e japonês para atualização do PDTU da Região Metropolitana de Belém (PDTU), sendo o estudo concluído em 2001 com recomendação de “um novo sistema de ônibus e diversos projetos viários, observando a importância do fortalecimento do sistema de transporte público e da rede viária na RMB” (AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ; BRASIL, 2003).

Os técnicos do Governo Japonês, por meio da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA), e da equipe brasileira, formada principalmente por técnicos do Governo do estado do Pará, concluíram, em 2003, o Estudo de Viabilidade Econômica de Projetos para o Melhoramento do Sistema de Transporte na Região Metropolitana de Belém, sob coordenação da JICA (AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ; BRASIL, 2003).

A rede viária da RMB é estruturada na área central, em quadras ortogonais e nas áreas periféricas por vias radiais que se estendem a partir do centro, sendo as avenidas Pedro Álvares Cabral e Almirante Barroso duas ligações do Centro à periferia.



A concentração de comércios e estabelecimentos de serviço na área central, além de áreas residenciais periféricas são fatores que aumentam o tráfego entre o centro e a periferia (AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ; BRASIL, 2003).

Na RMB, a gestão das linhas de transporte coletivo é realizada por três instituições que atuam em diferentes esferas administrativas, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Instituições que atuam na gestão de linhas de ônibus na RMB

<b>Nome</b>	<b>SIGLA</b>	<b>Esfera Administrativa</b>	<b>Nº de Linhas</b>	<b>Data Criação</b>
Companhia de Transportes do Município de Belém	CTBel	município de Belém	152	28/12/89
Departamento Municipal de Transportes e Trânsito	DEMUTRAN	município de Ananindeua	13	24/0799
Agência estadual de Regulação e Controle dos serviços Públicos	ARCON	estado do Pará	8	30/12/97

Fonte: Agência de Cooperação Internacional do Japão; Pará; Brasil (2003).

A Companhia de Transporte de Belém (CTBel) tem gerenciado as linhas do município de Belém, assim como as linhas metropolitanas originadas de Ananindeua, Marituba e Benevides, que passam por Belém, enquanto que o Departamento Municipal de Trânsito (DEMUTRAN) administra linhas do Município de Ananindeua e a Agência Estadual de Regulação e Controle de Serviços Públicos (ARCON) as linhas que já operavam no Sistema Intermunicipal Rodoviário de Passageiros na RMB, com tarifas e serviços diferenciados (AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ; BRASIL, 2003).

O sistema de transporte coletivo da RMB é composto por 147 linhas convencionais, 81 pontos de terminais e 27 linhas seletivas operadas por microônibus. Ao longo da rede de transporte coletivo existem, aproximadamente, 1.800 pontos de parada, sendo o sistema convencional formado, em média, por 1.750 veículos, que realizam 12.723 viagens/dia, transportando cerca de 1.450.000 passageiros.

No que se refere ao uso de transporte não motorizado, observa-se que as bicicletas são amplamente utilizadas por grande parte da população residente na RMB, sendo necessária construção de ciclofaixas e ciclovias. No município de Belém são encontradas ciclofaixas nas principais avenidas e ciclovia no trecho inicial da Avenida Almirante Barroso até o bairro do entroncamento.

Outro meio de transporte muito utilizado na RMB é o hidroviário, sendo na baía do Guajará realizados embarques e desembarques de passageiros e mercadorias que são transportados para o interior do Estado.

No que se refere ao transporte aéreo, no município de Belém existe dois aeroportos, sendo um internacional e outro regional.

- **Comunicação**

Em toda a RMB existem treze emissoras de rádios, seis de televisão, filiadas às principais redes nacionais, sendo responsáveis pelo atendimento no estado do Pará, por suas respectivas repetidoras. Além disso, possui, também dezoito editoras de jornais, de circulação diária e de periódicos, dentre os quais: O Liberal, O Diário, Jornal Amazônia, Diário Oficial e outros.

Os serviços de correios são atendidos por doze agências distribuídas na RMB, enquanto os telefônicos, de responsabilidade da empresa Telemar para telefones fixos e que desde 2002 vem se destacando com o atendimento em telefonia celular. A empresa Vésper, administrada por sua matriz situada no estado de São Paulo, também vem atuando na região, como prestadora de serviços de telefonia fixa.

- **Energia elétrica**

Até recentemente, tanto no Brasil como no exterior, as empresas de energia elétrica se organizaram predominantemente pelo modelo de integração vertical, ou seja, uma mesma empresa controlando a geração, a transmissão e

a distribuição de energia elétrica. A tendência internacional que se observa é no sentido da desverticalização das empresas de energia elétrica. Em muitos países, incluindo o Brasil, essa tendência, isto é, a verticalização, vem acompanhada da privatização de partes do setor elétrico. Em países do terceiro mundo, a desverticalização (privatização) é motivada pela busca de recursos da iniciativa privada a serem investidos na indústria de energia elétrica.

A energia consumida na RMB é gerada na Usina Hidroelétrica de Tucuruí (UHT), localizada no rio Tocantins e transmitida pela linha de transmissão até o centro de consumo. A empresa responsável pela geração e transmissão é a Centrais Elétricas do Norte (ELETRONORTE), empresa estatal das Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS).

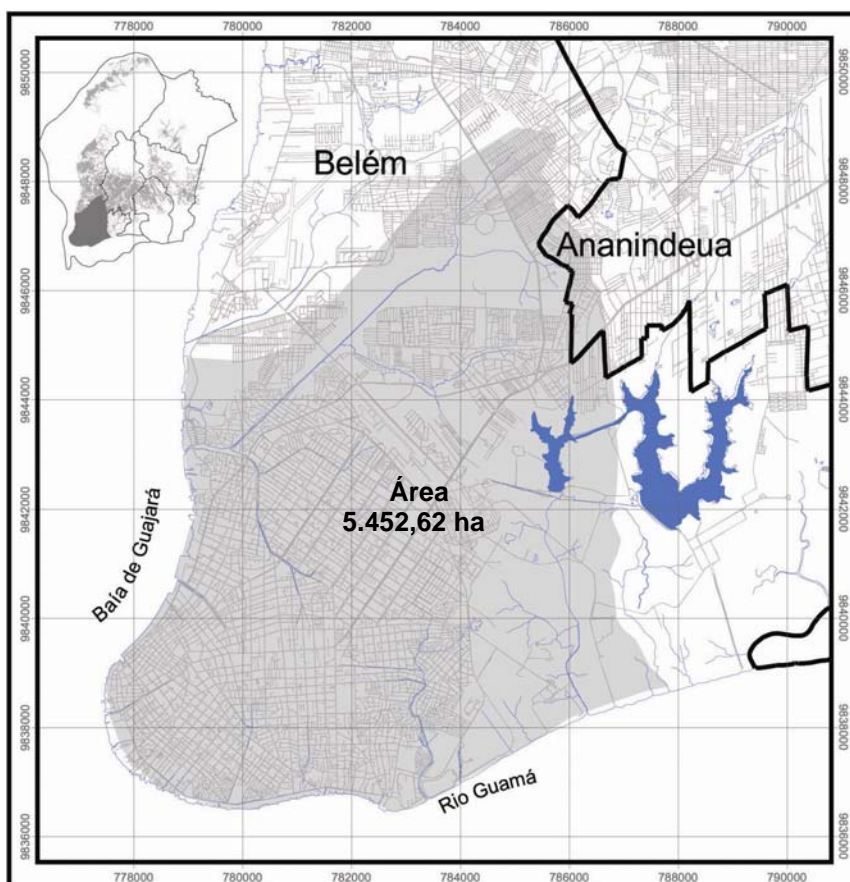
Na UHT a água armazenada no grande lago de Tucuruí é transformada em energia mecânica, por meio das turbinas hidráulicas e, posteriormente, transformada em energia elétrica utilizando os geradores elétricos, sendo distribuída na RMB pela concessionária de energia elétrica privatizada, o Grupo Rede Celpe, que distribui energia elétrica para uma área de concessão de 1.253.165 km<sup>2</sup>, abrangendo os 143 municípios do estado do Pará, atendendo mais de 5 milhões de habitantes, por meio de mais de 1,1 milhão de unidades consumidoras cadastradas (ÁREA ..., 2005).

No município, aproximadamente 100 % da população é atendida por essa distribuição de energia elétrica, ficando apenas a chamada população ribeirinha, com atendimento parcial, em função de sua localização e condições financeiras desfavoráveis, o que na maioria das vezes impede que esses moradores viabilizem as instalações elétricas apropriadas para o consumo de energia.

### 6.1.3 Caracterização da área de planejamento

- **Localização**

A área objeto do planejamento proposto no estudo possui (total de 5.452,62 ha, conforme Mapa 5.



Mapa 5 - Área de planejamento

Fonte: Companhia de Habitação do Pará (2003).

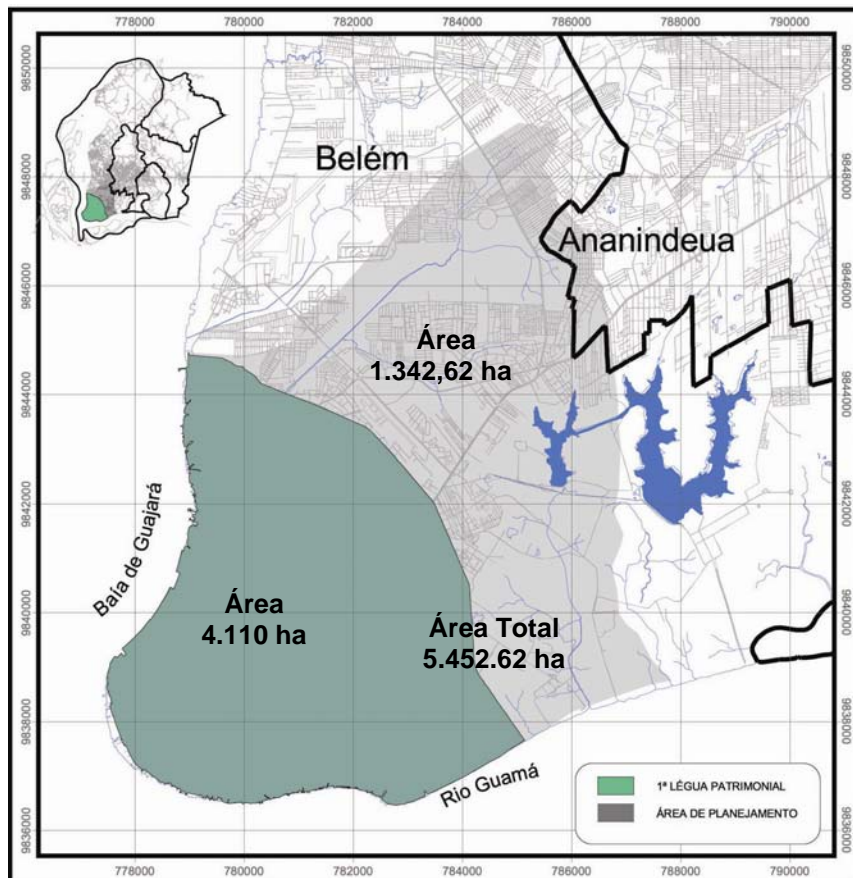
As características que motivaram a escolha desta área são:

- Área adensada com cerca de 89% da população total do Município e 58% da RMB;
- Terreno com características ambientais heterogênea;
- Baixa cobertura com sistemas de esgotamento sanitário;
- Informações gerais mais consolidadas;
- Altos índices de cobertura com abastecimento de água;

Vale ressaltar que cerca de 75% da área total de planejamento, cerca de 4.110 há, corresponde à primeira légua patrimonial que segundo Trindade JR (1998) consiste de área doada em 1627 pela Coroa Portuguesa à Câmara de Belém, por meio da Carta de Data e Sesmaria, constituindo o patrimônio fundiário inicial da municipalidade, sendo dado esse nome devido possuir área com raio de aproximadamente 6,6 km a partir do local de sua fundação (Forte do Presépio).

Até a década de 60, o crescimento da cidade de Belém foi limitado a essa área por vários fatores dentre os quais pode ser destacada a existência de “cinturão institucional”, que foi ultrapassado com a expansão da malha urbana em direção a Rodovia Augusto Montenegro (eixo Belém-Icoaraci) e em direção a BR-316 e Estrada do Coqueiro (eixo Belém-Ananindeua).

No Mapa 6 é mostrado os limites da área de planejamento e da primeira Légua patrimonial.

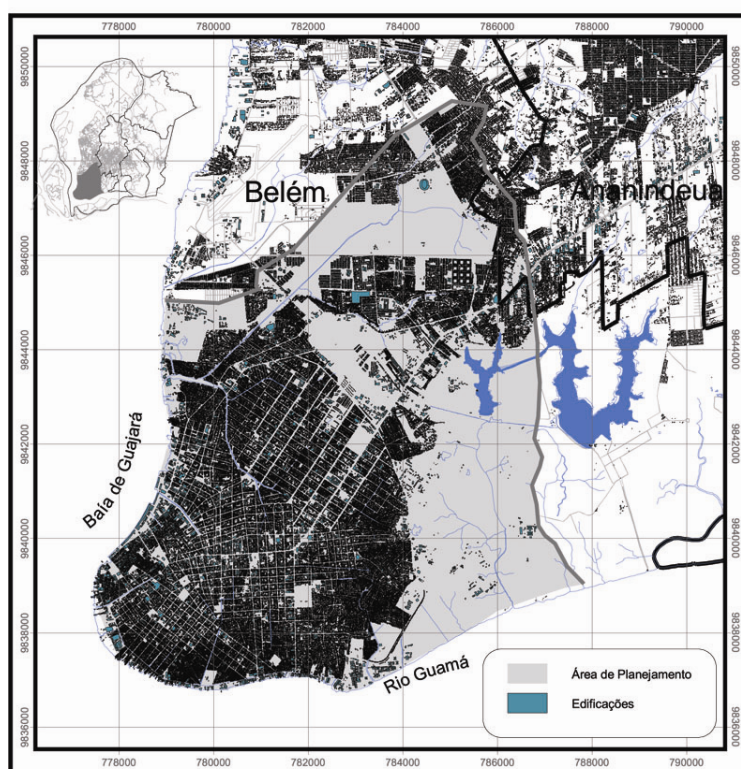


Mapa 6 - Limite da primeira légua patrimonial

As características geográficas e ambientais do município de Belém são fatores de importância no processo de ocupação urbana, na medida em que as áreas de terra firme foram sendo ocupadas pelas camadas de maior renda, restando somente as áreas alagadas para a população de menor renda poder aquisitivo. Essas características têm papel fundamental na forma como as questões sócio-espaciais estão engendradas com as questões habitacionais e como a população de baixa renda busca suprir suas necessidades de moradia na cidade (PINTO, 2005).

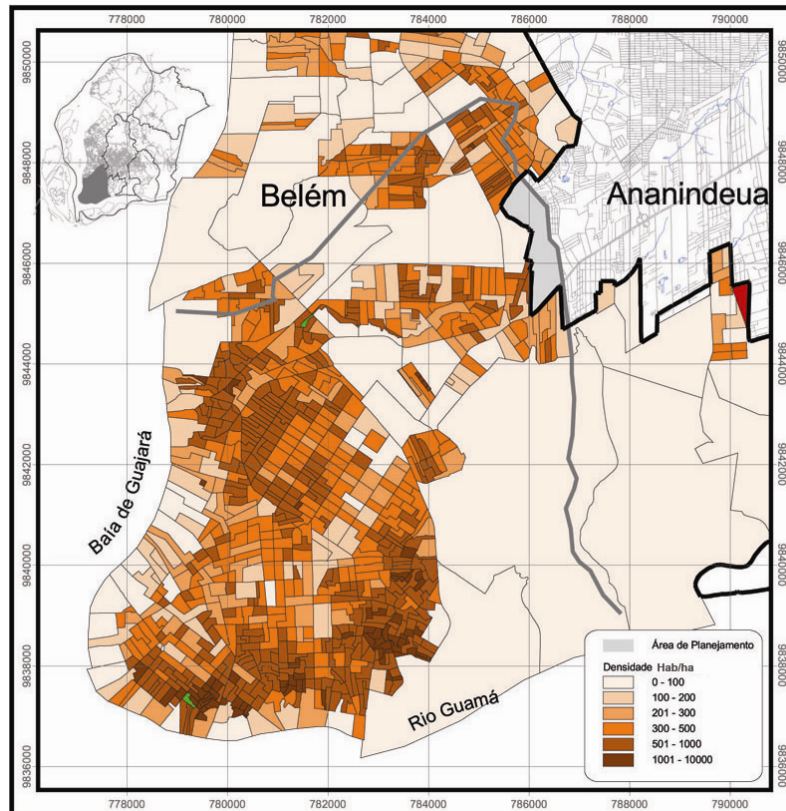
- **Densidade populacional**

O processo de ocupação do município de Belém ocasionou a aglomeração de pessoas nas áreas periféricas e ou mais afastadas do centro onde a “desordem” é menor no Mapa 7 e Mapa 8 podem ser observadas a disposição das edificações e a distribuição das densidades populacionais na área de planejamento, respectivamente.



Mapa 7 - Concentração da edificação da área de planejamento.  
Fonte: Adaptado de Companhia de Habitação do Pará (2003).



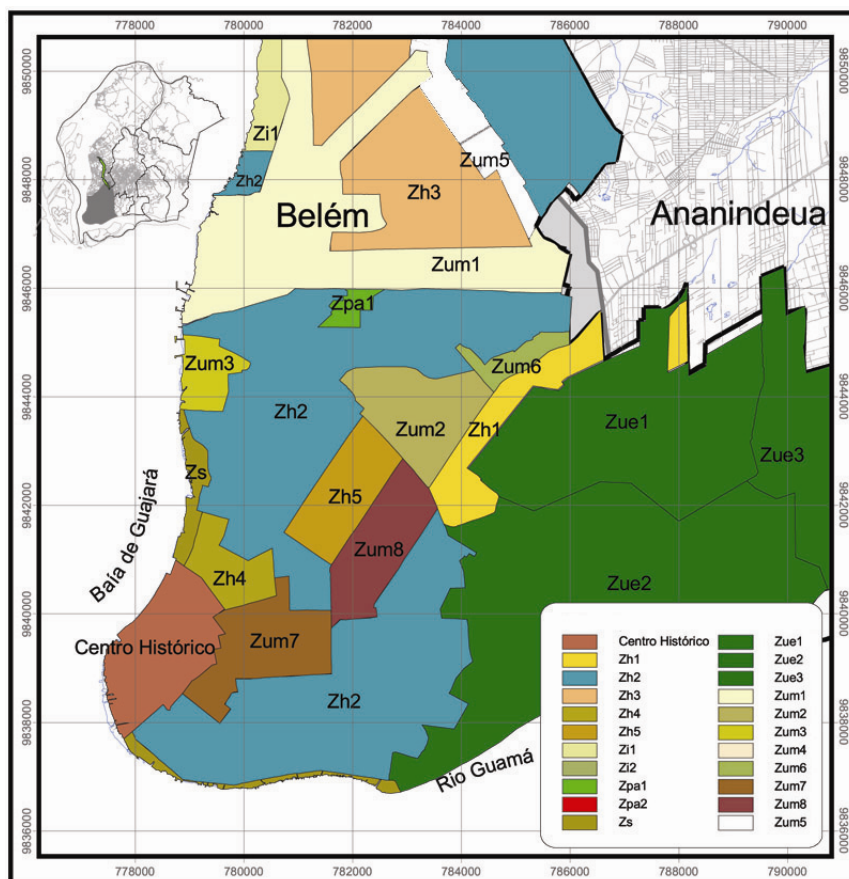


Mapa 8 - Densidade demográfica da área de planejamento.  
 Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000).

- **Zoneamento urbano**

O controle urbanístico da utilização do espaço urbano e sua expansão devem estar subordinados ao zoneamento previsto na LCCU/1999, no qual foi considerado, entre outros fatores, as condições necessárias para a alocação de infra-estrutura urbana necessária à situação encontrada na elaboração dos estudos que estruturaram a lei, bem como para o futuro estrutural do município.

Utilizando o zoneamento proposto na Lei nº 02, de 19 de julho de 1999 (LCCU), o zoneamento da área de planejamento é apresentado no Mapa 9. No Quadro 4, de forma generalizada, são citados os usos propostos por modelos urbanísticos da LCCU, na área de planejamento.



Mapa 9 - Zoneamento da área de planejamento.  
Fonte: Adaptado de BELÉM (1999)

USOS		Zh					Zi		Zpa		Zs	Zue			Zum							
		1	2	3	4	5	1	2	1	2		1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8
Habitação	Unifamiliar	x	x	x	x	x	*	*	-	-	*	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
	Multifamiliar	*	x	x	x	x	*	*	-	-	*	-	-	-		x	x	x	x	x	x	x
Comércio	Varejista	x	x	x	x	x	x	x	-	-	*	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
	Atacadista e depósito	*	x	x	-	-	x	x	-	-	*	-	-	-	x		x		x	x		x
Serviço	A	x	x	x	x	x	x		-	-	x	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x
	B	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-	-	-		x	x	x	x	x	x	x
Indústria		x	x	x	x	x	x	x	-		-	-	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x

Quadro 4 – Usos predominantes na área de planejamento.

Fonte: Adaptado de Belém (1999).

\* Uso não permitido.

Serviço A: Serviços de hotelaria, técnicos, financeiros, pessoais, de reparo, comunicação, transporte, e demais serviços urbanos, excluídos os serviços B.

Serviço B: Serviços de educação, culturais, comunitários e sociais, os de saúde, os institucionais e os de lazer, excluídas as áreas verdes e de uso público para recreação.



Segundo Belém (1999), nas zonas de preservação ambiental (Zpa) e zonas de uso especial (Zue), não são admitidos os usos citados.

Quanto à cobertura vegetal do município. Cabe ressaltar que, observações de imagens LANDSAT – TM/1996, mostram que cerca de 54,73% da cobertura vegetal original do município de Belém já se encontra alterada (BELÉM, 1999 apud BARBOSA; SILVA, 2002 ). No município de Belém existem 3 (três) unidades de conservação ambiental:

**APA Belém** - Criada pelo Decreto Estadual nº 1.551, de 3 de maio de 1993, estando localizada a Nordeste do estado do Pará; entre as coordenadas 01°22'00" à 01°28'30" Latitude Sul e 48°20' 30" à 48°27'30" Longitude W Gr., nos municípios de Belém e Ananindeua, com área de 5.886 ha, correspondendo a 0,005 % da área total do Estado, com a finalidade de promover a proteção dos mananciais de abastecimento de água de Belém (lagos Bolonha e Água Preta), assegurando a potabilidade destes, assim como o saneamento ambiental e a urbanização das áreas ocupadas; de recuperar áreas degradadas e de preservar a biodiversidade e preservar o Sítio Histórico do Murutucu (UNIDADES ... , 2005).

**Parque Estadual do Utinga** - Criado pelo decreto estadual nº 1.552, de 3 de maio de 1993, estando localizado a Nordeste do Estado; entre as coordenadas 01°23'13" à 01°26'02" Latitude Sul e 48°23'50" à 48°26'47" Longitude W Gr., no município de Belém, com área de 1.206 ha, correspondendo a 0,001 % da área total do Estado, com a finalidade de preservar índices mínimos de cobertura florestal na RMB e ampliar a vida útil dos lagos Bolonha e Água Preta. (UNIDADES ... , 2005).

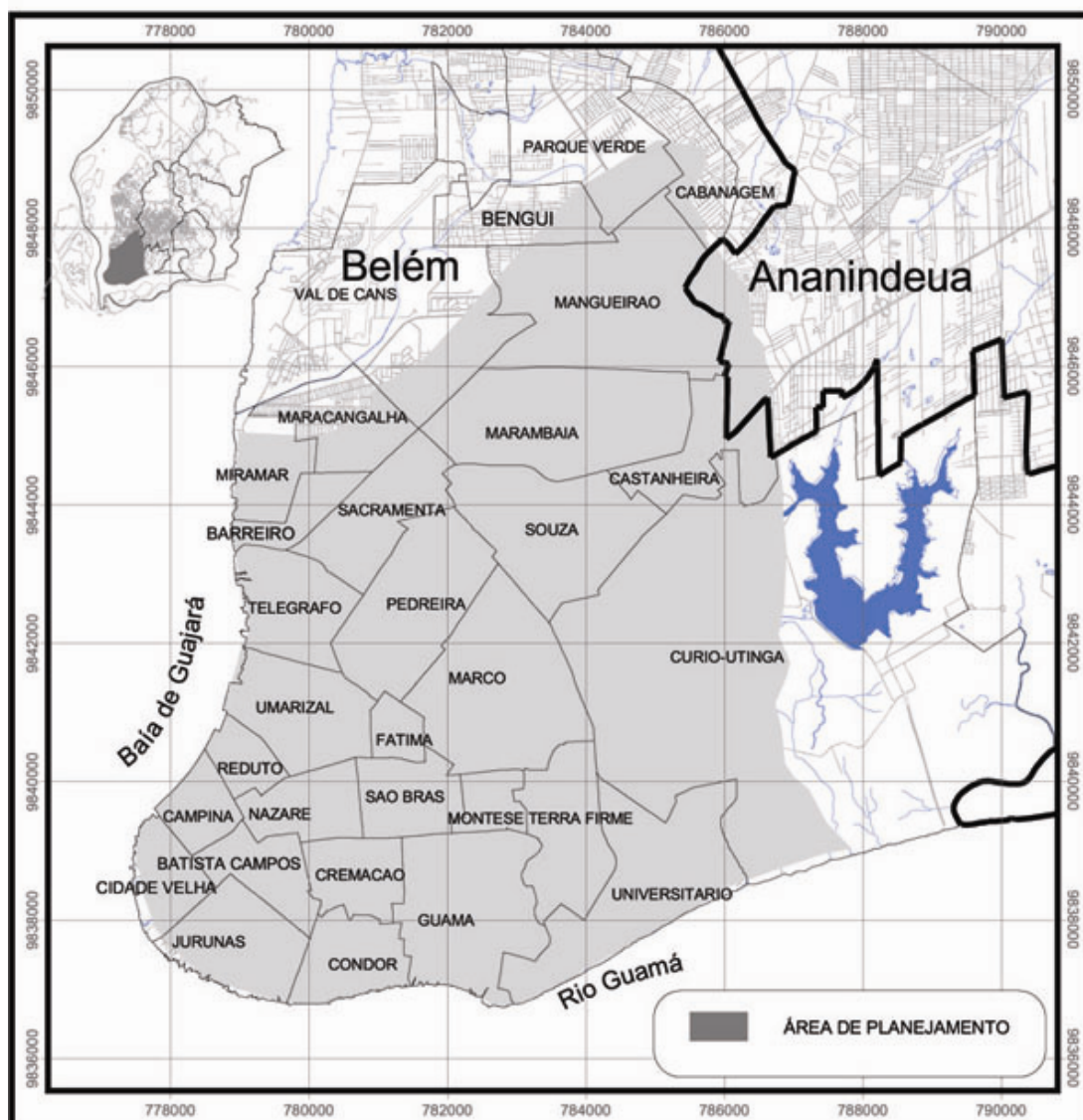
**Parque ecológico do Município de Belém** - Criado pela lei municipal nº 7.539, de 19 de novembro de 1991, localizado na área remanescente do Conjunto Presidente Médici, no bairro da Marambaia, em uma área de 35 hectares, com a finalidade de conservar os recursos naturais existentes. Atualmente, o Poder Público Municipal é responsável pela proteção, manutenção e restauração do mesmo (PROGRAMAS ... , 2005).

- **Divisão institucional**

A Lei nº 7.806, de 30 de julho de 1996 (atual Lei dos Bairros), que revogou a Lei nº 7.245 de 24 de janeiro de 1984, teve como objetivo voltar-se à área de expansão da cidade, situada além da Primeira Léguas Patrimonial, integrando-a ao espaço formal da cidade, sob a forma de novos bairros, uma vez que, apesar de encontrar-se totalmente ocupada por segmentos de população de baixa renda, (caracterizados pelas ocupações espontâneas), por concentrações de alta renda, representadas por condomínios fechados, ou ainda por instituições públicas e grandes empresas, não era considerada nas ações de gestão pública. (BELÉM, 1984; BELÉM, 1996).

A Lei dos Bairros, em princípio, manteve os limites territoriais existentes nos bairros da Primeira Léguas Patrimonial, com exceções no bairro do Souza (que teve sua área subtraída para o surgimento do Curió-Utinga e do Castanheira), e no bairro da Sacramento (que teve sua área acrescida com introdução da ocupação Malvinas). Esta lei também condicionou suas definições aos limites municipais estipulados na Lei Estadual nº 5.778, de 15 de dezembro de 1993, aos Distritos Administrativos definidos na Lei nº 7.682 de 06 de janeiro de 1984, e as normativas dispostas no Plano Diretor do Município de Belém e no Plano Diretor das Ilhas (SANTANA; PROENÇA, 2005).

No Mapa 10 é apresentado os limites dos atuais bairros na área de planejamento.



Mapa 10 – Limites dos Bairros na área de planejamento.

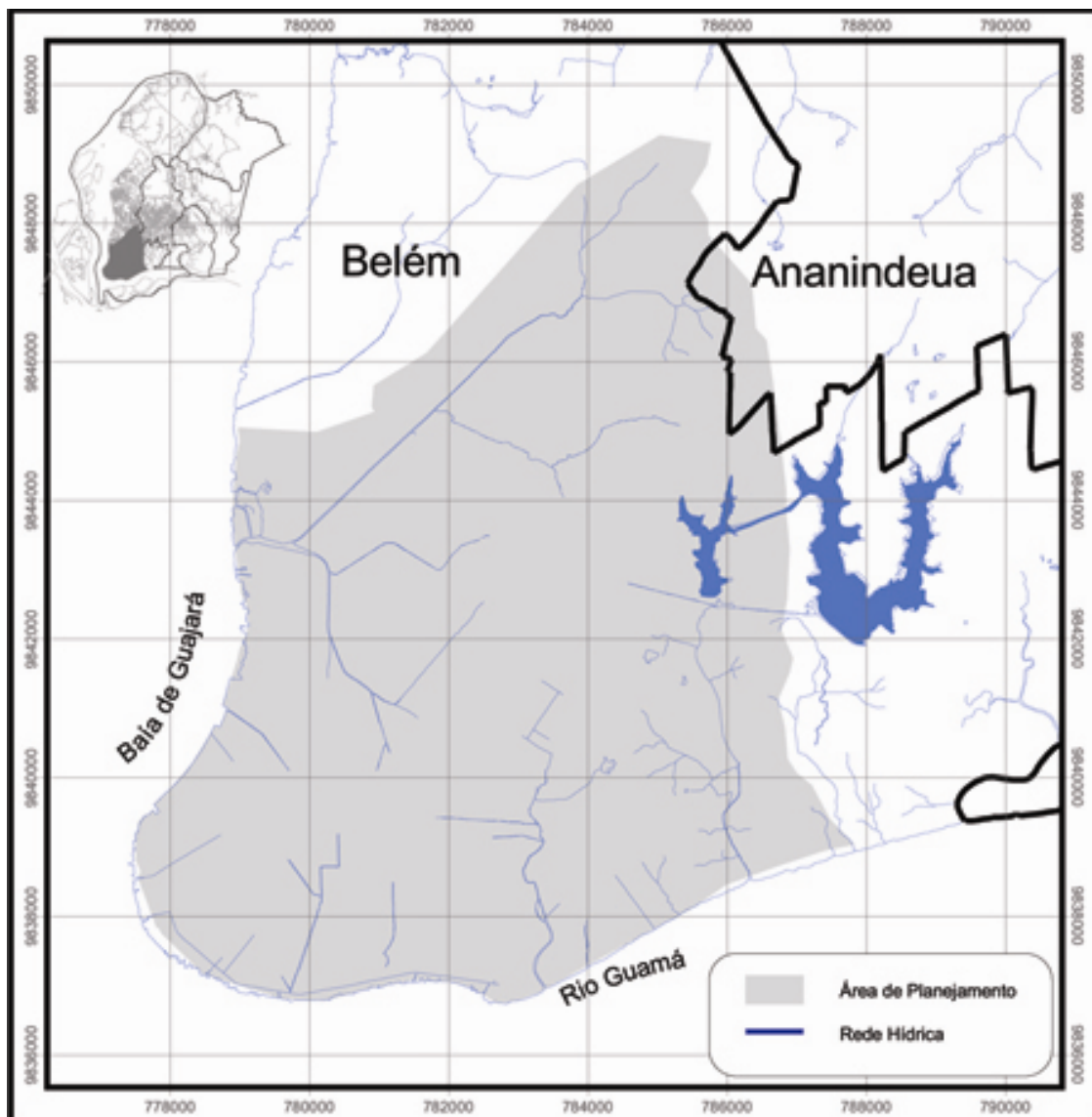
Fonte: Adaptado de Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (1999).

Quadro 5 - Bairros na área de planejamento.

BAIRROS		
Telégrafo	Curio-Utinga	Parque Verde
Barreiro	Fátima	Pedreira
Batista Campos	Guamá	Reduto
Bengui	Jurunas	Sacramento
Cabanagem	Mangueirão	São Brás
Campina	Maracangalha	Souza
Canudos	Marambaia	Telegrafo
Castanheira	Marco	Umarizal
Cidade Velha	Miramar	Universitário
Condor	Montese	Val de Cães
Cremação	Nazaré	-

- **Malha hídrica**

A hidrografia da área de planejamento município é bastante significativa, sendo constatada a presença de igarapés, áreas de várzea e terra firme. Toda a área urbana está coberta por extensa rede de cursos d'água devido a localização na confluência da baía do Guajará com a foz do rio Guamá (PINTO, 2005). No Mapa 11 é mostrada rede hídrica na área de planejamento.



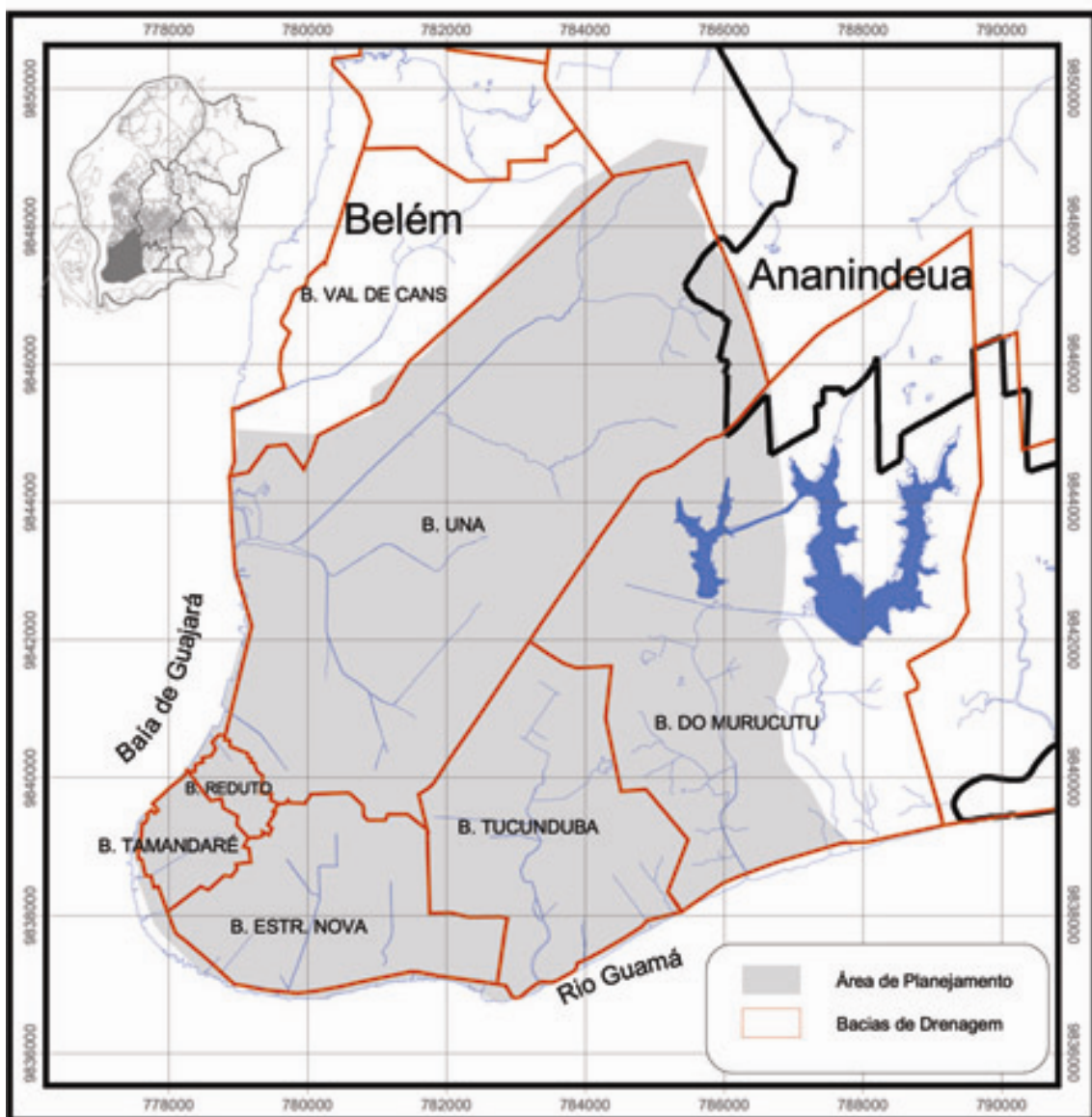
Mapa 11 - Rede hídrica na área de planejamento.

Fonte: Adaptado de Companhia de Habitação do Pará (2003).

- **Bacias de drenagem**

As bacias hidrográficas que compõem a área de estudo são: Bacia do Tucunduba (942), Bacia da Estrada Nova (954 ha), Bacia da Tamandaré (192 ha), Bacia do Reduto (93 ha), e parte da Bacia do Una (3.772 há) (MERCÊS apud BARBOSA; SILVA , 2002).

No Mapa 12, são representadas as bacias de drenagem da área de planejamento.



Mapa 12 - Bacias de drenagem da área de planejamento.

Fonte: Adaptado de BELÉM (2000)

## 6.2 ANÁLISE DOS ESTUDOS E PROJETOS E PARA A IMPLANTAÇÃO DO SES NO MUNICÍPIO DE BELÉM.

Nesse capítulo são apresentados e analisados os principais estudos e projetos realizados para a ampliação do SES no município de Belém, os quais são relacionados no Quadro 6

<b>Estudo / Projeto</b>	<b>Período</b>
Projeto Fox & Partner	1906 a 1912
Reformulação do Projeto Fox & Partner	1912 a 1915
Projeto Byington & Cia	1955 a 1967
Reformulação do Projeto Byington & Cia	1968 a 1972
Estudos Para Lançamento na Baía de Guajará	1975 a 1977
Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário	1986 a 1987
Macro Drenagem da Bacia do Una - Projeto Una	1987 a 2003
PROSANEAR	1993 – 1997
PROSEGE	1993 a 2005

Quadro 6 - Estudos e projetos para implantação do SES na RMB

Vale ressaltar que nem sempre esses projetos resultaram na execução de obras, o que explica o atual déficit no atendimento desse sistema.

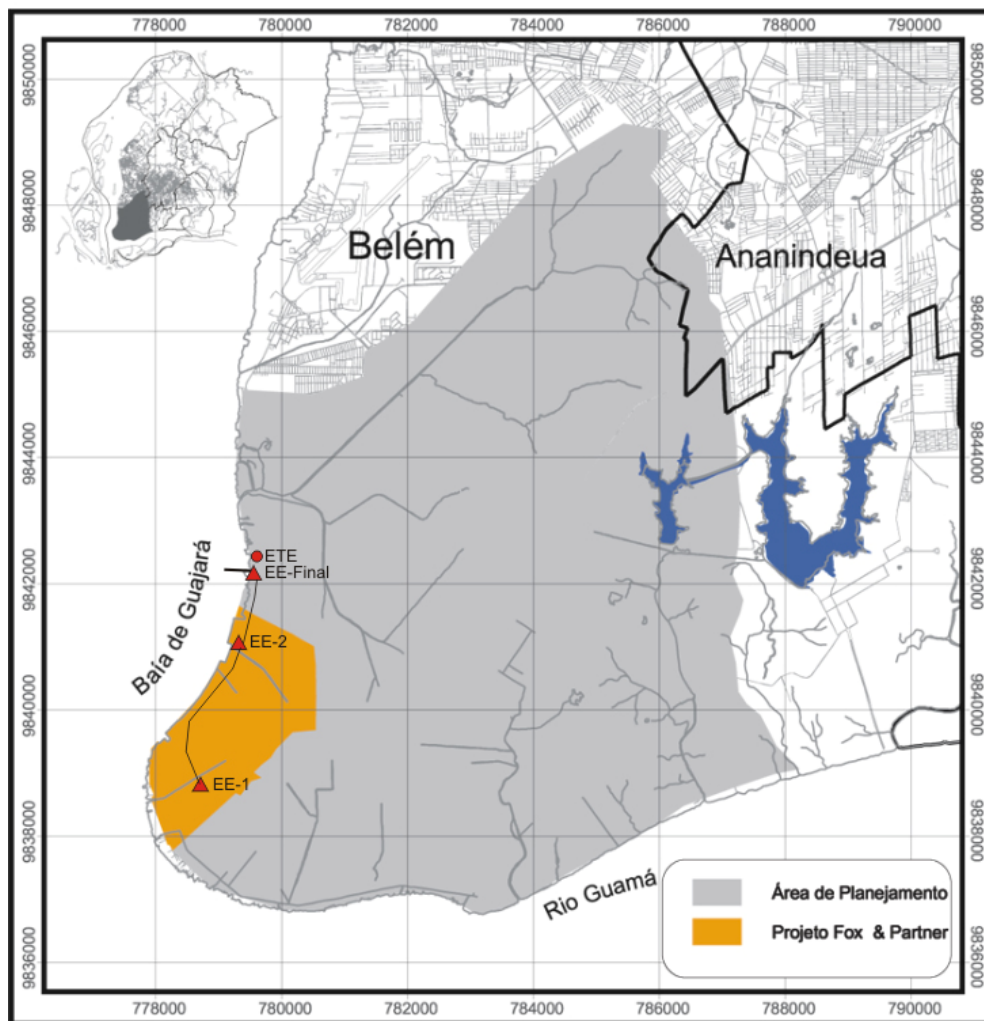
Também foram elaborados os projetos dos SESs de Mosqueiro, da Pratinha e do Outeiro, não os quais serão comentados por não estarem localizados fora da área de planejamento proposta nesse estudo.

### 6.2.1 Concepção do Projeto Fox & Partner (1906 a 1911)

Os primeiros estudos para implantação do SES no município de Belém ocorreram no início do século XX, tendo a empresa Fox & Partner elaborado projeto para atender área de 690 ha e população de 105.000 habitantes, o que correspondia a toda população urbana do município na época.

Os limites do projeto elaborado pela firma Fox & Partner corresponde a área atualmente ocupada pelos bairros da Cidade Velha, Campina, Reduto e Umarizal. No Mapa 13 são indicados os limites do referido projeto e da área de planejamento do presente estudo.





Mapa 13 - Conceção do Projeto Fox & Partner  
 Fonte: Adaptado de Byington & Cia (1962).

Esse projeto foi elaborado com a proposta de construção do SES com:

- a) 79 km de rede coletora do tipo separador absoluto;
- b) duas estações elevatórias;
  - Elevatória 1: Localizada na rua Ângelo Custódio esquina da Av Tamandaré.
  - Elevatória 2: Localizada na Av. Doca de Souza Franco com Municipalidade.

Vale ressaltar que não foram encontradas informações sobre divisão de bacias de esgotamento, tendo sido encontrado apenas, a limitação da área de abrangência.

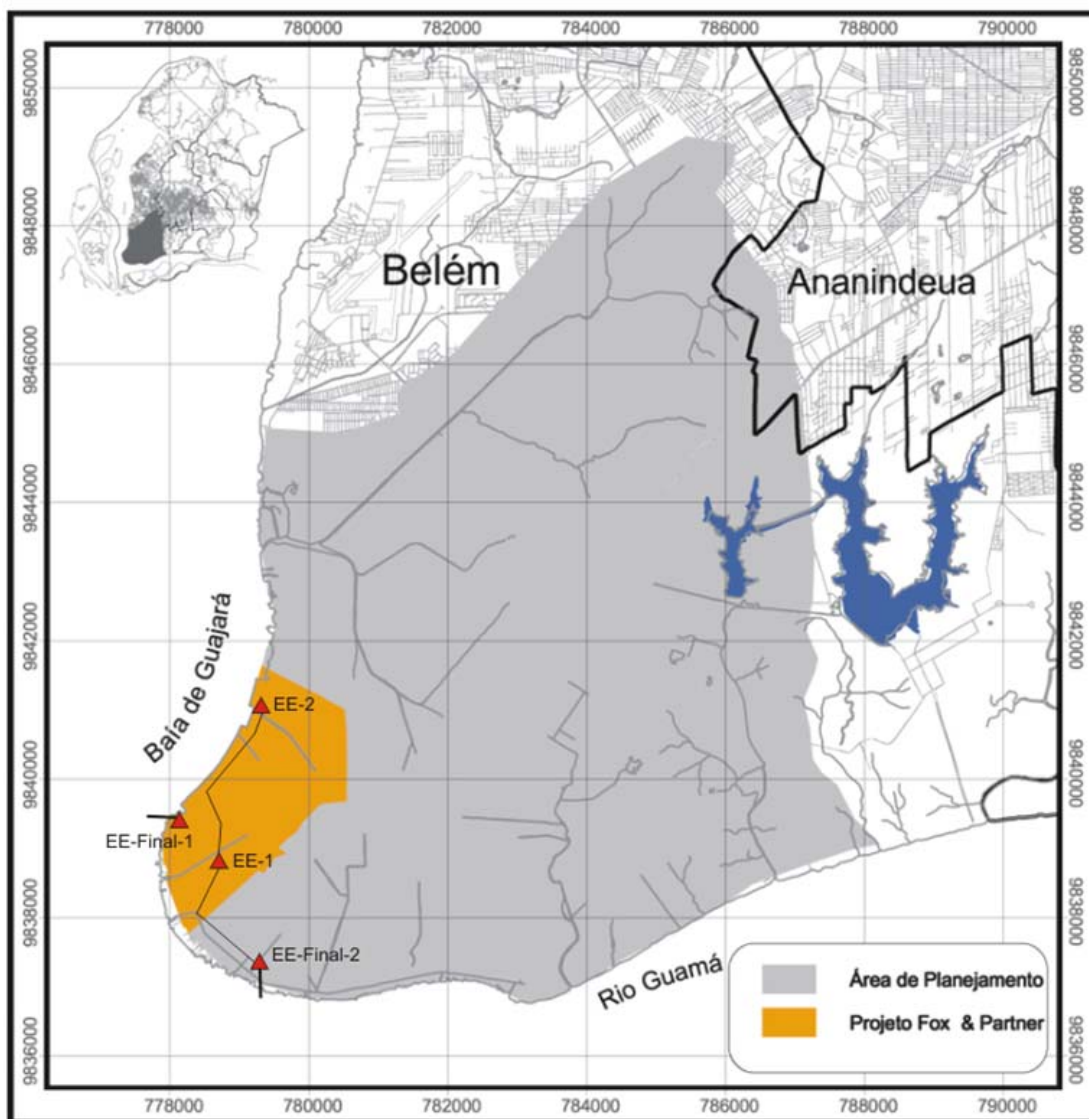
- c) destino final do esgoto coletado;
  - Sistema de Depuração (ETE) composta por leitos filtrantes a ser instalado na Rua Djalma Dutra com Rua de Belém.
  - Lançamento na Baía de Guajará.

Embora não tenham sido obtidas informações oficiais referentes às obras executadas até 1912, é de conhecimento público que este projeto foi reformulado a partir desse ano.

### **6.2.2 Reformulação do Projeto Fox & Partner (1912 a 1915)**

A concepção apresentada em 1906 foi reformulada em 1912, por consultores contratados pela *Port of Pará*, sendo mantida a área do projeto prevista no ano de 1906, conforme pode ser observado no Mapa 14.





Mapa 14 - Reformulação do Projeto Fox & Partner apresentado em 1912.  
 Fonte: Adaptado de Byington & Cia (1962).

Nessa reformulação do projeto Fox & Partner continuou sendo prevista a construção de:

- a) 79 km de rede coletora do tipo separador parcial ou misto;
- b) duas estações elevatórias;
  - Elevatória 1: Localizada na rua Ângelo custódio esquina da Av Tamandaré.
  - Elevatória 2: Localizada na Av. Doca de Souza Franco com Municipalidade.

Assim, a principal diferença em relação ao projeto original foi o destino final do esgoto coletado, que passou a ser lançado nos seguintes pontos:

- c) destino final do esgoto coletado;
  - Lançamento na Baía de Guajará (ponta do castelo a 450 metros do litoral em frente  cidade)
  - Lançamento no Rio Guamá (localizado a Margem da água funda do Guamá a montante do Rio Guamá)

Vale ressaltar que, atualmente, não  conhecido com exatidão o local antes referido como “Margem da água funda” o que dificulta a localizao exata do ponto de destino final proposta na reformulao do projeto Fox & Partner.

Após a entrega dessa reformulao em 1912, foram construídas ou complementadas as obras com o assentamento de 45 Km de rede do total de 79 km previsto.

Essas obras foram paralisadas em definitivo no ano de 1915, não sendo construídos os coletores troncos, emissários e estaoes elevatórias, o que impossibilitou o funcionamento do sistema.

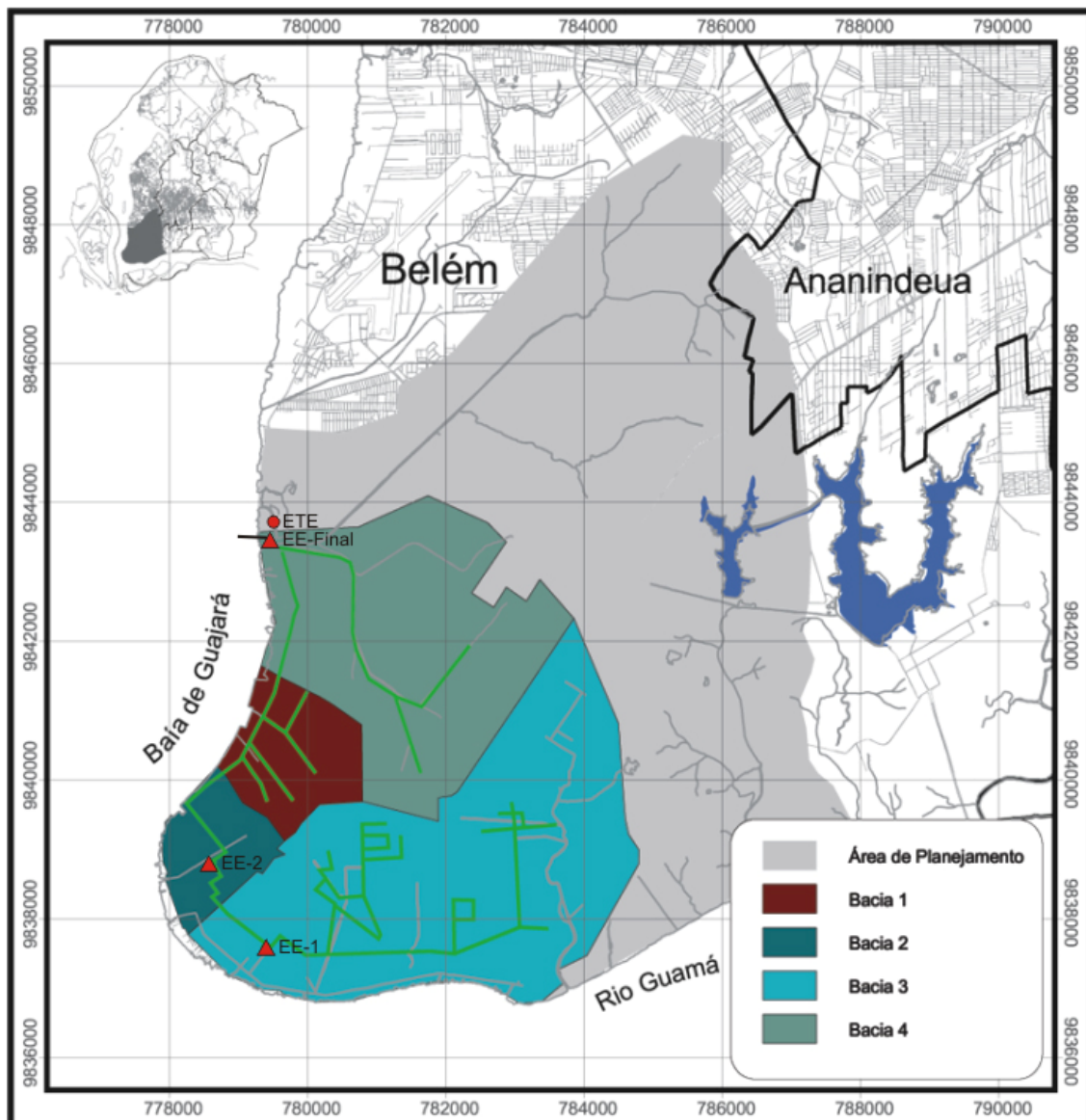
A observao do projeto original mostra que as alteraoes na reformulao do projeto não parecem as mais indicadas, em razão da utilizao de sistema separador parcial ou misto, que  mais oneroso do que o sistema unitário previsto no projeto de 1906. Além disso, deve ser considerado que a concepo original do projeto Fox & Partner foi justificada em razão dos altos índices pluviométricos da região, o que sugere a necessidade de isolamento das contribuoes advindas de vazões pluviais, ou seja, encaminhamento de apenas esgoto sanitário para os coletores.

Outra mudança foi no destino final do esgoto coletado, com lançamento em frente à cidade e em cota desfavorável, levando a custos excedentes à construção do sistema.

O declínio da comercialização da borracha acabou reduzindo a importância de Belém no cenário brasileiro, afastando investimentos e, com isso, nenhuma ação importante na área de esgoto foi realizada no período de 1915 a 1955.

### **6.2.3 Concepção do Projeto Byington & Cia (1955 a 1967)**

Somente em 1955, o Governo do Estado e a Prefeitura Municipal de Belém contrataram, por intermédio do Departamento de Água e Esgotos com recursos da Fundação de Serviço Especial de Saúde Pública - FSESP, a empresa Byington & Cia para realização de estudo e, em seguida, projeto do SES para atendimento da população urbana do município de Belém conforme Mapa 15.



Mapa 15 - Conceção do projeto Byington & Cia – 1955.  
 Fonte: Adaptado de Byington & Cia (1962).

Esse projeto tinha área de abrangência correspondente à primeira légua patrimonial, com 3.666 ha e população de final de plano de 427.000 habitantes, tendo como período de alcance do projeto de 30 anos (1955 - 1985)

Nessa concepção proposta para o SES foi prevista:

- a) Divisão em 4 bacias de esgotamento;
- b) 438 km de rede coletora do tipo separador absoluto;
- c) Três estações elevatórias, sendo uma de destino final;

- Elevatória 1: Localizada na rua dos Timbiras entre Trav. de Breves e Monte Alegre;
- Elevatória 2: localizada na rua Ângelo Custódio entre Av. Almirante Tamandaré e rua de Óbidos.

d) destino final do esgoto coletado;

- Sistema de pré-condicionamento e lançamento final localizado a montante do emissário-Arthur Bernardes com o Rio Una;
- Lançamento na Baía de Guajará.

A área atendida foi determinada nos estudos realizados pela firma Byington & Cia, que resultaram na elaboração de projeto de sistema de esgoto na 1º Léguas Patrimonial, formado pelos atuais bairros Sacramenta, Pedreira, Telegrafo, Marco, Umarizal, Fátima, Reduto, Montese Terra Firme, São Brás, Campina, Nazaré, Canudos, Cremação, Cidade Velha, Batista Campos, Guamá, Jurunas, Condor.

A área do projeto foi dividida em 4 bacias de esgotamento, sendo o esgoto transposto entre as bacias, por meio de 2 (duas) estações elevatórias, até o ponto de destinação final, localizado na confluência do Canal Una com a rodovia Arthur Bernardes. Nesse ponto foi prevista a construção do sistema de condicionamento e lançamento subaquático na Baía do Guajará, conforme descrição no Quadro 7.

Esgoto Coletado na Bacia 3	encaminhado por recalque (Estação Elevatória 1) para a Bacia 2,
Esgoto Coletado na Bacia 2	encaminhado, por recalque (Estação Elevatória 2), juntamente com esgoto da Bacia 3, ao emissário geral.
Esgoto Coletado nas Bacias 1 e 3	encaminhado, por gravidade, ao emissário geral.
Esgoto Coletado nas Bacias 1, 2, 3 e 4	encaminhado, por gravidade, ao emissário geral a Estação Elevatória Final e posterior lançamento na Baía de Guajará.

Quadro 7 - Coleta de esgoto na primeira légua patrimonial proposta no projeto Byington & Cia. Fonte: Adaptado de Byington & Cia (1962).

É importante ressaltar que no projeto da Byington & Cia foi incorporada a área projeto *Fox & Partner* (Bacia 1 e Bacia 2), sendo determinado outro local para destino final do esgoto coletado, (foz do Canal Una). Já a concepção adotada para rede coletora de esgoto seguiu a proposta original do projeto Fox & Partner.

Vale ressaltar que o tipo de rede coletora, a escolha do corpo receptor e a forma de encaminhamento do esgoto ao lançamento final sempre foram os pontos mais questionados na elaboração dos projetos de esgotamento sanitário para Belém.

A escolha da área do Una (20.000 m<sup>2</sup>) para instalação das unidades de elevação, condicionamento e lançamento foi justificada por ser considerada ponto “extremo” da cidade, ou seja, distante da área urbana e do porto de Belém. Atualmente, essa área já está bastante urbanizada com ocupações desordenadas, o que resulta na limitação do espaço para ampliação dessas unidades construídas na década de 70.

Outro fato que precisa ser avaliado é a população de projeto, pois, embora tenham sido realizadas projeções pelos métodos Aritmético, Geométrico e Wappáus, no projeto Byington foi adotado o método da comparação gráfica, que foi a menor projeção de crescimento da população, conforme pode ser observado na Tabela 7 e no Gráfico 5.

Tabela 7 - Projeções populacionais realizados por ocasião do projeto Byington & Cia.

População (hab)	ANO	Aritmético	Geométrico	Wappáus	Gráfico
	1970	360.792	447.555	390.801	366.000
	1980	426.166	627.228	466.177	436.000
	1990	491.359	876.374	541.554	506.000

Fonte: Byington & Cia (1962).

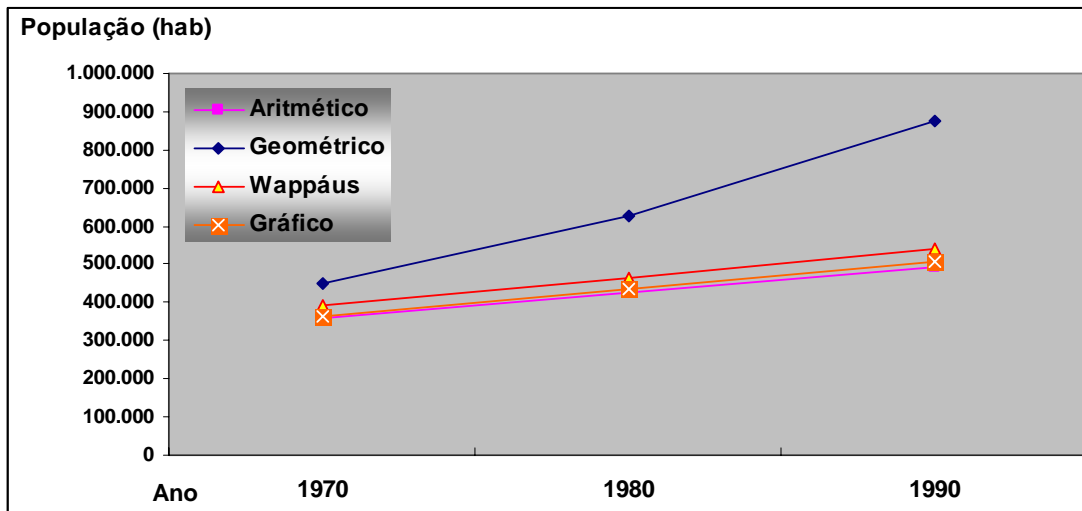


Gráfico 5 - Projeções populacionais realizadas por ocasião do projeto Byington & Cia  
Fonte: Byington & Cia (1962).

Considerada como etapa fundamental na elaboração de projetos de SES, essa projeção populacional adotada no Byington & Cia foi questionada posteriormente.

Até o ano de 1971, praticamente todas as obras previstas para a bacia 1 já haviam sido executadas:

- a) coletor tronco e emissário com lançamento sub-aquático;
- b) estação elevatória de esgoto construída para 960L/s;
- c) 16 km de rede de esgoto.

## 6.2.4 Reformulação do Projeto Byington & Cia (1971 a 1972)

Em 1971 foi iniciada a reformulação do projeto Byington & Cia, tendo o Departamento de Água e Esgoto - DAE contratado:

- a) Empresa Guandu Engenheiros Associados para: reformulação dos projetos das Bacias 1 e 2 e
- b) Sociedade Técnica de Engenharia e Planejamento – SOTEP para a Bacia 3 .

Em seu parecer a firma SOTEP aponta incoerências em relação à projeção populacional, do estudo da Byington & Cia (1955), pois, a população prevista para 1990 já havia sido superada em 1970. A SOTEP observou que taxas de crescimento de outras capitais, com características distintas de Belém.

Por esta razão, a firma SOTEP sugeriu avaliação das dimensões do SES anteriormente projetado pela firma Byington & Cia, bem como recomendou a realização de estudos para avaliação da viabilidade do lançamento subaquático na Baía de Guajará do efluente da unidade de condicionamento de esgoto sanitário.

Com isso, o DAE contratou a empresa Planta Engenheiros e Consultoria, em 1971, para realizar o projeto de reformulação do sistema Byington & Cia, sendo, em 1972, apresentada a nova concepção conforme mostrado no Mapa 16.

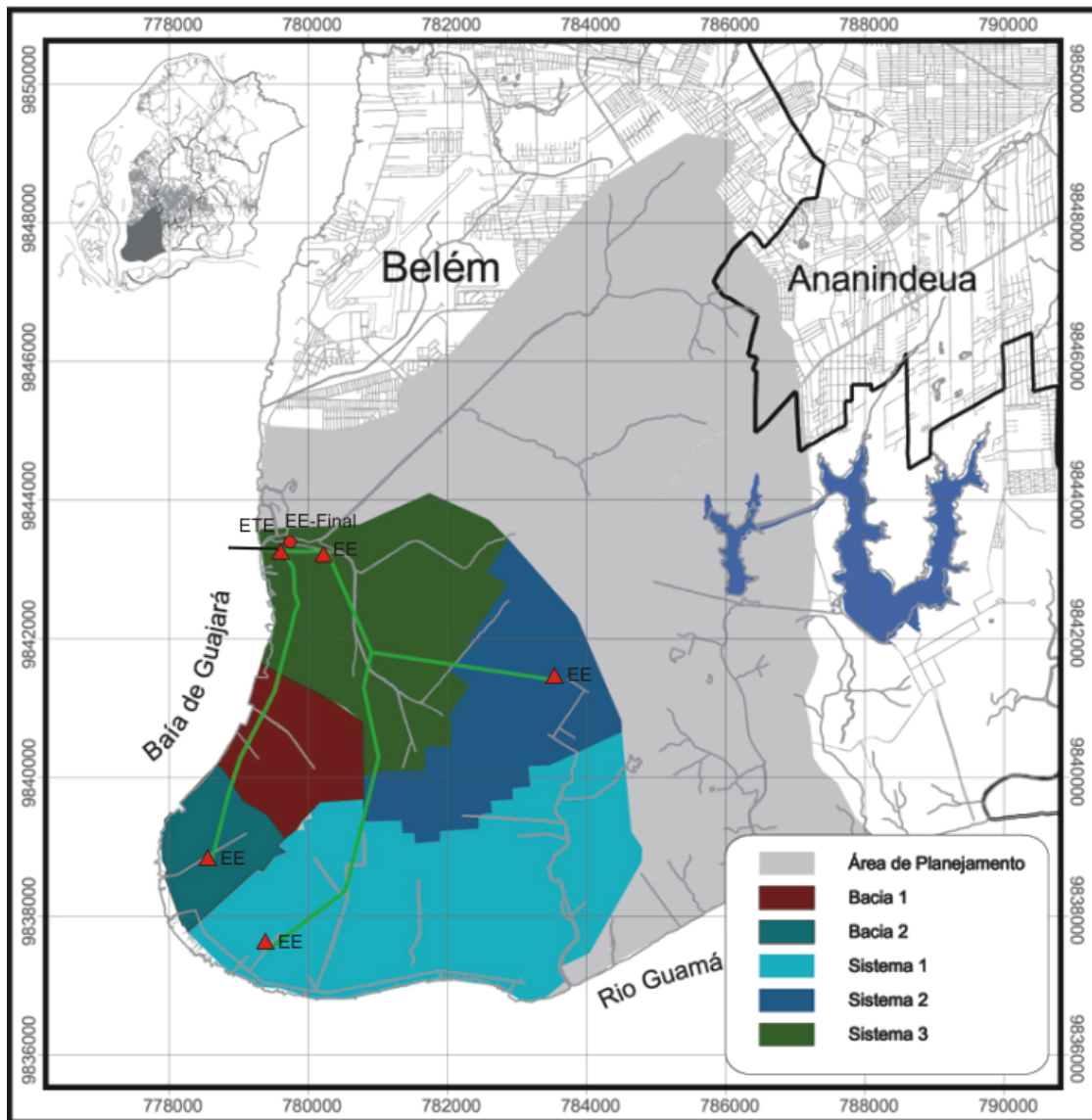
ANO	SITUAÇÃO	BACIA				FIRMAS ENVOLVIDAS
		1	2	3	4	
1955	Concepção do projeto	E.E.E.	-	E.E.E.	E.E.E.F	Byington & Cia
1972	Reformulação projeto Byington & Cia	E.E.E.	-	<b>SISTEMA</b>		Planta Engenheiros e Consultoria
				3	2	
		E.E.E.		E.E.E.	E.E.E.F	

E.E.E ( Estação Elevatória de Esgoto) E.E.E..F ( Estação Elevatória de Esgoto Final)

Quadro 8 - Concepção da reformulação do projeto Byington & Cia 1955

Fonte: Adaptado de Barbosa e Silva (2002)





Mapa 16 - Concepção da reformulação do projeto Byington & Cia 1955  
 Fonte: Adaptado de Barbosa e Silva (2002)

No ano de 1975 foi contratado o consórcio Saturnino de Brito e CENSA-HIDROCONSULT para avaliação dos impactos do lançamento de esgoto condicionado na Baía de Guajará. Esses estudos foram concluídos pela firma CENSA-HIDROCONSULT, que realizou (cinco) campanhas de investigações no estuário Guajarino, para avaliar a capacidade de autodepuração do corpo receptor em relação à dispersão dos elementos poluentes/contaminantes, após o pré-condicionamento do esgoto sanitário.

Com a conclusão desse estudo, a firma CENSA-HIDROCONSULT apresentou os seguintes projetos e recomendações:

- projeto final de engenharia da Estação de pré-condicionamento e do Emissário Subaquático, com capacidade máxima de 2,8 e 5,6 m<sup>3</sup>/s na 1ª e 2ª etapas, respectivamente.
- estudos hidráulicos, detalhes construtivos e especificações com previsão de alcance para 1984.

No Quadro 9 são apresentadas as unidades do sistema de pré-condicionamento proposto pela CENSA-HIDROCONSULT.

ETAPA	Unidade do sistema	Capacidade do sistema (m <sup>3</sup> /s)
1ª	Grades de barra*	2,6**
	Estação Elevatória*	
	Caixa de Areia Aerada	
	05 Peneiras rotativas	
	Calha Parshall	
2ª	Grades de barra*	5,6
	Ampliação da Estação Elevatória	
	Caixa de Areia Aerada	
	05 Peneiras rotativas	
	Flotadores por ar dissolvidos	
	Digestores de lodo	
Leitos de secagem de lodo digerido		

Quadro 9 - Concepção do sistema de pré-condicionamento proposto pela firma CENSA- HIDROCONSULT

\*Unidade já existente na ocasião da elaboração do projeto

\*\* A capacidade máxima da elevatória era de 1,2 m<sup>3</sup>/s.

As recomendações dos estudos de viabilidade do lançamento na Baía de Guajará não chegaram a ser seguidos, em razão da não ampliação do sistema. No entanto, atualmente, tais recomendações devem ser consideradas, bem como novos estudos devem ser realizados.

Foi realizado somente remanejamento e integração de rede coletora de esgoto da Bacia 1, construção da elevatória final e obras em pequenas trechos de rede nas bacias 2 e 4, o que em 1984, representava somente 10% de atendimento a população do município.

Após esse estudos e projetos, foi possível constatar que parte da rede construída por ocasião do Projeto Fox & Partner foi integrada ao Projeto Byington & Cia, sendo que, após levantamento realizado em 1984 por técnicos da COSANPA, e confirmado em 1987, pela equipe de elaboração do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário, foram apresentadas as seguintes informações.

- Rede coletora: Bacia 1 com 32.216 m; Bacia 2 com 11.597 m e Bacia 4 com 11.966 m;
- Interceptores: 3.531,92 m;
- Elevatório Final de esgoto (EEE do Una);
- Emissário: 334,75 m.

Parte do sistema concebido no projeto da Byington & Cia não foi integrada aos coletores troncos e interceptores construídos e que encaminham o esgoto a elevatória do Una. Essas redes estão localizadas nas bacias 2 e 4, sendo o esgoto coletado lançado diretamente nos canais da Tamandaré e 3 da rua de maio, respectivamente.

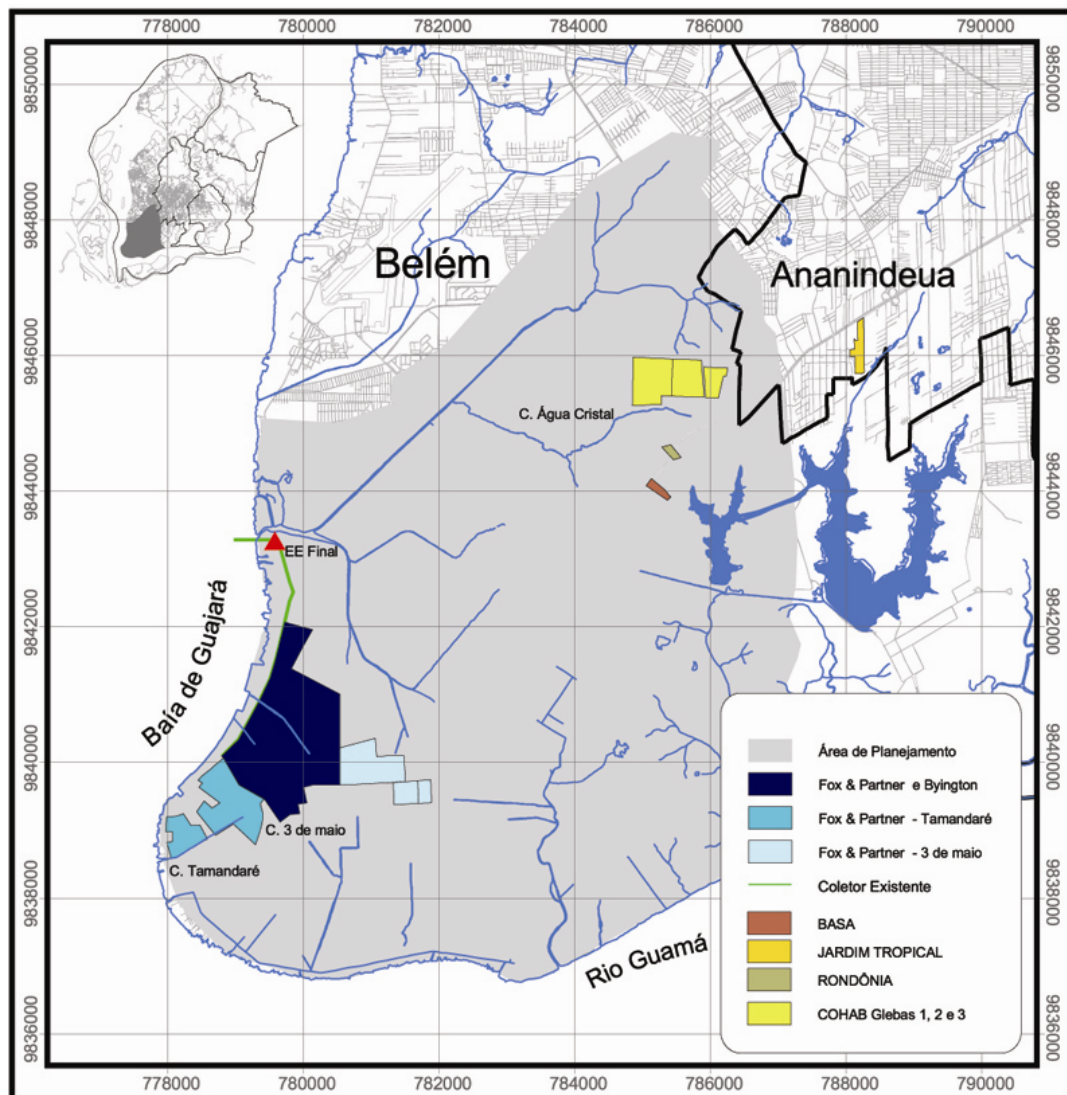
Atualmente, a população residente na área contemplada com rede coletora e encaminhamento do esgoto à EE Una é de 36.969 habitantes e corresponde aos bairros do Reduto, Umarizal (parte), Telégrafo (parte), Nazaré (parte) Campina (parte), Cidade Velha, Batista Campos (parte), Campinas (parte).

Atualmente, residem cerca de 9.939 e 7.470 habitantes nas áreas contempladas com rede coletora e lançamento do esgoto, sem tratamento, nos canais da Tamandaré e 3 de maio, respectivamente.

Vale ressaltar que a população total residente nessas 3 áreas é 47.712, habitantes. No entanto, há prevalência de atividades comerciais, o que pode indicar a presença de maior contingente populacional durante o horário comercial, influenciando a produção de esgoto, sendo esses valores consolidados ao serem considerados o número de ligações de água.

Além desses sistemas, haviam sido implantados a partir de 1967, fora dos limites da área da 1ª légua patrimonial, zona de expansão do município de Belém, sistemas isolados, sendo construídas redes coletoras com lançamento “in natura” no Igarapé Água Cristal, afluente do canal do São Joaquim. O sistema contempla os conjuntos habitacionais da COHAB: Glebas I, II e III; Conjunto Costa e Silva e Conjunto BASA COSANPA (1984).

No Mapa 17 são apresentadas as intervenções efetivadas na área de abrangência desse estudo até o ano de 1984. Outras ações iriam ser iniciadas a partir de 1987.



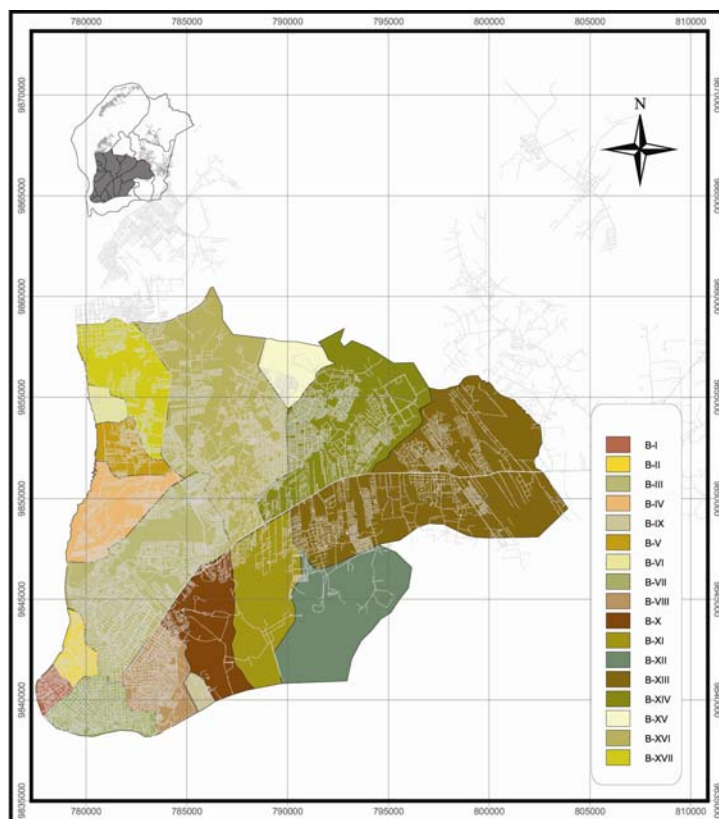
Mapa 17 - Sistemas existentes na área de estudo até o final da década de 1970  
 Fonte: adaptado de Byington & Cia (1962).

## 6.2.5 Concepção do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da RMB

No ano de 1987, o consórcio Rede Engenharia/Tecnosan Engenharia S.A. apresentou o Plano Diretor de Esgoto Sanitário da Região Metropolitana de Belém (PDES) à COSANPA, com o planejamento de intervenções para atendimento de esgoto sanitário nos 18 anos seguinte, ou seja, elaboração de projetos e construção de obras no período de 1987 a 2005.

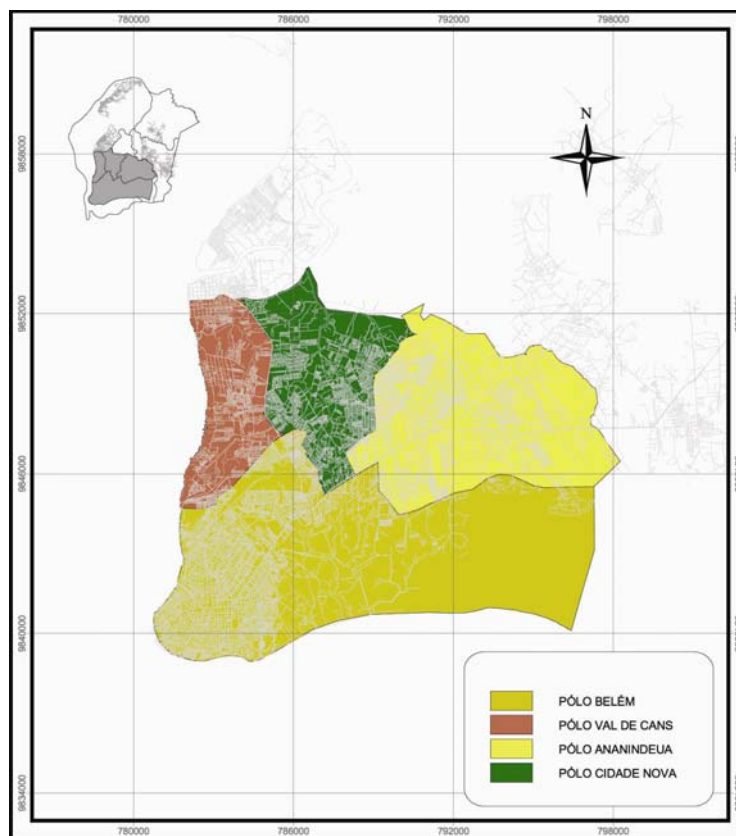
A concepção desse Plano Diretor atendia os municípios de Belém e Ananindeua, totalizando 22.054,3 ha, exceto os distritos de Icoaraci, Mosqueiro e Outeiro do município de Belém, sendo, portanto, a área contemplada com SES de 16.833,4 ha.

A área atendida com o SES foi dividida em 17 bacias de esgotamento, agrupadas em 4 (quatro) pólos de esgotamento. No Mapa 18 e Mapa 19 são ilustradas a divisão da área de planejamento em bacias e pólos de esgotamento.



Mapa 18 - Bacias de esgotamento do PDES de 1987.

Fonte: Cosanpa (1987).



Mapa 19 - Pólos de esgotamento do PDES de 1987  
 Fonte: Cosanpa (1987).

Na Tabela 8 são apresentadas as áreas das bacias e dos pólos de esgotamento, respectivamente.

Tabela 8 - Área das Bacias e Pólos de esgotamento de acordo com PDES 1987.

Pólo de Esgotamento	BACIA										TOTAL (ha)	ÁREA PLANEJADA (ha)	%
	Área (ha)												
	I	II	III	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
Belém	240	397	3.086	950	818	-	384	365	-		10.465	6.242	59,65
Val de Cães	901	516	206	578							2.832	2.202	77,78
Cidade Nova	688	3.067									3.756	3.756	100,00
Ananindeua	2.886	1.745									5.000	4.631	92,63
<b>TOTAL</b>											<b>22.054</b>	<b>16.833</b>	<b>76,33</b>

Fonte: Cosanpa (1987).

A população, parâmetros de contribuição per capita e outros dados de interesse do planejamento foram adotados com base nas diretrizes do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água (Projeto Belém 2000), sendo a população prevista no projeto Belém 2000 de 1.316.050 habitantes em 1985 e 3.065.164 habitantes no ano de 2005 (COSANPA , 1987).

Essa projeção da população abastecida com sistema público de distribuição de água foi referenciada nos cálculos de dimensionamento do sistema, sendo utilizadas as taxas de crescimento totais de: 4,8 % a. a., sendo 2,5 a. a. para zona central e 7,9% para zona de expansão. No Gráfico 6 é mostrada a evolução da população no Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário.

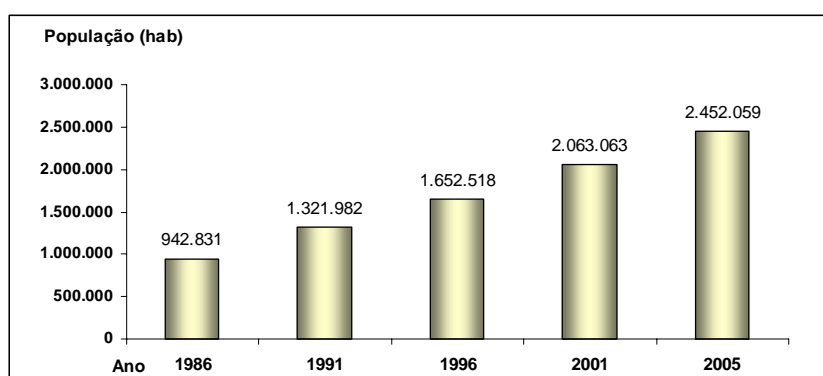


Gráfico 6 - Projeções da população abastecida utilizada no PDES - 1987  
Fonte: Cosanpa (1987).

Para determinação das vazões de esgoto foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Per capita: 350 L/hab.dia (zona central – 1º légua patrimonial) e 250 L/hab.dia (demais áreas)
- Taxa de infiltração: 0,1 (áreas não alagáveis) a 0,5 (áreas alagáveis) L/s.km
- Coeficiente de retorno: 0,80
- Coeficiente de vazão mínima: 0,50
- Coeficiente de vazão máxima diária: 1,2
- Coeficiente de vazão máxima horária: 1,5
- Coeficiente de vazão máxima de projeto diária: 1,2



Na Tabela 9 e Tabela 10 são apresentadas as vazões mínimas, médias e máximas de esgoto sanitário prevista para o ano de 2005 e pólos de esgotamento conforme PDES 1987, respectivamente.

Tabela 9 - Estimativa de vazão de esgoto utilizada no PDES -1987

Bacia/Q (L/s)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	Total
<b>Mínima</b>	125	222	1.344	200	39	11	614	432	117	53	170	150	65	379	92	<b>4.011</b>
<b>Média</b>	241	433	2.584	369	64	15	1.172	823	223	96	271	256	112	682	171	<b>7.512</b>
<b>Máxima</b>	426	770	4.568	640	103	23	2.065	1.448	394	165	431	426	188	1.168	298	<b>13.114</b>

Fonte: Cosanpa (1987).

Tabela 10 - Pólos de esgotamento conforme PDES 1987.

POLO DE ESGOTAMENTO	POPULAÇÃO (hab)		VAZÃO MÉD. (L/s)		VAZÃO MÁX. (L/s)	
	1986	2005	1986	2005	1986	2005
Pólo Belém	1.140.553	2.186.707	2.663,2	5.571,6	4.693,1	9.836,3
Pólo Val de Cães	67.845	276.326	148,2	619	256,4	1.063,8
Pólo Cidade Nova	70.407	378.857	138,8	794,4	235,3	1.355,7
Pólo Ananindeua	37.245	223.274	79,2	527	130,2	857,8
<b>TOTAL</b>	<b>1.316.050</b>	<b>3.065.164</b>	<b>3.029,40</b>	<b>7.512,00</b>	<b>5.315,00</b>	<b>13.113,60</b>

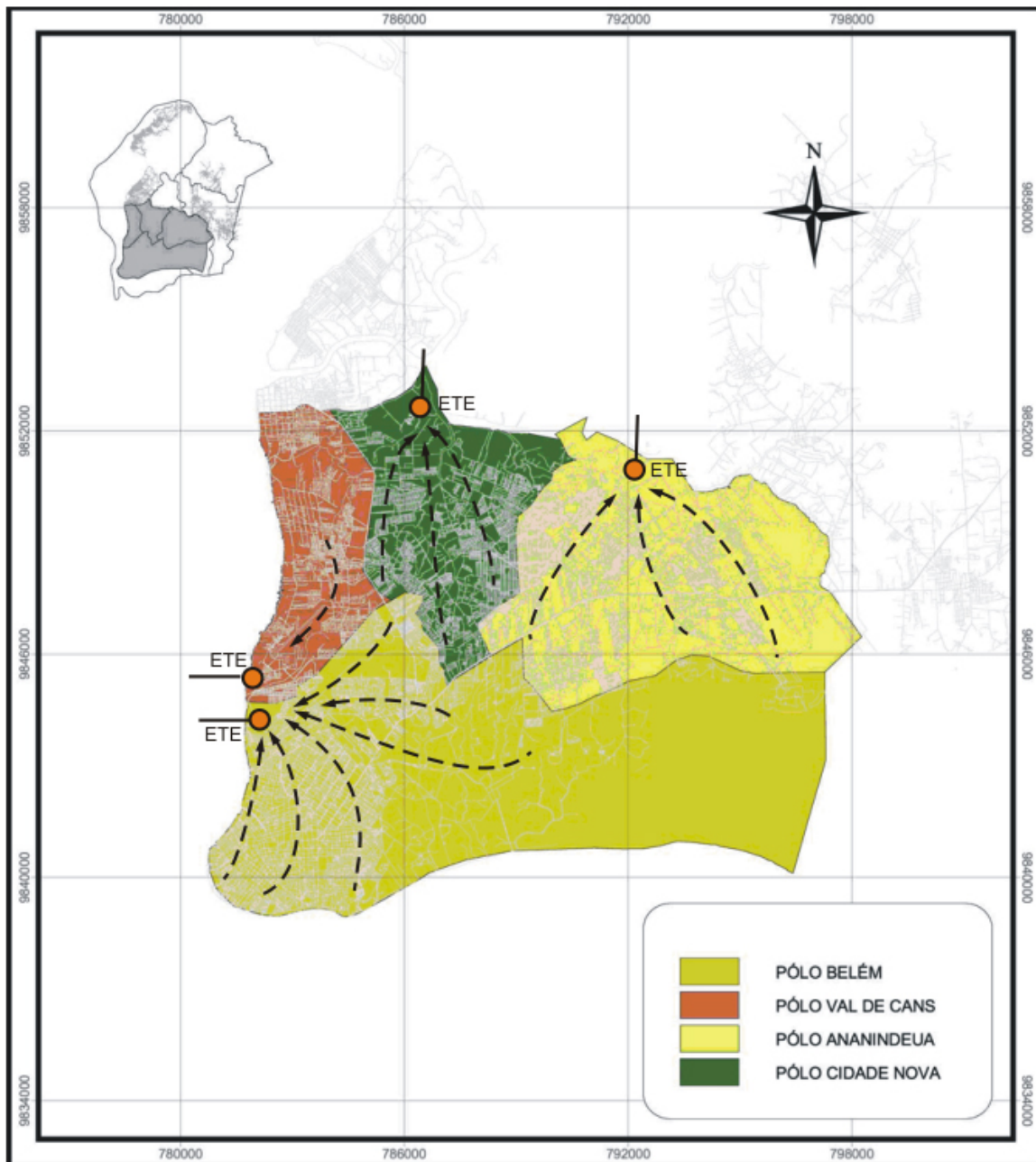
Fonte: Cosanpa (1987).

Após a realização de estudos técnicos e econômicos, foi apresentada concepção do SES, sendo baseadas na centralização do esgoto nos referidos pólos de esgotamento conforme mostrado no Quadro 10 e conforme ilustrada no Mapa 20.

Pólo	Descrição
<b>Belém</b>	Concentra os esgotos coletados na foz do igarapé UNA e preconiza gradeamento fino antes do lançamento subaquático na Baía de Guajará.
<b>Pólo Val de Cães</b>	Concepção semelhante a do pólo Belém com acumulação do esgoto coletado na foz do igarapé Val de Cans.
<b>Cidade Nova</b>	Indefinição quanto à implantação de uma ou duas Estações de Tratamento de Esgoto, podendo ser Gradeamento Fino, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente ou Lagoas de Estabilização.
<b>Ananindeua</b>	Apresenta a mesma situação do Pólo Cidade Nova.

Quadro 10 - Concepção apresentada no PDES - 1987.





Mapa 20 - Conceção apresentada no PDES - 1987.  
 Fonte: Cosanpa (1987).

Vale ressaltar que de acordo com Pereira (1994), o PDES não foi utilizado nos projetos e obras realizados nos municípios de Belém e Ananindeua, o que resultou na desatualização durante todo o período de vigência (1987 – 2005).

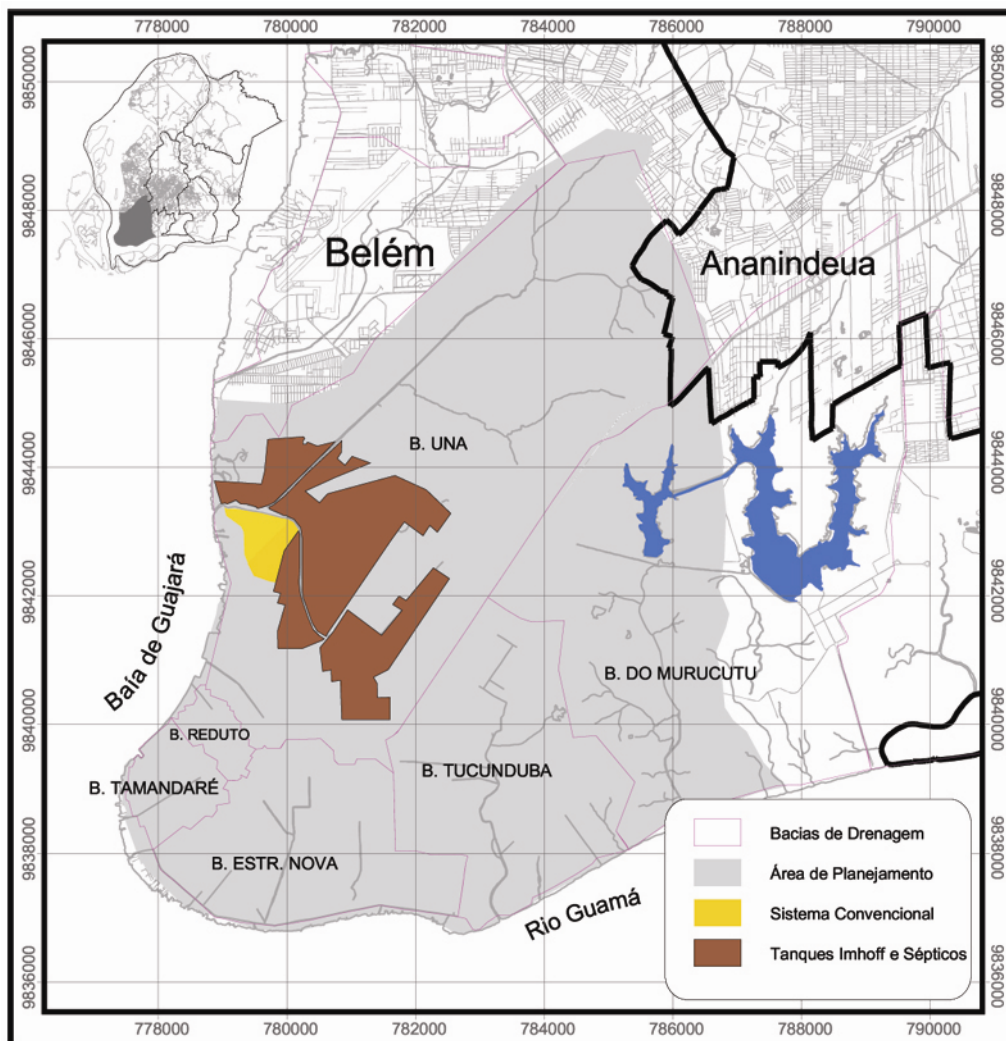
Assim, essa tentativa de planejamento acabou não resultando em ações concretas, já que os projetos (Projeto Una), PROSEGE e PROSANEAR foram elaborados de forma isolada e pontual.

### **6.2.6 Concepção do Projeto UNA (1988)**

O Programa de Recuperação da Bacia do Una (Projeto Una) é uma das maiores ações de estruturação de zonas urbanas realizadas pela engenharia latino-americana, sendo baseado na instalação de micro e macrodrenagem em diversos bairros de Belém e tendo obras complementares de aterramento e pavimentação de vias, esgotamento sanitário, abastecimento de água, coleta e transporte de resíduos sólidos, além de educação ambiental.

O Projeto UNA, abrange área de 3.664 há e população de 543.543 habitantes em 16 bairros, entre eles, São Brás, Marco, Pedreira, Barreiro, Marambaia, Conjunto Paraíso dos Pássaros, Telégrafo e Sacramento (PROJETO, 2001).

Na concepção inicial do projeto (1987) foi prevista a instalação do sistema separador absoluto (rede convencional), sistema separador absoluto com tratamento coletivo por meio de tanque Imhoff (rede convencional) e sistema unitário do tipo baixo custo com tratamento individual por tanque séptico (micro - redes), conforme mostrado no Mapa 21.



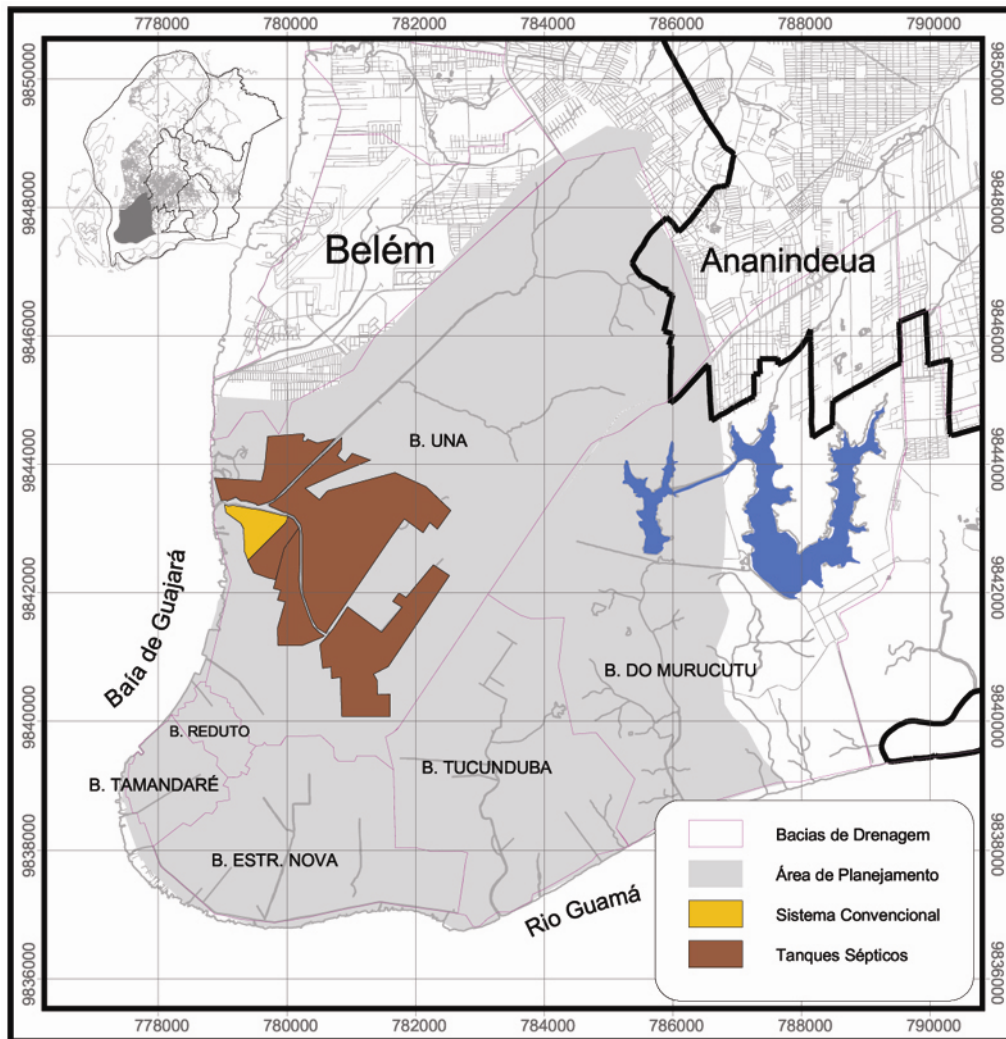
Mapa 21 – Concepção inicial do projeto UNA.

Fonte: Cosanpa (1988).

No entanto, de acordo com Cosanpa (2002), em 1997, a empresa Leme Engenharia realizou a reformulação do projeto básico propondo:

- a) redução da área atendida pelo sistema separador absoluto (rede convencional);
- b) instalação de sistema misto com rede convencional;
- c) tratamento coletivo por meio de tanque séptico e rede convencional e tratamento individual com tanque séptico.

No Mapa 22 é apresentada reformulação do projeto Una.



Mapa 22 – Reformulação do projeto Una.  
 Fonte: Cosanpa (2002)

De acordo com Cosanpa (2002), os principais argumentos para essa reformulação foram:

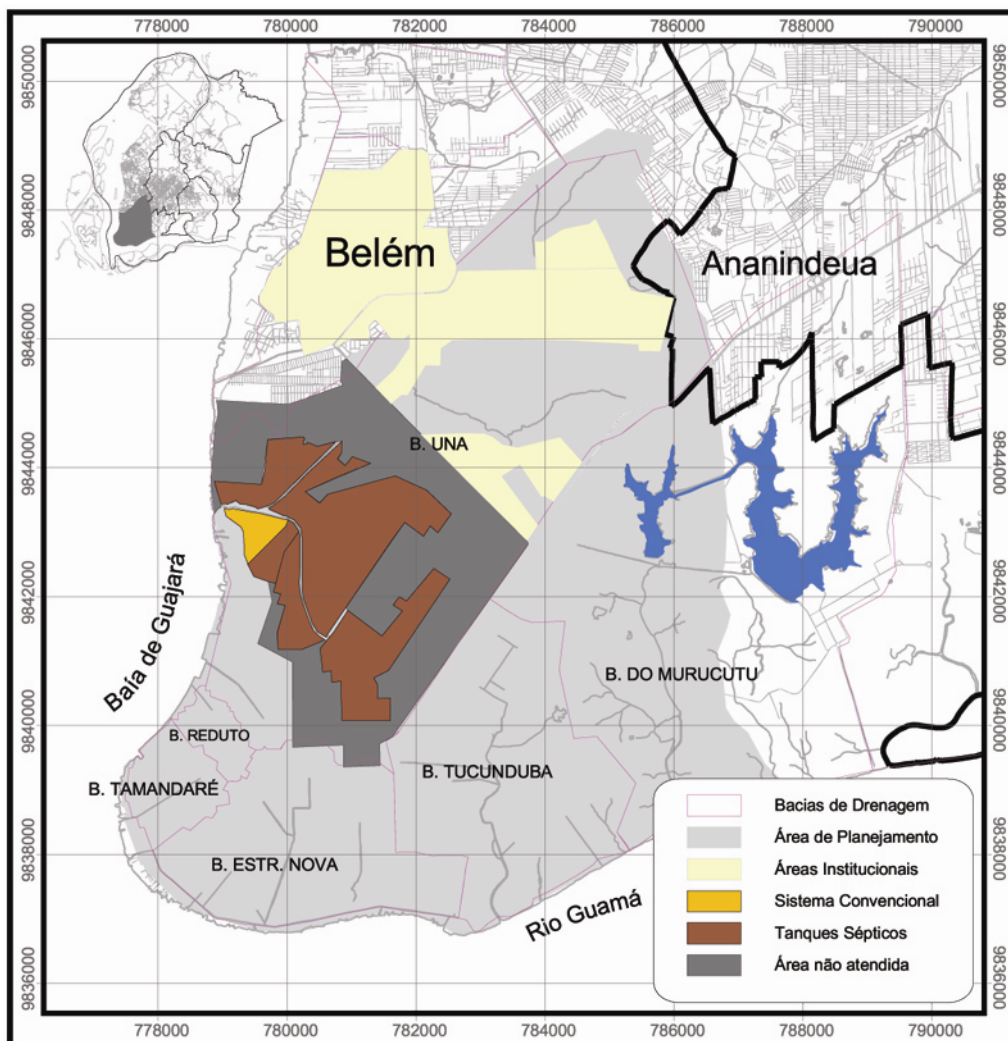
- dificuldades técnicas em função da topografia do terreno;
- dificuldades de construção dos Tanques Imhoff, sendo a eficiência deste, igual a do tanque séptico;
- inviabilidade da adoção de outros sistemas tais como Reatores Anaeróbios.

Nessa alteração do projeto foi prevista a implantação de:

- redes convencionais para transportar o esgoto até a EEE do Una (13.752 habitantes);
- tanques sépticos e redes simplificadas para lançamento do efluente líquido nos Canais de Drenagem Urbana (143.855 habitantes).

Os tanques sépticos totalizam 26.736 unidades, sendo 26.656 individuais (uma residência) e 80 coletivos (mais de uma residência), continuando como solução para maior parte da área.

No Mapa 23 são apresentadas áreas instrucionais, área atendida por sistema convencional, áreas onde foram implantados tanques sépticos e finalmente área de provável ampliação desta concepção.



Mapa 23 – Área com Tanques Sépticos e áreas não atendidas.



Vale observar que o lançamento dos efluentes dos tanques sépticos nos canais de drenagem deve ser solução provisória do problema, pois, os tanques sépticos não reduzem significativamente a carga orgânica poluidora e apresentam grandes concentrações de sólidos suspensos e de microrganismos no efluente, o que pode acarretar graves problemas de saúde pública e para biota do corpo receptor.

Além disso, o lodo armazenado no interior dos tanques sépticos ser removido em intervalos de 10 a 12 meses, o que resulta em custo operacional já que o destino final desse lodo é o Lixão do Aurá, distante aproximadamente 17 km da bacia do UNA.

No projeto Una foram implantados 26.736 tanques sépticos para atender população de 143.855 habitantes, o efluente dos tanques sépticos são encaminhados aos canais por meio de redes simplificadas, num total de 143.855 m. Atualmente a população atendida por este sistema é de aproximadamente 170.634 habitante podendo chegar, segundo projeções, a 283.309 habitantes no ano de 2025.

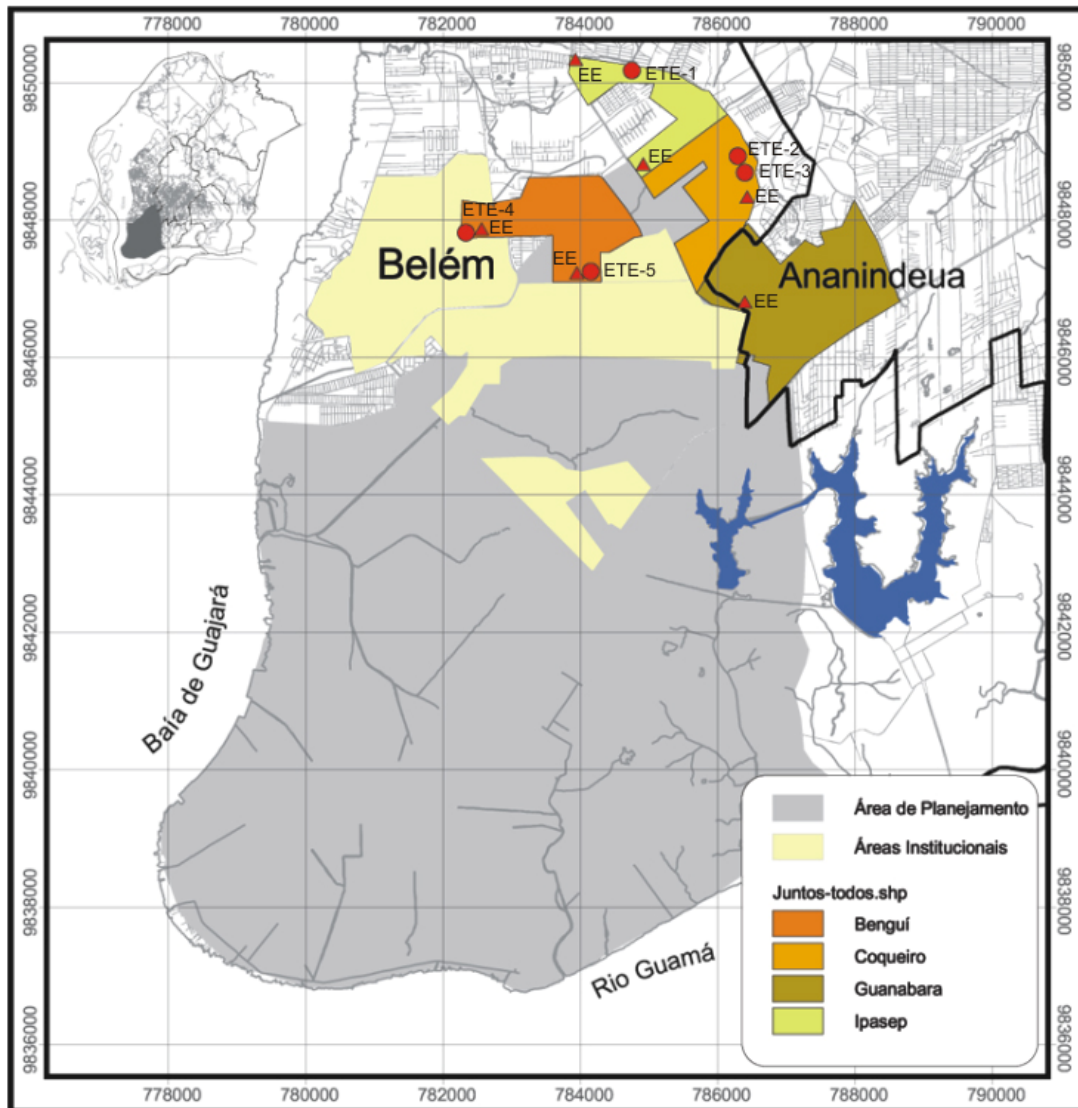
A população de projeto contemplada com sistema de coleta convencional e encaminhamento à elevatória do Una é de 13.752. Atualmente residem nesta área com aproximadamente de 15.596 habitantes podendo chegar, segundo projeções a 25.253 habitantes no ano de 2025.

### **6.2.7 Concepção do Projeto PROSANEAR**

O projeto PROSANEAR teve como concepção inicial (1993) a instalação de solução individual, com tanque séptico/sumidouro, tanque séptico/ filtro anaeróbio/micro rede, sendo, em algumas áreas, adotada soluções coletivas com rede coletoras, tanque séptico e filtros coletivos.

Porém, em 1997, foi alterada a concepção original, sendo adotado Sistema Condominial de Coleta de Esgoto e Tratamento em Reatores

Anaeróbios de Manta de Lodo (UASB) nos setores do Ipasep, Coqueiro, Guanabara e Benguí, conforme mostrado no Mapa 24.



Mapa 24 - Concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto no projeto PROSANEAR

Fonte: Cosanpa (1997).

Na Tabela 11 são apresentadas as principais informações das áreas beneficiadas.

Tabela 11 - Informações da área beneficiada.

<b>Setor</b>	<b>Comunidades</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Habitantes/Beneficiados</b>
Ipasep	04	129	19.816
Coqueiro	07	259	38.758
Guanabara	11	303	29.553
Bengüí	4	267	38.284
Total Geral	26	958	126.411

Fonte: Cosanpa (1997).

Foram construídos 52.491m de rede básica e 134.418m de rede condominial com 6 EEEs e 6 ETEs, com lançamento conforme apresentado no Quadro 11.

<b>Setores</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Lançamento</b>
Ipasep	ETE -1 Ipasep	Córrego Massaguara
Coqueiro	ETE-2 Coqueiro	Córrego Ararí
	ETE-3 Coqueiro	
Guanabara	Encaminhamento para o Setor Ipasep	
Bengüí	ETE-4 Bengüí	Igarapé Val-de-Cães
	ETE-5 Bengüí	Canal Mangueirão (São Joaquim)

Quadro 11 - Informações dos pontos de lançamento final

Fonte: Cosanpa (1997).

A avaliação das condições atuais do projeto indicam que o Programa PROSANEAR foi implementado em áreas dos municípios de Belém e Ananindeua nos setores Ipasep (129 ha), com população de projeto de 19.816 habitantes; Coqueiro (259 ha) com população de projeto de 38.758 habitantes; Guanabara (303 ha) com população de projeto de 29.553 habitantes e setor Bengüí (267 ha) com população de projeto de 38.284 habitantes. Atualmente nestes setores reside aproximadamente 151.482 habitantes, sendo muito maior de que a população de projeto.

Vale ressaltar que somente o setor Coqueiro apresenta população de projeto inferior a atual. No Tabela 12 são apresentadas populações de projeto e atual nos setores contemplados no Programa PROSANEAR.



Tabela 12 - Setores contemplados no PROSANEAR

PROSANEAR	POPULAÇÃO	
	DE PROJETO	ATUAL
Ipasep	19.816	23.619
Coqueiro	38.758	35.469
Guanabara	29.553	45.604
Bengüí	38.284	46.790
Total Geral	126.411	151.482

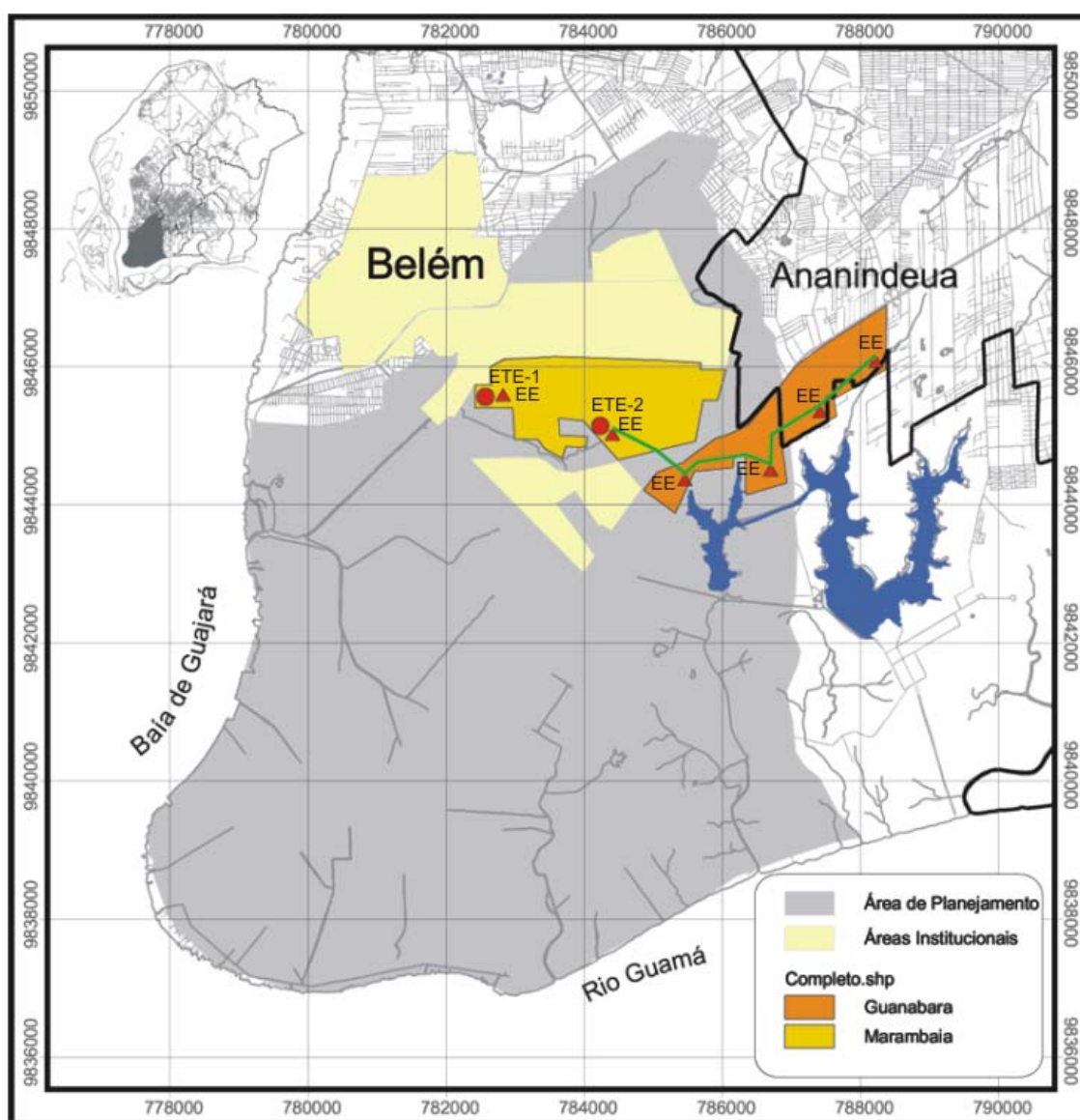
O sistema existente na área do PROSANEAR é constituído por 134.418 m de rede condominial tipo fundo de lote; 52.491 m de rede básica; 8 estações elevatórias de esgoto; e 5 Estações de Tratamento de Esgoto.

O sistema de coleta implantado na área do projeto não apresentou resultados satisfatórios em relação à aceitação da tecnologia e conseqüente participação da população contemplada, visto que, grande parte das residências não estão interligadas à rede de esgoto. Parte da rede esta danificada ou obstruída em razão do acúmulo de material em decorrência da falta de manutenção, prejudicando as unidades de tratamento.

Embora as 5 ETEs tenham sido inicialmente constituídas por unidade de gradeamento, unidade de desarenação, dispositivo de medição de vazão, estação elevatória de esgoto, reatores anaeróbios de manta de lodo, sistema de desaguamento de lodo, sistema de tratamento de biogás, atualmente, somente a ETE Sideral encontra-se em funcionamento sendo observadas várias irregularidades em suas unidades como não funcionamento do sistema de tratamento de biogás, do sistema de coleta, de desaguamento de lodo e inexistência de monitoramento operacional do sistema.

## 6.2.8 Concepção do Projeto PROSEGE

A partir de novembro de 1993 foi iniciada a implantação do SES do Programa PROSEGE, tendo como objetivo a melhoria das condições sanitárias dos bairros da Marambaia e da Guanabara, bem como a proteção sanitária dos lagos Bolonha e Água Preta, localizados na área do Utinga e utilizados como mananciais do sistema de abastecimento de água da RMB (MENDES E PEREIRA, 2003). No Mapa 25 é representada a concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto no projeto PROSEGE.



Mapa 25 - Concepção do sistema de esgotamento sanitário proposto no projeto PROSEGE  
Fonte: Cosanpa (1999).

As obras da primeira fase foram iniciadas em novembro de 1993, tendo sido executado nos dois bairros:

- rede coletora: 101.226 m;
- coletor - tronco: 4.660 m;
- estações elevatórias intermediárias: 75,11% das quatro unidades do projeto;
- linhas de recalque: 990 m;
- ligações prediais: 15.654 un;

A complementação das obras da primeira etapa e construção da segunda etapa do PROSEGE está sendo executada, com a denominação PASS / OGU (Programa de Ação Social em Saneamento / Orçamento Geral da União), que beneficiará população de 115.000 hab com área de abrangência de 812,50 ha.

Os recursos para realização dessas obras são oriundos da Caixa Econômica Federal – CEF e Governo do Estado do Pará, sendo essas obras iniciadas em dezembro de 1999 para construção de:

- estações elevatórias de rede: cinco unidades, tendo sido executado 40% das mesmas;
- interceptor: 2.200 m (DN16400, 600 e 800 mm), executado 25%.
- estações de tratamento de esgoto:
  - ETE 1: executado 68,37%;
  - ETE 2: executado 55,10%;

O sistema de coleta implantado na área do projeto é constituído por 115.601 m de rede coletora de esgoto nas áreas da Guanabara e Tavares Bastos, respectivamente. Sendo o esgoto coletado na área da Guanabara recalcado para área da Tavares Bastos onde, após reunião com esgoto coletado em parte da área da Tavares bastos, ser tratado na ETE Tavares Bastos.

Os sistemas de tratamento de esgoto deverão ser inaugurados ainda em 2005 sendo iniciada operação da ETE Rua da Mata e da ETE Tavares Bastos simultaneamente. Vale ressaltar que a previsão é de funcionamento de todas as unidades previstas para a primeira fase inclusive com o pós - tratamento.

A população que atualmente reside na área do Guanabara e Tavares Bastos é de 33.150 e 63.810, respectivamente totalizando atendimento de 96.960 habitantes e segundo projeção para o ano de 2007 é de 102.167 habitantes. Vale ressaltar que a população de projeto para primeira fase é de 115.601 habitantes no ano de 2007.

### 6.2.9 Análís dos Estudos e Projetos Realizados

Na análise dos estudos e projetos de SES no município de Belém é possível constatar que ocorreram grandes períodos de paralisação nessas atividades, o que implicou na reduzida implantação efetiva dos sistemas.

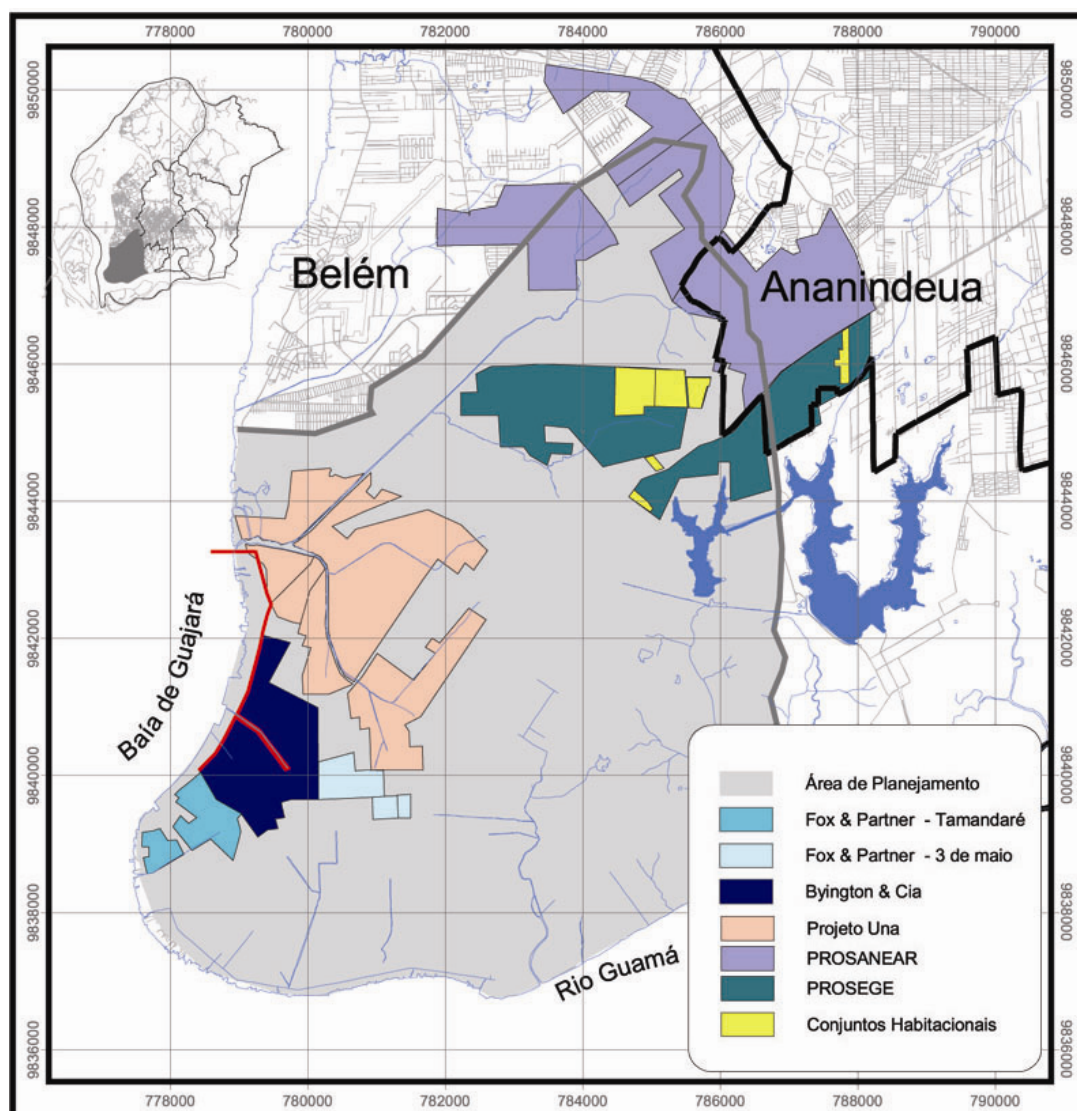
Geralmente não foram seguidas as recomendações apresentadas nos pareceres resultantes dos estudos e nem as diretrizes estabelecidas nos planejamentos. No Quadro 11 é apresentada seqüência dos estudos e projetos para implantação do SES em Belém.

Período	Planejamento	Implantação
1906 a 1912	Projeto Fox & Partner	Conclusão de 60% da rede coletora.
1912 a 1915	Reformulação do Projeto Fox & Partner	
1916 a 1954	Sem intervenção	
1955 a 1967	Projeto Byington & Cia	Somente conclusões de algumas obras iniciadas no período de 1906 a 1915.
1968 a 1972	Reformulação do Projeto Byington & Cia	Somente conclusões de algumas obras iniciadas no projeto original.
1973 a 1986	Sem intervenção	
1986 a 1987	Plano Diretor do Sistema de Esgotamento Sanitário	Não Implantado
1987 a 2003	Macro Drenagem da Bacia do Una - Projeto Una	Implantado
1993 – 1997	PROSANEAR	Implantado com grande parte das unidades fora de operação
1993 a 2005	PROSEGE	Em fase de conclusão

Quadro 12 - Estudos e projetos para implantação do SES no município de Belém

Vale observar que o déficit do sistema de esgoto sanitário levou a utilização de soluções individuais, predominando o uso de tanques sépticos em algumas residências e conjuntos habitacionais.

No Mapa 26 são apresentadas as intervenções efetivadas na área de abrangência desse estudo.



Mapa 26 - Sistemas existentes na área de estudo

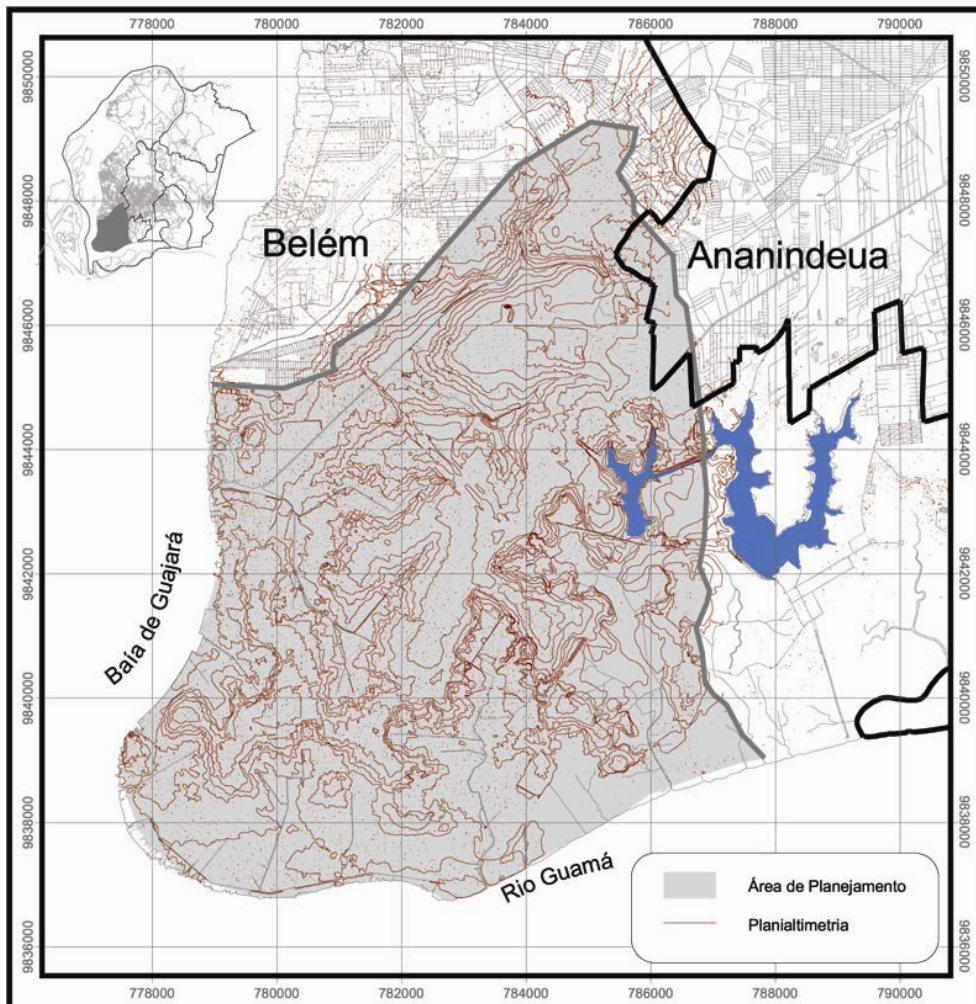
O fato das obras do SES terem sido implantados de forma parcial e demonstra o não atendimento das recomendações do PDES, ou seja, o planejamento realizado em 1987 foi desconsiderado nas intervenções posteriores e com isso, existe a necessidade de redirecionamento das ações no SES de forma global.



## 6.3 ALTERNATIVAS PARA DA AMPLIAÇÃO DO SES

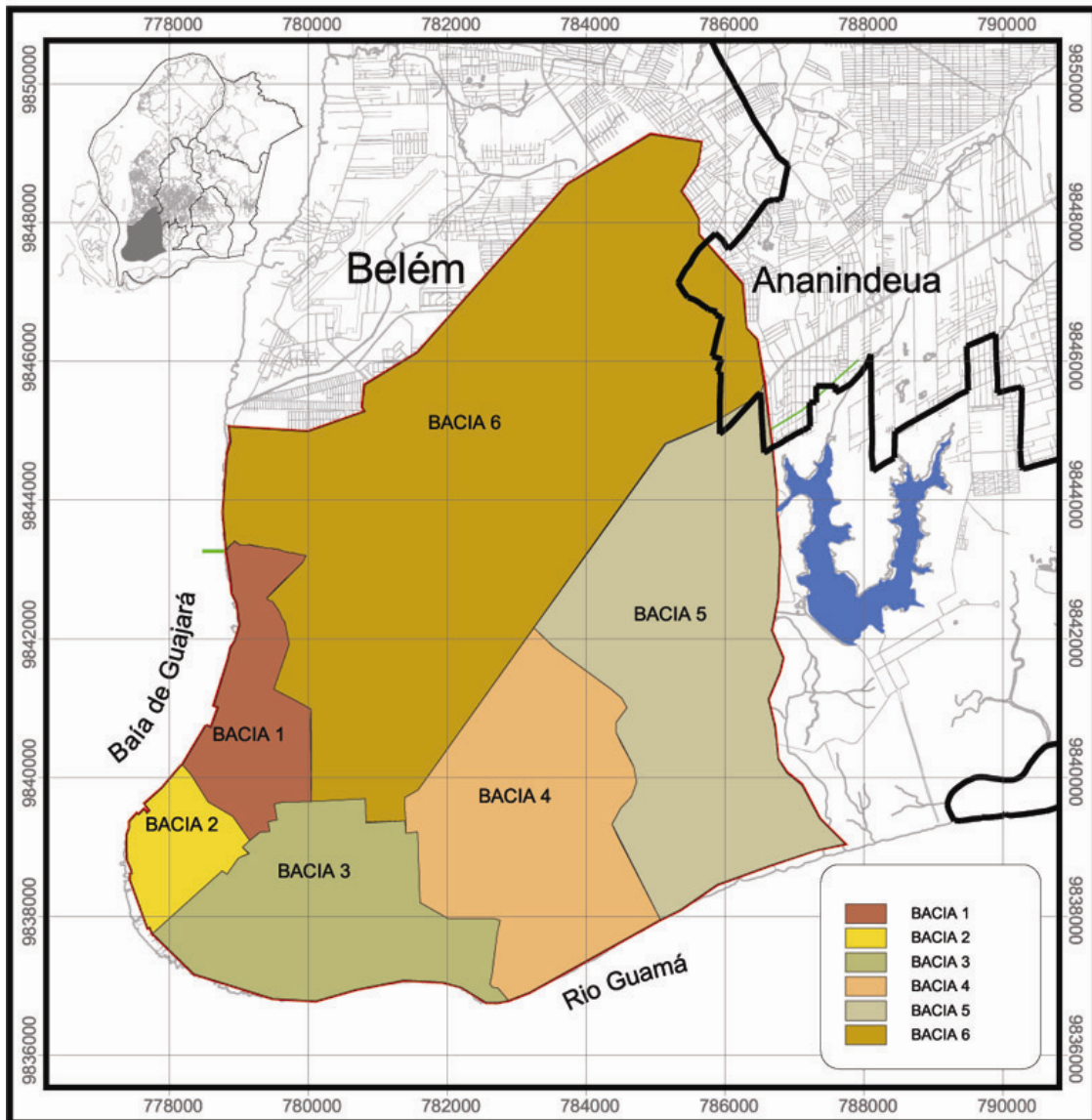
### 6.3.1 Definição das bacias de esgotamento sanitário.

No presente trabalho foi dividida a área de planejamento em 06 (seis) bacias de esgotamento, sendo, considerado a planialtimetria da área de planejamento. No Mapa 27 e Mapa 28 são apresentadas a planialtimetria e a divisão da área de planejamento em bacias de esgotamento sanitário, respectivamente.



Mapa 27 - Planialtimetria da área de planejamento

Fonte: Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (1999).



Mapa 28 - Bacias coletoras de esgotamento

As bacias de esgotamento possuem características distintas, em razão da área de abrangência, da localização, da topografia do terreno e da população, conforme mostrado no Quadro 11.

Bacia	Área (há)	Sistema Existente		
		Rede	Tratamento	Destino Final
1	432,34	119.943 m	-	Baia de Guajará
2	236,09	pequenos trechos com rede coletora de esgoto	-	Baia de Guajará
3	908,46	-	-	Rio Guamá
4	112,27	-	-	Rio Guamá
5	168,38	pequenos trechos com rede coletora de esgoto		Rio Guamá
6	3591,07	115.601 m	2 Estações Tratamento de Esgoto e micro-rede e tanques sépticos individuais e coletivos	Baia de Guajará

Quadro 13 – Informações bacias de esgotamento

É importante observar que no cálculo da população dessas bacias foi utilizado:

- a) o censo demográfico do IBGE;
- b) o estudo realizado no plano diretor do sistema de abastecimento de água<sup>4</sup>;
- c) a população por bairro.

Também é oportuno citar que as bacias propostas apresentam como principais corpos d'água:

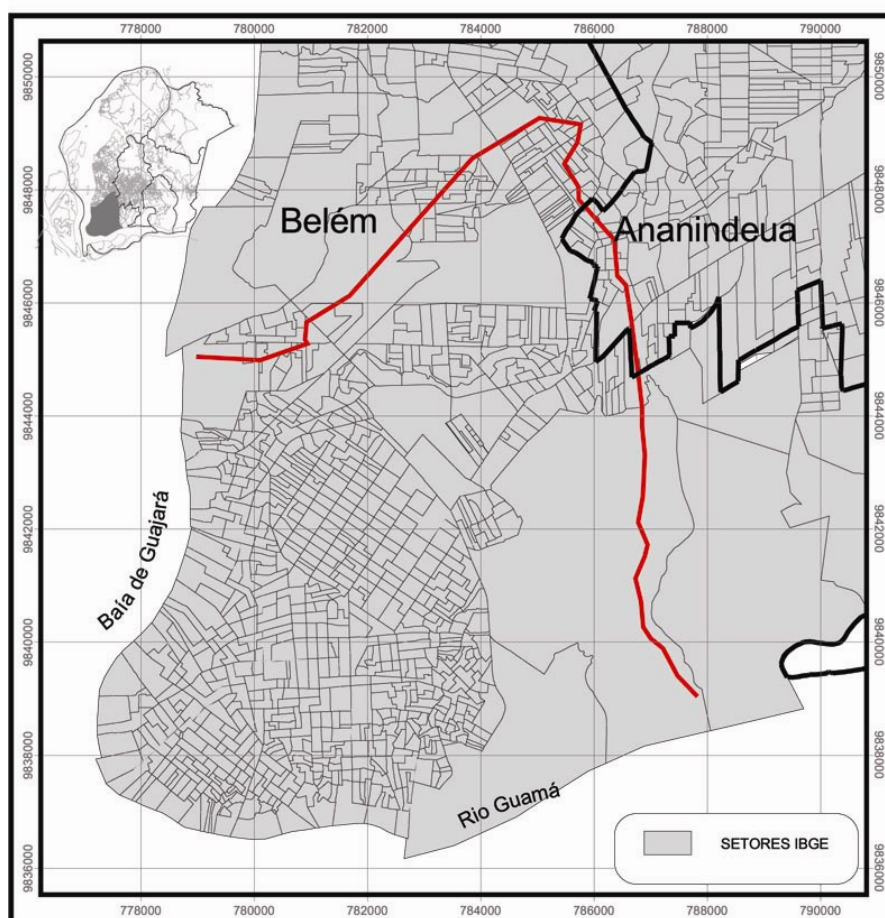
- Bacia 1: Canal Reduto (General Magalhães) e Canal das Armas;
- Bacia 2: Canal da Tamandaré;
- Bacia 3: Canal da Quintino Bocaiúva, Canal 3 de Maio, Canal Timbiras, Canal Caripunas e o Canal da Estrada Nova;
- Bacia 4: Canal do Tucunduba;
- Bacia 5: Canal da Estrada Nova
- Bacia 6: Canal do Tucunduba

<sup>4</sup> Elaborado por técnicos do GPHS/UFPA em conjunto com a COSANPA.



### 6.3.2 Projeção populacional

No estudo da projeção populacional foi, inicialmente, definida a população base por bacia no ano de 2000 a partir da compatibilizadas as informações dos setores censitários do IBGE (2000), com os limites das referidas bacias de esgotamento sanitário e projeção para 2005, conforme apresentado no Mapa 29 e na Tabela 13

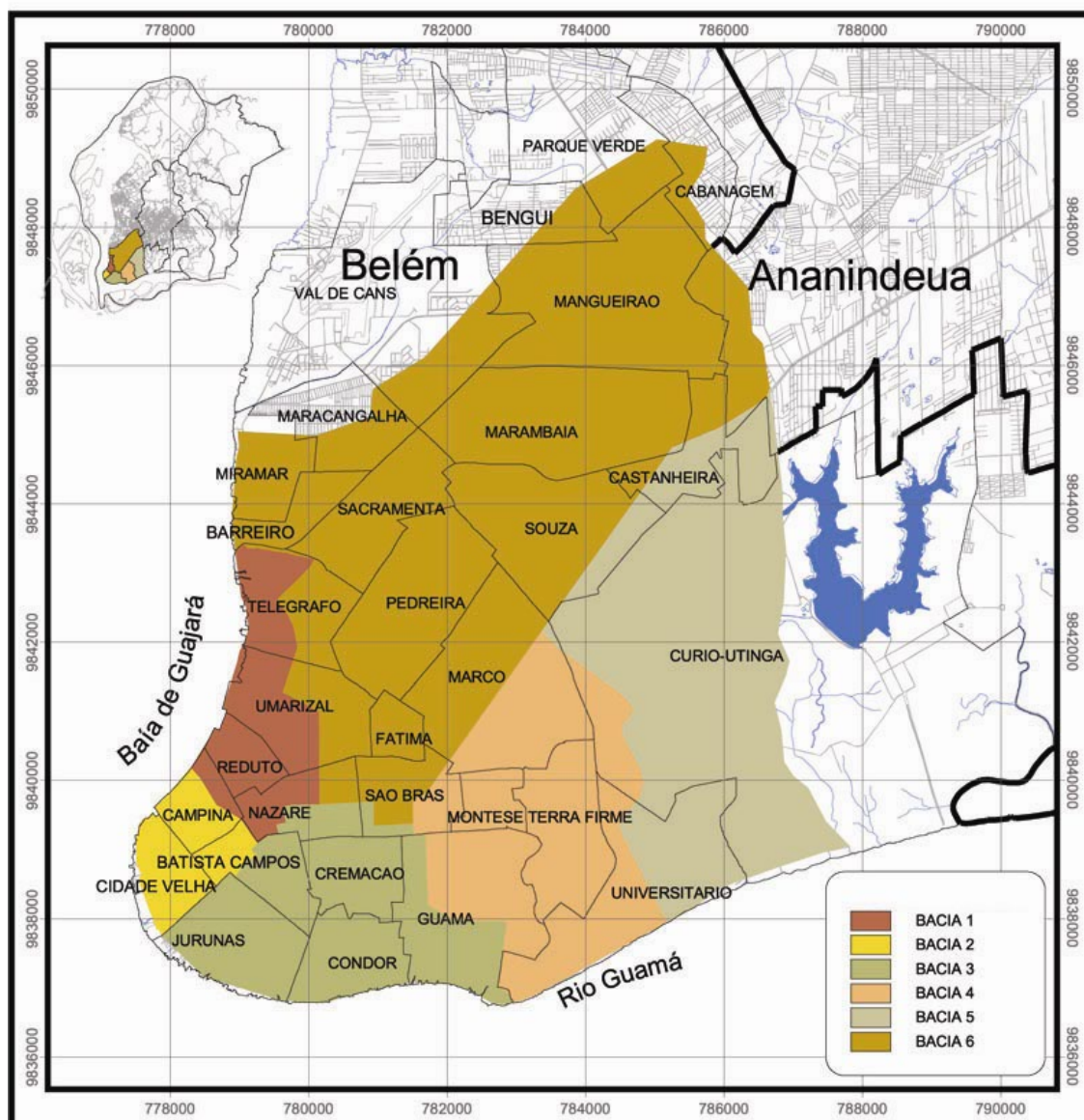


Mapa 29 - Setores censitários do IBGE.  
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000).

Tabela 13 – População IBGE por bacia de esgotamento.

BACIA	POPULAÇÃO/IBGE-2005
1	61.932
2	24.897
3	229.500
4	218.644
5	39.750
6	490.787
<b>Total</b>	<b>1.065.510</b>

Os dados de população por bairro, fornecidos pela secretaria de saúde e Meio Ambiente – SESMA foram agrupados de acordo com a bacia de esgotamento, conforme representado no Mapa 30.



Mapa 30 - Bairros e bacias coletoras de esgotamento

Fonte: Adaptado de Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (1999).

É importante observar que no trabalho foi estimada proporção para a população de bairros localizados em mais de uma bacia. Esse procedimento objetivou definir o valor mais aproximado para a população da bacia, apesar dessa não ser a maneira mais correta. Na Tabela 14 são apresentadas as populações por bairro e por bacia de esgotamento.

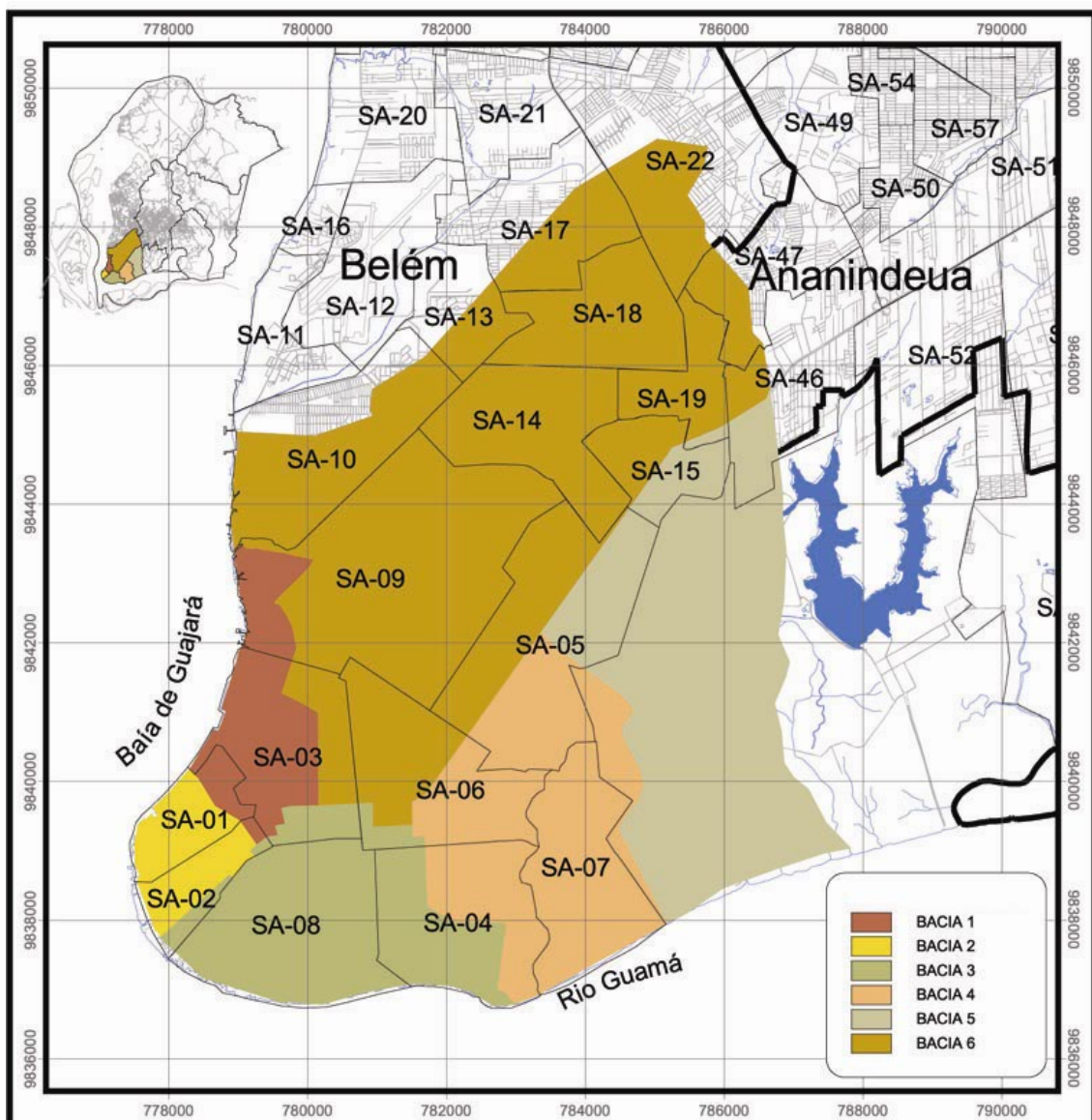
Tabela 14 - População de bairros por bacia de esgotamento no ano de 2000/PMB.

BACIA	BAIRROS	POPULACAO (hab)	% da área inclusa na bacia	POP (hab)	POPULAC TOTAL (hab)
1	Telegrafo	49.168	50	24.584	65.832
	Umarizal	38.756	50	19.378	
	Reduto	8.604	100	8.604	
	Nazaré	24.101	50	12.051	
2	Campina	6.078	20	1.216	31.101
			80	4.862	
	Batista Campos	23.385	50	11.693	
	Cidade Velha	14.546	100	14.546	
3	Nazaré	24.101	30	7.230	232.775
	Batista Campos	23.385	50	11.693	
	Jurunas	80.527	100	80.527	
	Condor	51.228	100	51.228	
	Cremação	38.053	100	38.053	
	Guamá	118.700	35	41.545	
4	São Brás	24.988	10	2.499	224.101
			60	14.993	
	Guamá	118.700	65	77.155	
	Universitário	5.181	60	3.109	
	Canudos	17.839	100	17.839	
	Montese	64.622	100	64.622	
5	Marco	83.252	50	41.626	40.755
	Curio-Utinga	23.789	20	4.758	
	Castanheira	25.677	65	16.690	
	Souza	14.809	20	2.962	
6	Curio-Utinga	23.789	80	19.031	445.982
	Universitário	5.181	40	2.072	
	Parque Verde	31.162	20	6.232	
	Bengui	28.153	25	7.038	
	Cabanagem	23.901	25	5.975	
	Mangueirao	33.197	95	31.537	
	Maracangalha	23.164	50	11.582	
	Marambaia	77.688	100	77.688	
	Val de Cães	8.208	25	2.052	
	Miramar	90	90	81	
	Barreiro	30.921	100	30.921	
	Sacramenta	52.483	100	52.483	
	Telegrafo	49.168	50	24.584	
	Pedreira	83.929	100	83.929	
Umarizal	38.756	50	19.378		
São Brás	24.988	30	7.496		
Marco	83.252	50	41.626		
Fátima	17.724	100	17.724		
Souza	14.809	80	11.847		
Castanheira	25.677	35	8.987		
Nazaré	24.101	20	4.820		

Fonte: Adaptado de PROGRAMAS (2005).

Outra maneira de estimar a população base das bacias de esgotamento foi em função do número de ligações de água multiplicado pelo valor de 4,65 hab/residência que é adotado pela COSANPA.

No Mapa 31 é apresentada compatibilização entre os setores de abastecimento de água e as bacias de esgotamento e na Tabela 15 são apresentados dados de população por setores de abastecimento de água por bacia de esgotamento.



Mapa 31 - Setores de abastecimento nas bacias coletoras de esgotamento  
Fonte: Pereira et al. (2003).

Tabela 15 - População setores de abastecimento de água por bacia de esgotamento

BACIA	SETORES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	POPULAÇÃO (hab) (2005)	% da área inclusa na bacia	POP. (hab)	POR BACIA (2005)
1	1	38.963	25	9.702	78.311
	2	31.659	5	1.646	
	3	91.855	60	55.480	
	9	185.204	6	11.483	
2	1	38.963	75	29.261	52.689
	2	31.659	74	23.428	
3	2	31.659	21	6.585	235.636
	3	91.855	14	12.492	
	4	131.355	51	67.254	
	6	92.264	7	6.735	
	8	142.570	100	142.570	
4	4	131.355	49	64.101	241.259
	5	96.822	50	48.411	
	6	92.264	42	38.290	
	7	90.457	100	90.457	
5	5	96.822	25	24.206	42.544
	19	24.342	5	1.217	
	15	25.806	43	11.122	
	46	33.330	18	5.999	
6	3	91.855	26	23.882	493.507
	5	96.822	45	43.570	
	6	92.264	51	47.331	
	9	185.204	94	173.721	
	10	61.851	81	49.852	
	13	683	49	334	
	14	43.871	100	43.871	
	15	25.806	57	14.684	
	17	55.763	51	28.160	
	18	313	100	313	
	19	24.342	100	24.342	
	22	84.189	30	24.836	
	46	33.330	15	5.000	
	47	45.218	30	13.611	

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2003)

A população dos setores de abastecimento de água localizados em mais de uma bacia foi estimada de forma proporcional na determinação da população das bacias de esgotamento.

Na Tabela 16 são apresentados os resultados das populações no ano de 2005 determinadas anteriormente, bem como os valores utilizados na continuidade do presente trabalho.

Tabela 16 - Populações das bacias de esgotamento no de 2005

<b>BACIA</b>	<b>IBGE (hab)</b>	<b>PDSAA (hab)</b>	<b>BAIRROS (hab)</b>
<b>1</b>	61.932	78.311	65.832
<b>2</b>	24.897	52.689	31.101
<b>3</b>	229.500	235.636	232.775
<b>4</b>	218.644	241.259	224.101
<b>5</b>	39.750	42.544	40.755
<b>6</b>	490.787	493.507	445.982
Total	1.065.510	1.143.946	1.040.546

A partir da população base foi calculada a densidade demográfica por bacia de esgotamento, conforme mostrado na Tabela 17.

Tabela 17 - Características das bacias de esgotamento

<b>BACIA</b>	<b>ÁREA</b>	<b>POPULAÇÃO</b>	<b>DENSIDADE</b>
	<b>(ha)</b>	<b>(hab)</b>	<b>(hab/ha)</b>
1	432,34	78.311	181,13
2	236,09	52.689	223,17
3	908,46	235.636	259,38
4	116,27	241.259	2.074,99
5	168,38	42.544	252,67
6	3591,07	493.507	137,43
TOTAL	5452,62	1.143.946	209,80

Com a taxa de 2,65% e 2,54% do PDTU e os valores de população no ano base (2005) foi realizada a projeção populacional no período de 2005 a 2025, conforme mostrado nas Tabelas de 19 a 22.



Tabela 18 - Projeção populacional para o período de 2005 a 2009.

BACIA	POPULAÇÃO (hab)				
	2005	2006	2007	2008	2009
BACIA 1	78.311	80.386	82.517	84.703	86.948
BACIA 2	52.689	54.085	55.518	56.990	58.500
BACIA 3	235.636	241.881	248.291	254.870	261.624
BACIA 4	241.259	247.652	254.215	260.952	267.867
BACIA 5	42.544	43.672	44.829	46.017	47.237
BACIA 6	493.507	506.585	520.009	533.789	547.935
<b>TOTAL</b>	<b>1.143.946</b>	<b>1.174.261</b>	<b>1.205.379</b>	<b>1.237.321</b>	<b>1.270.110</b>

Tabela 19 - Projeção populacional para o período de 2010 a 2014.

BACIA	POPULAÇÃO (hab)				
	2010	2011	2012	2013	2014
BACIA 1	89.252	91.519	93.844	96.227	98.671
BACIA 2	60.050	61.575	63.139	64.743	66.388
BACIA 3	268.557	275.379	282.373	289.546	296.900
BACIA 4	274.965	281.949	289.111	296.454	303.984
BACIA 5	48.488	49.720	50.983	52.278	53.606
BACIA 6	562.455	576.741	591.391	606.412	621.815
<b>TOTAL</b>	<b>1.303.768</b>	<b>1.336.884</b>	<b>1.370.841</b>	<b>1.405.660</b>	<b>1.441.364</b>

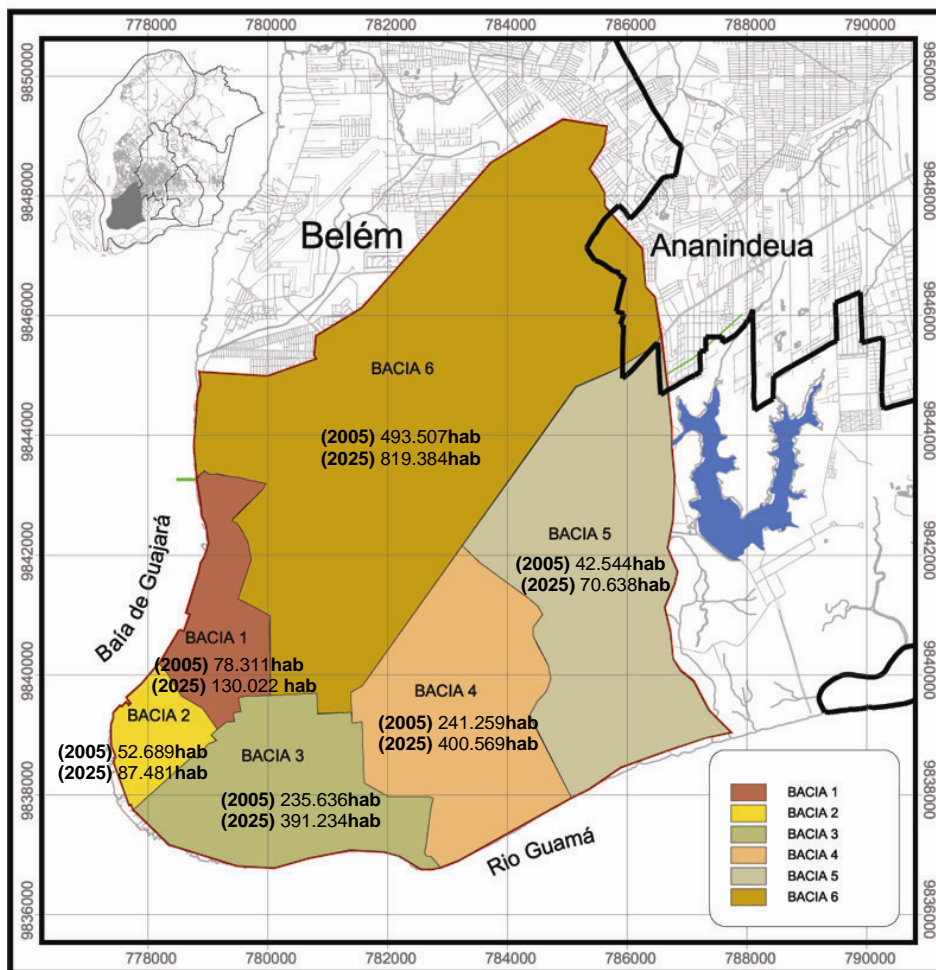
Tabela 20 - Projeção populacional para o período de 2015 a 2019.

BACIA	POPULAÇÃO (hab)				
	2015	2016	2017	2018	2019
BACIA 1	101.178	103.748	106.383	109.085	111.856
BACIA 2	68.074	69.803	71.576	73.394	75.258
BACIA 3	304.441	312.174	320.103	328.234	336.571
BACIA 4	311.706	319.623	327.741	336.066	344.602
BACIA 5	54.967	56.363	57.795	59.263	60.768
BACIA 6	637.609	653.804	670.411	687.439	704.900
<b>TOTAL</b>	<b>1.477.975</b>	<b>1.515.515</b>	<b>1.554.009</b>	<b>1.593.481</b>	<b>1.633.955</b>

Tabela 21 - Projeção populacional para o período de 2020 a 2025.

BACIA	POPULAÇÃO (hab)					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BACIA 1	114.697	117.610	120.597	123.661	126.802	130.022
BACIA 2	77.170	79.130	81.140	83.201	85.314	87.481
BACIA 3	345.120	353.886	362.875	372.092	381.543	391.234
BACIA 4	353.355	362.330	371.533	380.970	390.647	400.569
BACIA 5	62.312	63.894	65.517	67.182	68.888	70.638
BACIA 6	722.805	741.164	759.989	779.293	799.087	819.384
<b>TOTAL</b>	<b>1.675.458</b>	<b>1.718.015</b>	<b>1.761.652</b>	<b>1.806.398</b>	<b>1.852.281</b>	<b>1.899.328</b>

No Mapa 32 é apresentada população de início e final de plano do período de planejamento por bacia de esgotamento.



Mapa 32 – População de início e final de plano.

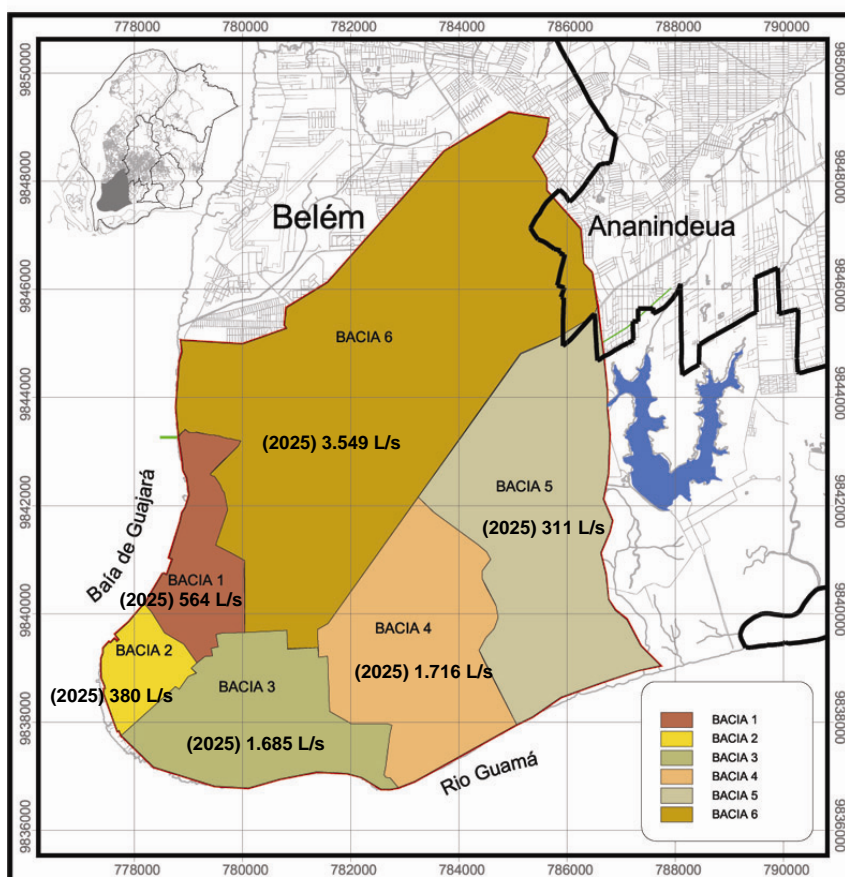


### 6.3.3 Estimativa de vazão de esgoto

Na Tabela 22 são apresentados valores de vazão de esgoto para final de plano (2025), enquanto no Mapa 33 é apresentada demanda no início e final de plano do período de planejamento por bacia de esgotamento.

Tabela 22 - Vazão de esgoto para início ( $k_2$ ) e final de plano ( $k_1, k_2$ )

BACIA	VAZÃO (L/s)	
	2005*	2025**
1	294	564
2	199	380
3	818	1.685
4	838	1.716
5	148	311
6	1.714	3.549
<b>TOTAL</b>	<b>4.010</b>	<b>8.205</b>



Mapa 33 – Produção de esgoto final de plano (2005).

#### 6.3.4 Propostas de alternativa para ampliação do SES no Município de Belém

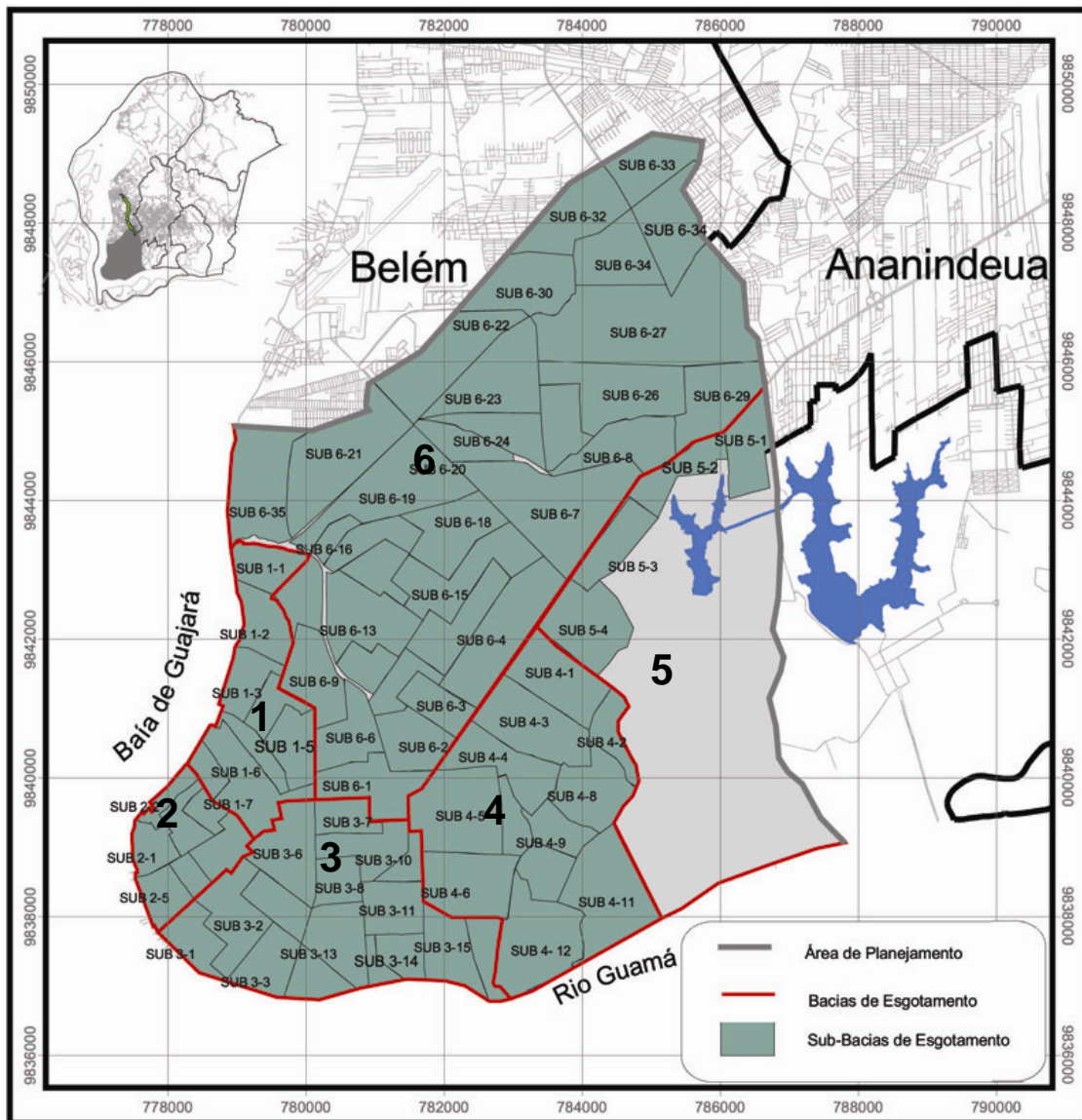
A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores foram sistematizadas 04 (quatro) propostas de alternativa para ampliação do SES no Município de Belém.

Essas alternativas possuem características similares em relação à unidade de coleta do esgoto nas bacias de esgotamento, tendo diferença em relação a centralização ou descentralização das unidades de tratamento e destino final.

A concepção dessas alternativas apresentou a divisão das 6 bacias de esgotamento em 82 sub-bacias, conforme mostrado no Quadro 14 e no Mapa 34.

<b>Bacia de Esgotamento</b>	<b>Sub-Bacias</b>
Bacia 1	08
Bacia 2	07
Bacia 3	16
Bacia 4	12
Bacia 5	4
Bacia 6	35
<b>Total</b>	<b>82</b>

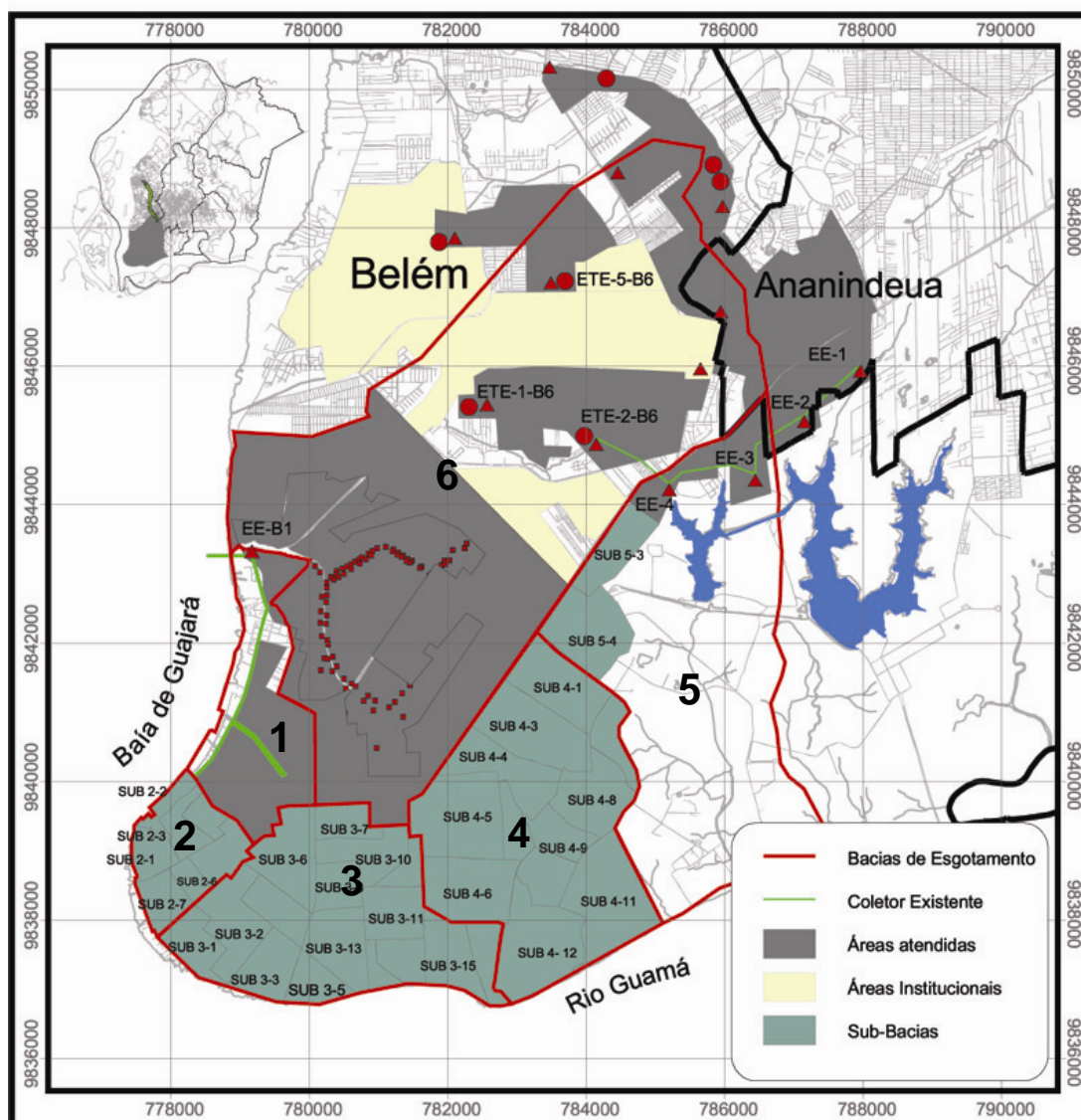
Quadro 14 - Divisão em sub-bacias.



Mapa 34 - Sub-bacias de esgotamento

Essa subdivisão possibilitou a identificação de áreas que efetivamente deveriam ser incluídas no atendimento, como as bacias 2, 3, 4 e 5 sendo para esta última, previstas intervenções nas sub-bacias 5-1, 5-2, 5-3 e 5-4, em razão da existência de edificações consolidadas, no entanto, não foi considerada no planejamento a área referente ao Parque Ambiental do Utinga.

Na bacia 6 está localizada a maior parte das intervenções realizadas no SES de Belém, já que foram implantados os sistemas individuais de tratamento (tanques sépticos) do Projeto - Una, PROSANEAR e PROSEGE, conforme pode ser observado no Mapa 35.



Mapa 35 - Sub-bacias de esgotamento contempladas na pesquisa

Em razão da recente implantação de cerca de 26.000 tanques sépticos e da previsão de complementação dessa solução de tratamento individual no restante da bacia do UNA no limite compreendido entre, no presente trabalho foi considerada a bacia do UNA como atendida com esgotamento sanitário.

Contudo, é importante ressaltar que dentro de alguns anos deverá ser reavaliada a solução adotada no Projeto UNA, especialmente, pelo maior rigor no controle ambiental e o aumento na densidade populacional (especulação imobiliária/verticalização) exigirem sistemas de coleta e

tratamento de esgotos mais eficientes, ou seja, a substituição dos tanques sépticos e das redes simplificada por coleta convencional e tratamento coletivo do esgoto gerado na bacia do UNA.

Antes de serem apresentadas as propostas de alternativas, foram realizadas considerações a cerca da concepção da unidade de coleta de esgoto e da localização das Estações de Tratamento de Esgoto em cada bacia de esgotamento.

#### 6.3.4.1 Unidades de Tratamento e Destino Final

Inicialmente foram identificados seis pontos para a localização de Estações de Tratamento de Esgoto, em função da disponibilidade e das características de cada áreas. No Mapa 36 é apresentada a compatibilização das áreas para locação dos pontos de tratamento nas bacias de esgotamento sanitário.





Mapa 36 - limites das bacias compatibilizadas com imagem de satélite.  
 Fonte: PEREIRA et al. (2003).

As principais características das áreas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 são comentadas a seguir:

- Área 1

A área 1 está localizada no bairro do Barreiro, a margem direita do canal do Una na confluência com Av. Arthur Bernardes, possuindo área de aproximadamente 3,00 hectares e terreno com formato irregular, como indicado na Fotografia 9.



Fotografia 9 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 1

De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento, a área 1 é localizada na confluência da Zona Habitacional – ZH, não havendo restrições para implantação de ETE no local indicado.

É importante observar que essa área é atualmente, utilizada pela COSANPA, que já construiu a elevatória final do UNA e o emissário de lançamento na Baía de Guajará.

- Área 2

A área 2 está localizada no bairro da Cidade Velha, a margem esquerda do canal da Tamandaré na confluência com Rua Dr. Assis, possuindo área de aproximadamente 0,88 hectares com dimensões de 95 x 98 m.

No entorno da área em questão estão localizados alguns locais de uso coletivo, como a praça do Arsenal, Mangal das Garças e 4º Distrito Naval



onde se localiza o Hospital Naval, conforme pode ser observado na Fotografia 10.



Fotografia 10 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 2

De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento, essa área pertence ao Centro Histórico de Belém, sendo realizado controle do uso do solo com a finalidade de assegurar a qualidade ambiental.

Assim, por estar localizado em seu entorno alguns pontos turístico, o uso dessa área para instalação da Unidade de Tratamento de Esgoto requer, unidades que apresentem condições especiais de funcionamento.



- Área 3

A área 3 está localizada no bairro do Jurunas, a margem esquerda do canal Caripunas na confluência com Av. Bernardo Sayão, possuindo área de aproximadamente 0,64 hectares e terreno irregular, conforme pode ser observado na Fotografia 11.



Fotografia 11 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 3

De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento essa está situada na confluência da Zona Habitacional – ZH com a Zona de Serviço – ZS, não havendo restrições para implantação da ETE.

Vale ressaltar que desde a desativação da antiga fábrica de processamento de palmito, não é desenvolvida nenhuma atividades nessa área 3.

- Área 4

A área 4 está localizada no bairro da Condor, a margem direita do canal Quintino na confluência com Av. Bernardo Sayão, possuindo área de aproximadamente 7,55 hectares e terreno com dimensões de 311 x 215 m como observado Fotografia 12.



Fotografia 12 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 4



De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento, esta área situa-se na confluência da Zona Habitacional – ZH.

Este terreno pertence ao Governo do Estado que pretende utilizá-lo para construção de Conjunto Habitacional, sendo que além das residências, não foi identificada, em seu entorno, a presença de locais de uso coletivos, com exceção da Companhia de Transporte Urbano de Belém - CTBEL.

- Área 5

A área 5 está localizada no bairro da Condor, a margem do Canal da Estrada Nova entre a Av. José Bonifácio e R. Augusto Corrêa, possuindo área de aproximadamente 3,15 hectares com dimensões de 262 x 133 m (Fotografia 13).



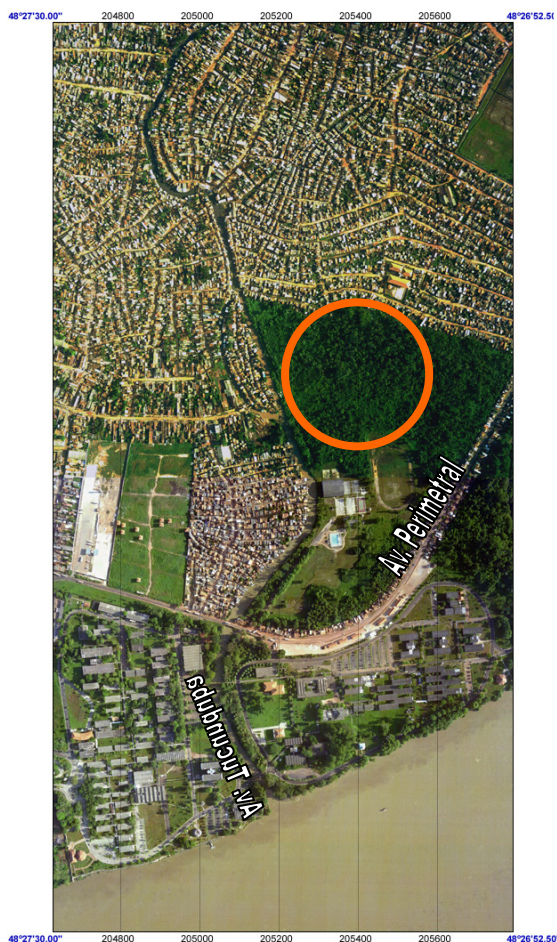
Fotografia 13 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 5

De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento, esta área situa-se em Zona de Serviço - ZS.

Atualmente neste terreno está em funcionamento Estação de Rádio “Transpaz”, sendo identificada a presença de antiga antena de comunicação e um prédio.

- Área 6

A área 6 está localizada no bairro Universitário, a margem direita do Canal Tucunduba próximo a Av. Perimetral, possuindo área de aproximadamente 11,70 hectares e terreno irregular como observado na Fotografia 14.



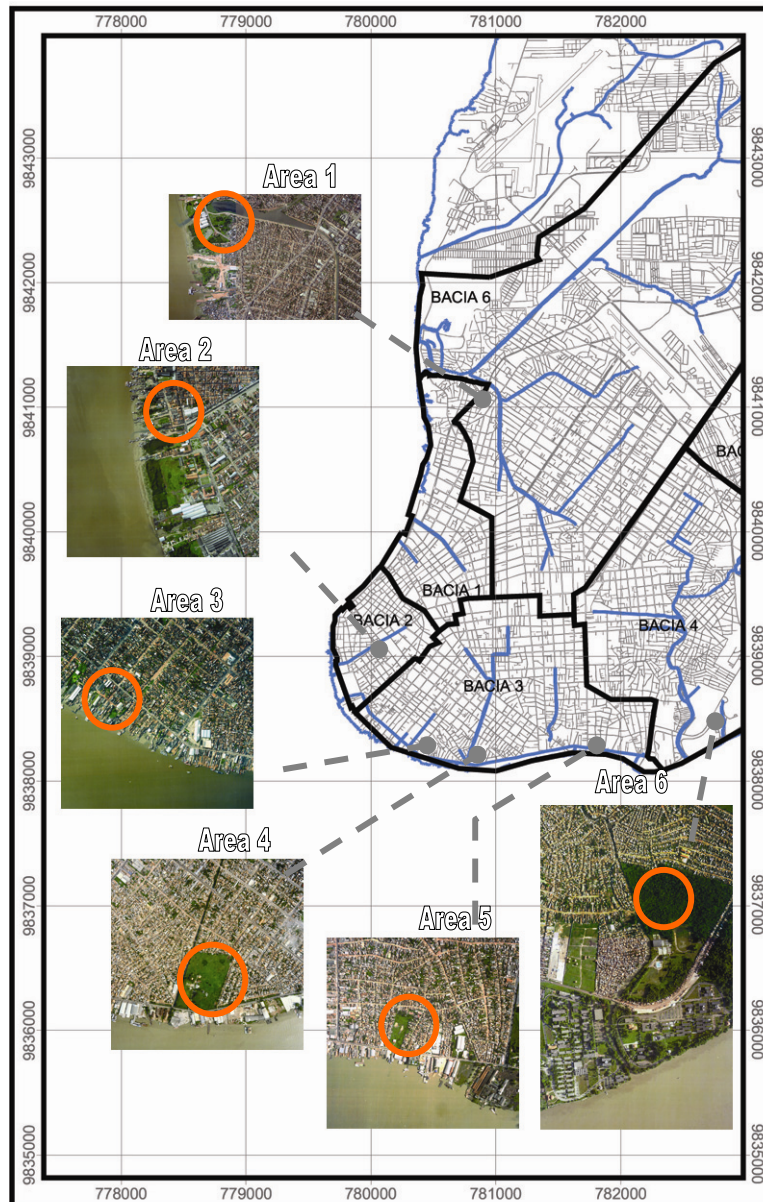
Fotografia 14 – Alternativa para locação de Unidades de Tratamento de Esgoto - Área 6

De acordo com o Mapa 9 apresentado no item 6.1.3 – Caracterização da área de planejamento, esta área situa-se em Zona de Interesse Urbano Especial 2 ZIUE-2, integrada por centro de ensino e pesquisa.

Atualmente neste terreno está em funcionamento o Campus 3 da Universidade Federal do Pará – UFPA.

Na bacia 5 está localizada a área do Parque Ambiental de Belém e de acordo com Mapa 9, esta é classificada como Zona de Interesse Urbano Especial 1 ZIUE - 1, logo, é proposta a transposição do esgoto desta bacia para a bacia 4.

As 6 áreas foram identificadas como possíveis alternativas para instalação da unidade de tratamento de esgoto. No Mapa 37 são apresentadas as 6 áreas avaliadas.



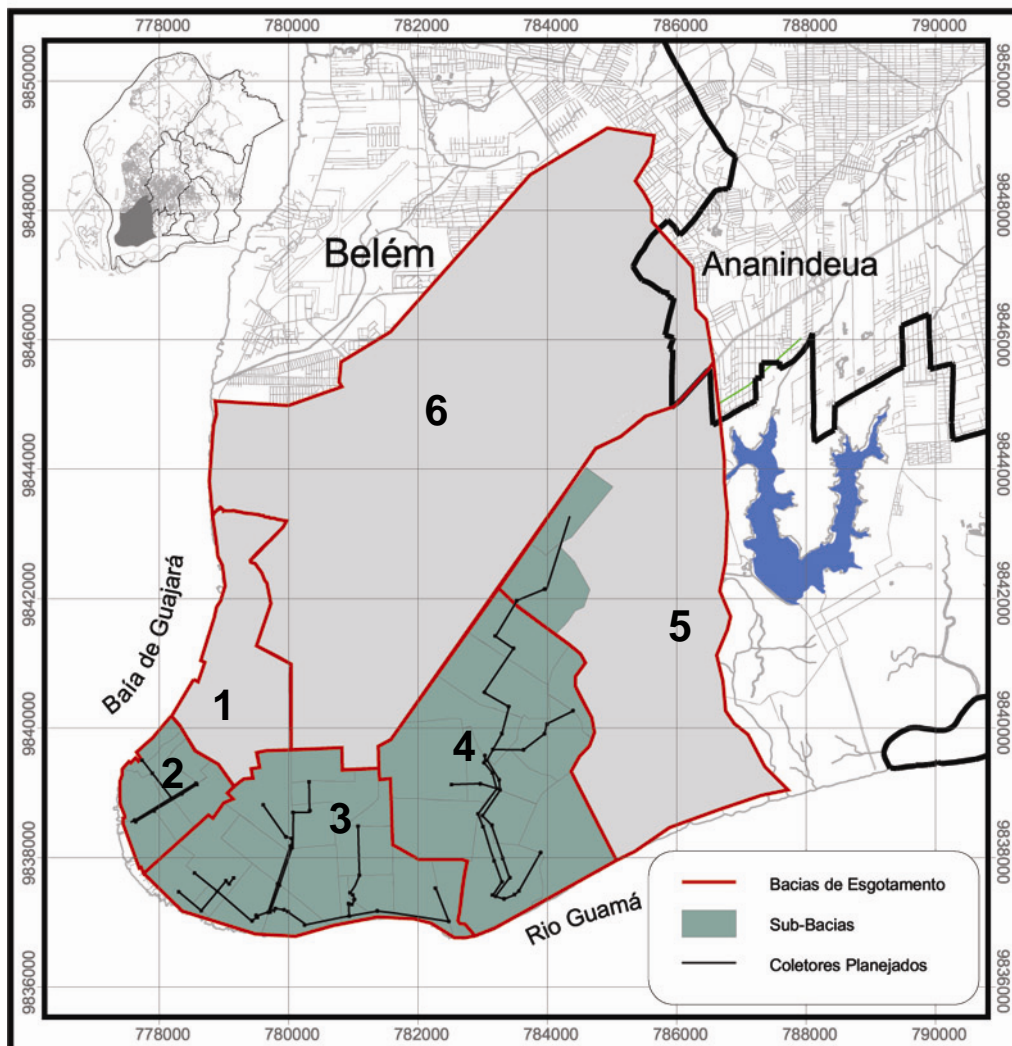
Mapa 37 - Áreas para implantação das unidades de tratamento de esgoto

Vale ressaltar que as unidades de tratamento de esgoto implantadas nessas áreas deverão ser dotadas de condições especiais de funcionamento por serem áreas com habitações em seu entorno.



### 6.3.4.2 Unidade de coleta de esgoto

No Mapa 38 é ilustrada a concepção para coleta do esgoto nas bacias 2, 3, 4 e 5, sendo o esgoto coletado na bacia 5 direcionado por gravidade à bacia 4, provavelmente, não existindo necessidade da construção de estação elevatória de esgoto, em razão da declividade natural do terreno nessas áreas.



Mapa 38 - Sub-bacias de esgotamento contempladas na pesquisa

Os traçados e pré-dimensionamentos dos coletores - tronco Foram realizados com a definição das vazões, diâmetros, declividades e extensão das bacias de esgotamento 2, 3 e 4.

É importante observar que neste trabalho os interceptores também foram dimensionados de acordo com a norma NBR 9649/1986, apesar de terem norma específica. Esse procedimento é justificado ser pequena a diferença nesses dimensionamentos e pelo objetivo de padronização no texto apresentado. Assim nas Tabela 24, 25, 26, 27 e 28 são apresentadas as informações referentes ao pré-dimensionamento dos principais tubulações das bacias.

Tabela 23 – Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 2.

Trecho	L (m)	Q mon	Q jus.	Q proj	D (mm)	I terreno (mm)	I norma (mm)	I projeto (m/m)
		l/s	l/s	l/s				
		inicial	inicial	inicial				
		final	final	final				
1.1	273	39,13	78,27	78,27	700	0,0023	0,0007	0,0007
		75,83	151,66	151,66				
1.2	501	78,27	117,40	117,40	800	-0,0006	0,0006	0,0006
		151,66	227,49	227,49				
1.3	337	117,40	154,90	154,90	900	-0,0025	0,0005	0,0005
		227,49	299,78	299,78				
2.1	445	20,41	72,17	72,17	600	0,0005	0,0007	0,0007
		38,35	137,09	137,09				
2.2 2.1+3.2	663	72,17	105,45	105,45	700	-0,0015	0,0006	0,0006
		137,09	199,86	199,86				
3.1	255	20,64	51,76	51,76	500	-0,0001	0,0009	0,0009
		39,45	98,74	98,74				
3.2	479	51,76	82,88	82,88	700	0,0021	0,0007	0,0007
		98,74	158,03	158,03				



Tabela 24 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 3

Continua

Trecho	L (m)	Q mon	Q jus.	Q proj	D (mm)	I terreno (m/m)	I norma (m/m)	I projeto (m/m)
		l/s	l/s	l/s				
		inicial	inicial	inicial				
1.1	447	40,74	104,74	104,74	700	0,0032	0,0006	0,0006
		79,03	203,10	203,10				
1.2	260	104,74	104,74	104,74	700	0,0001	0,0006	0,0006
		203,10	203,10	203,10				
1.3	547	104,74	146,92	146,92	900	-0,0006	0,0005	0,0005
		203,10	284,69	284,69				
1.4	607	146,92	226,48	226,48	1000	0,0002	0,0004	0,0004
		284,69	439,17	439,17				
1.5	442	226,48	226,48	226,48	1100	-0,0005	0,0004	0,0004
		439,17	439,17	439,17				
1.6 1.5+2.3+6.5	95	575,32	575,32	575,32	1500	0,0026	0,0003	0,0003
		1110,46	1110,46	1110,46				
2.1 3.2	100	93,57	93,57	93,57	700	-0,0031	0,0007	0,0006
		179,82	179,82	179,82				
2.2	616	93,57	141,05	141,05	900	0,0002	0,0005	0,0005
		179,82	271,55	271,55				
2.3	464	141,05	204,61	204,61	1000	-0,0005	0,0005	0,0004
		271,55	392,69	392,69				
3.1	604	93,57	93,57	93,57	700	0,0010	0,0007	0,0006
		179,82	179,82	179,82				
3.2	101	93,57	93,57	93,57	700	-0,0005	0,0007	0,0007
		179,82	179,82	179,82				
4.1	760	24,49	88,19	88,19	700	0,0013	0,0007	0,0007
		46,98	170,18	170,18				
4.2	303	88,19	88,19	88,19	700	0,0000	0,0007	0,0007
		170,18	170,18	170,18				
4.3	55	88,19	88,19	88,19	700	-0,0044	0,0007	0,0007
		170,18	170,18	170,18				
4.4	77	88,19	125,17	125,17	600	0,0000	0,0006	0,0006
		72,19	142,43	142,43				
4.5	88	125,17	125,17	125,17	600	0,0114	0,0006	0,0006
		142,43	142,43	142,43				
4.6	49	125,17	125,17	125,17	600	0,0888	0,0006	0,0006
		142,43	142,43	142,43				
4.7	192	125,17	142,07	142,07	700	0,0042	0,0005	0,0005
		142,43	175,20	175,20				

Tabela 25 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 3

(Continuação)

Trecho	L (m)	Q mon	Q jus.	Q proj	D (mm)	I terreno (m/m)	I norma (m/m)	I projeto (m/m)
		l/s	l/s	l/s				
		inicial	inicial	inicial				
5.1	555	111,72	111,72	111,72	800	0,0080	0,0006	0,0006
		214,61	214,61	214,61				
5.2	1117	111,72	111,72	111,72	800	0,0037	0,0006	0,0006
		214,61	214,61	214,61				
5.3	444	111,72	111,72	111,72	800	0,0015	0,0006	0,0006
		214,61	214,61	214,61				
5.4 5.3+4.7	703	253,79	253,79	253,79	1000	0,0052	0,0004	0,0004
		389,81	389,81	389,81				
5.5	327	253,79	253,79	253,79	1000	0,0115	0,0004	0,0004
		389,81	389,81	389,81				
5.6	71	253,79	298,03	298,03	1100	0,0511	0,0004	0,0004
		389,81	474,91	474,91				
5.7	136	298,03	298,03	298,03	1100	0,0256	0,0004	0,0004
		474,91	474,91	474,91				
6.1	453	90,24	90,24	90,24	700	-0,0011	0,0007	0,0007
		174,15	174,15	174,15				
6.2 6.1+7.2	702	144,23	144,23	144,23	900	0,0013	0,0005	0,0005
		278,60	278,60	278,60				
6.3	109	144,23	144,23	144,23	900	-0,0029	0,0005	0,0005
		278,60	278,60	278,60				
6.4	31	144,23	144,23	144,23	900	0,0032	0,0005	0,0005
		278,60	278,60	278,60				
6.5	190	144,23	144,23	144,23	900	0,0001	0,0005	0,0005
		278,60	278,60	278,60				
7.1	453	53,98	53,98	53,98	600	0,0000	0,0008	0,0008
		104,45	104,45	104,45				
7.2	388	53,98	53,98	53,98	600	0,0014	0,0008	0,0008
		104,45	104,45	104,45				

Tabela 26 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 4

(Continua)

Trecho	L (m)	Q mon	Q jus.	Q proj	D (mm)	I terreno m/m	I norma m/m	I projeto (m/m)
		l/s	l/s	l/s				
		inicial	inicial	inicial				
		final	final	final				
1.1	1092	38,48	95,46	95,46	800	2,5350	0,0006	0,0003
		74,96	149,93	149,93				
1.2	466	95,46	95,46	95,46	800	-0,0169	0,0006	0,0003
		149,93	149,93	149,93				
1.3	640	95,46	95,46	95,46	800	0,0123	0,0006	0,0003
		149,93	149,93	149,93				
1.4	316	95,46	179,82	179,82	1000	0,0027	0,0005	0,0003
		149,93	312,03	312,03				
1.5	811	179,82	179,82	179,82	1000	0,0003	0,0005	0,0003
		312,03	312,03	312,03				
1.6	431	179,82	278,27	278,27	1200	0,0016	0,0004	0,0003
		312,03	501,17	501,17				
1.7	432	278,27	278,27	278,27	1200	0,0014	0,0004	0,0003
		501,17	501,17	501,17				
1.8	270	278,27	380,53	380,53	1500	0,0004	0,0003	0,0003
		501,17	701,42	701,42				
1.9 2.4-1.8	193	482,80	482,80	482,80	1500	0,0021	0,0003	0,0003
		901,66	901,66	901,66				
1.10	354	482,80	482,80	482,80	1500	-0,0031	0,0003	0,0003
		901,66	901,66	901,66				
1.11	158	482,80	519,42	519,42	1500	0,0038	0,0003	0,0003
		901,66	970,98	970,98				
1.12	178	519,42	519,42	519,42	1500	-0,0051	0,0003	0,0003
		970,98	970,98	970,98				
1.13	207	519,42	558,02	558,02	1750	-0,0005	0,0003	0,0002
		970,98	1044,38	1044,38				
1.14	544	558,02	558,02	558,02	1750	-0,0004	0,0003	0,0002
		1044,38	1044,38	1044,38				
1.15	317	558,02	558,02	558,02	1750	-0,0003	0,0003	0,0002
		1044,38	1044,38	1044,38				
1.16	359	558,02	558,02	558,02	1750	0,0009	0,0003	0,0002
		1044,38	1044,38	1044,38				
2.1	452	31,59	31,59	31,59	450	0,0056	0,0011	0,001
		62,59	62,59	62,59				
2.2	156	31,59	31,59	31,59	450	0,0129	0,0011	0,001
		62,59	62,59	62,59				
2.3	407	31,59	102,27	102,27	700	0,0015	0,0006	0,0006
		62,59	200,25	200,25				
2.4	472	102,27	102,27	102,27	700	0,0015	0,0006	0,0006
		200,25	200,25	200,25				
3.1	111	72,55	72,55	72,55	600	0,0081	0,0007	0,0007
		139,89	139,89	139,89				
3.2	205	72,55	72,55	72,55	600	-0,0013	0,0007	0,0007
		139,89	139,89	139,89				
3.3	253	72,55	100,27	100,27	700	-0,0029	0,0006	0,0006
		139,89	192,84	192,84				
3.4 3.3+Q-SUB- 7+4.2	490	242,87	328,52	328,52	1500	-0,0008	0,0004	0,0003
		465,88	634,26	634,26				

Tabela 27 - Pré-dimensionamento do coletor tronco - bacia 4.

(Conclusão)

Trecho	L (m)	Q mon	Q jus.	Q proj	D (mm)	I terreno (m/m)	I norma (m/m)	I projeto (m/m)
		l/s	l/s	l/s				
		Inicial	inicial	inicial				
		Final	final	final				
3.5	215	328,52	328,52	328,52	1500	-0,0005	0,0004	0,0003
		634,26	634,26	634,26				
3.6	551	328,52	328,52	328,52	1500	-0,0002	0,0004	0,0003
		634,26	634,26	634,26				
3.7	348	328,52	328,52	328,52	1500	-0,0003	0,0004	0,0003
		634,26	634,26	634,26				
3.8	254	328,52	328,52	328,52	1500	0,0013	0,0004	0,0003
		634,26	634,26	634,26				
4.1	441	114,88	114,88	114,88	800	0,0002	0,0006	0,0006
		220,09	220,09	220,09				
4.2	275	114,88	114,88	114,88	800	-0,0047	0,0006	0,0006
		220,09	220,09	220,09				
5.1	683	116,24	223,49	223,49	1000	0,0000	0,0004	0,0006
		220,09	431,03	431,03				
5.2	80	223,49	223,49	223,49	1000	0,0001	0,0004	0,0006
		431,03	431,03	431,03				
5.3	173	223,49	223,49	223,49	1000	-0,0040	0,0004	0,0006
		431,03	431,03	431,03				
5.4	137	223,49	223,49	223,49	1000	0,0012	0,0004	0,0006
		431,03	431,03	431,03				

A partir da proposição das 6 (seis) áreas para localização da unidade de tratamento de esgotos, foi possível a elaboração de 4 (quatro) propostas de alternativas para ampliação do SES na área de planejamento.

É importante salientar que as quatro alternativas apresentam como característica comum a integração dos sistemas existentes nas bacias 1, 5 e 6. contudo é necessária:

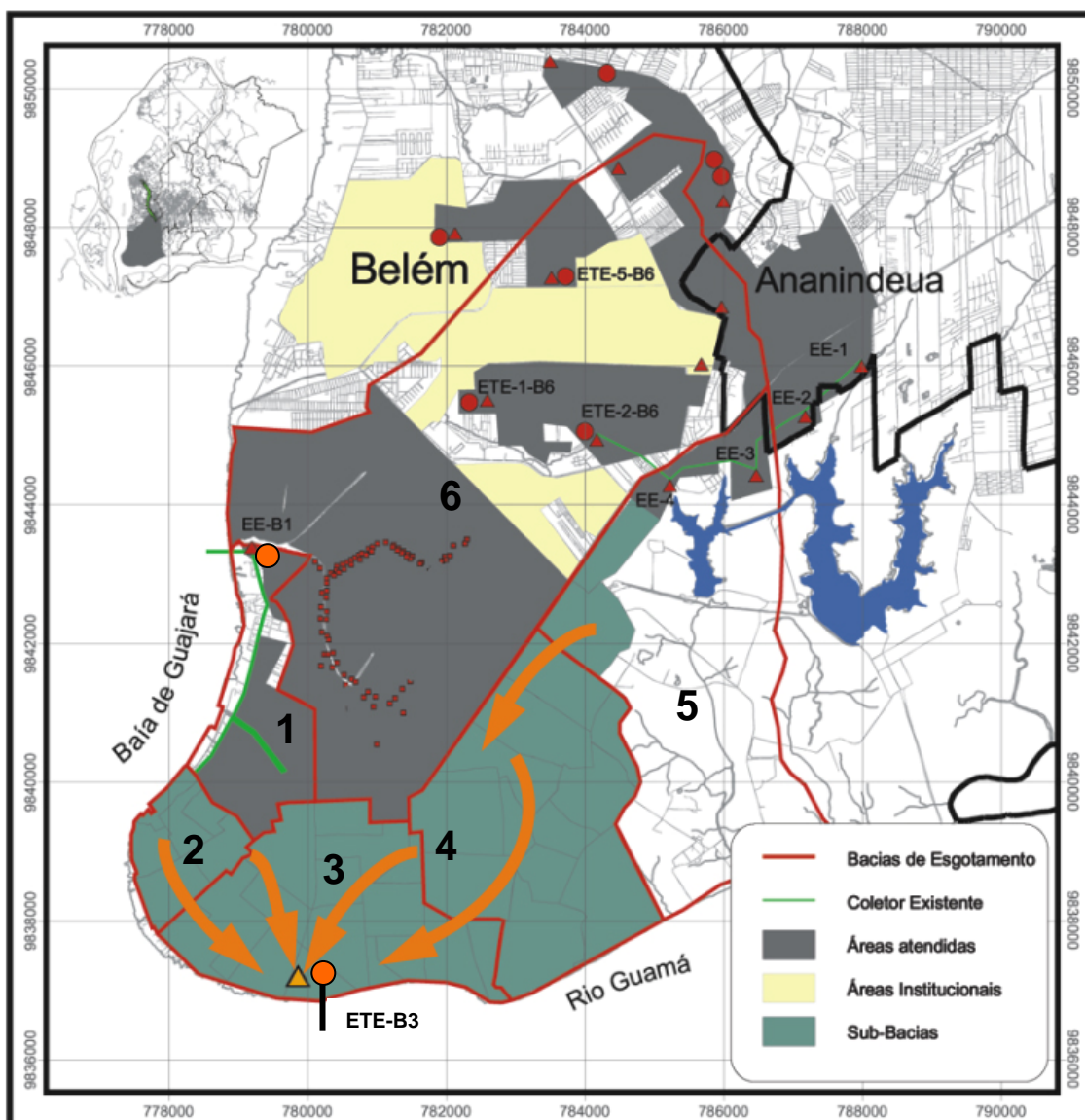
- a reestruturação e ampliação do sistema identificado na bacia 1 e construção da Estação de Tratamento de Esgoto na área 1 (ETE-B1);
- a reestruturação, reativação e ampliação dos sistemas do PROSANEAR;
- a realização de estudos para proposição de concepção mais adequada na área atendida com tanques sépticos do Projeto Una.

Além disso, após as conclusões das obras do PROSEGE deverão ser desenvolvidas ações referentes à educação ambiental e sanitária da

população, bem como desenvolvido programas de monitoramento e manutenção dos sistemas.

### 6.3.4.3 Alternativa 1

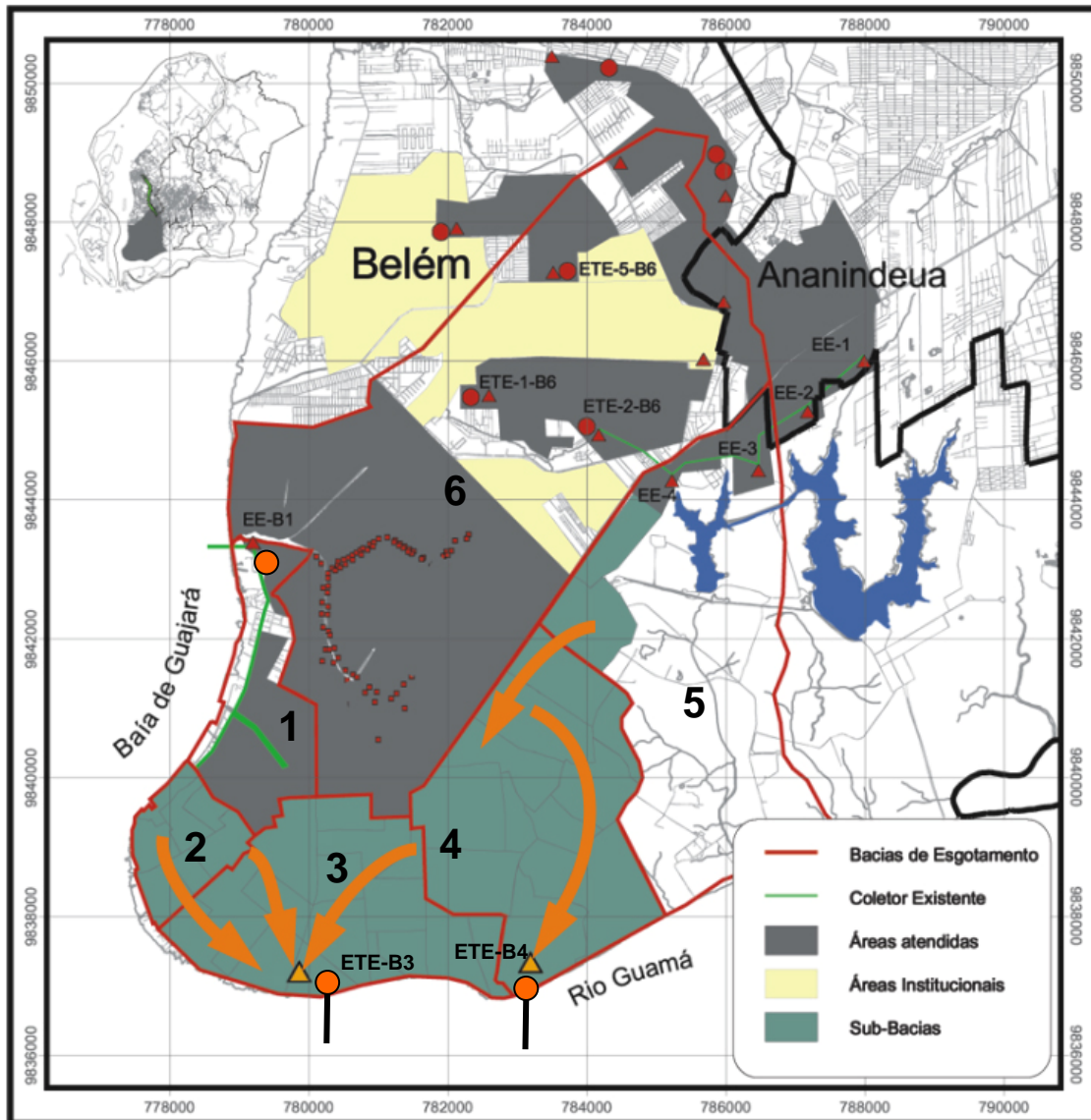
A alternativa 1 é baseada na centralização da coleta de esgoto das bacias 2, 3, 4 e 5, para uma única unidade de tratamento (ETE-B3) localizada na margem direita do canal da Quintino, na confluência com a Av. Bernardo Sayão, tendo como corpo receptor o Rio Guamá. No Mapa 39 é apresentada concepção da Alternativa 1. No Mapa 39 é apresentada concepção da Alternativa 1.



Mapa 39 - Concepção da Alternativa 1.

### 6.3.4.4 Alternativa 2

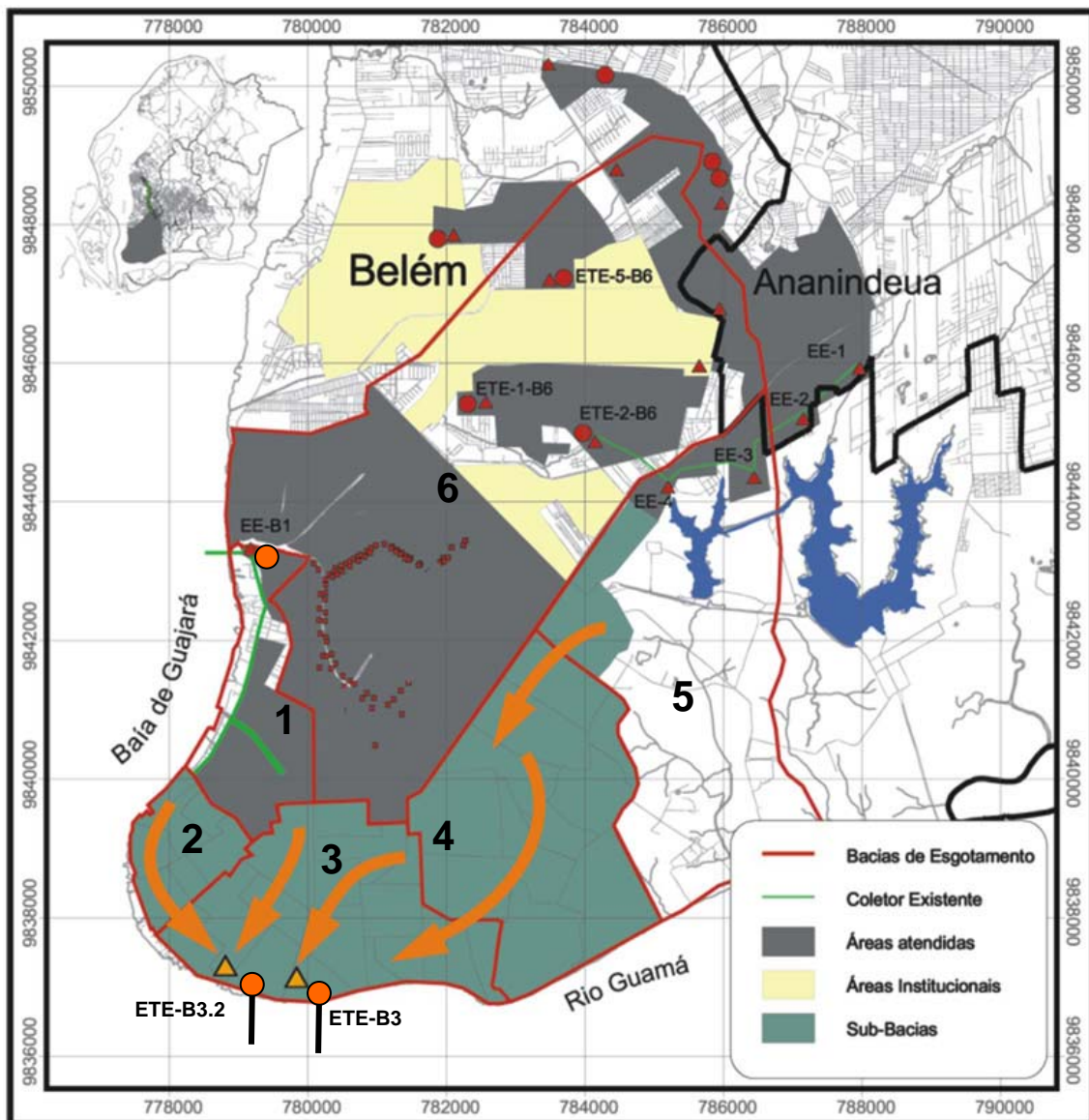
A alternativa 2 consiste na coleta e tratamento de esgoto das bacia 2 e 3 na ETE-B3, e da bacia 4 e bacia 5 (sub-bacias SUB 5-3 e 5-4 ) na ETE-B4. O efluente tratado nessas ETEs será encaminhado ao Rio Guamá. No Mapa 40 é apresentada concepção da proposta de Alternativa 2.



Mapa 40 - Concepção da Alternativa 2.

### 6.3.4.3 Alternativa 3

A alternativa 3 consiste na coleta e tratamento de esgoto das bacia 2 e de parte de bacia 3 na ETE-B3.2, e de parte da bacia 3, das bacias 4 e bacia 5 (sub-bacias SUB 5-3 e 5-4 ) na ETE-B4. O efluente tratado nessas ETEs será encaminhado ao Rio Guamá. No Mapa 41 é apresentada concepção da proposta de Alternativa 3.

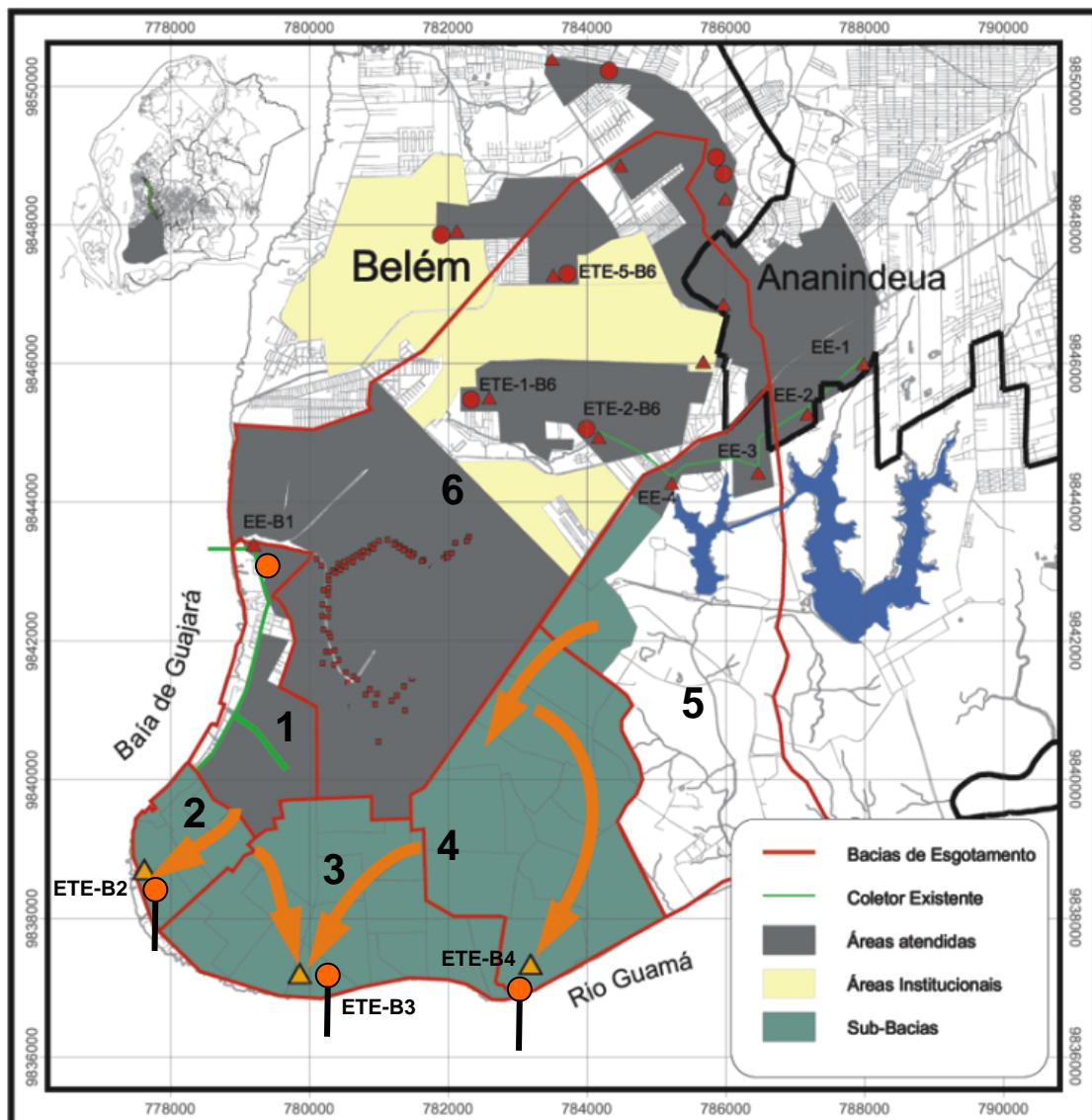


Mapa 41 - Concepção da Alternativa 3



### 6.3.4.6 Alternativa 4

A alternativa 4 é baseada na coleta e tratamento de esgoto das bacia 2 na ETE-B2, da bacia 3 na ETE-B3 e das bacias 4 e bacia 5 (sub-bacias SUB 5-3 e 5-4) na ETE-B4. O efluente tratado nessas ETEs será encaminhado ao Rio Guamá. No Mapa 42 é apresentada concepção da proposta de Alternativa 4.

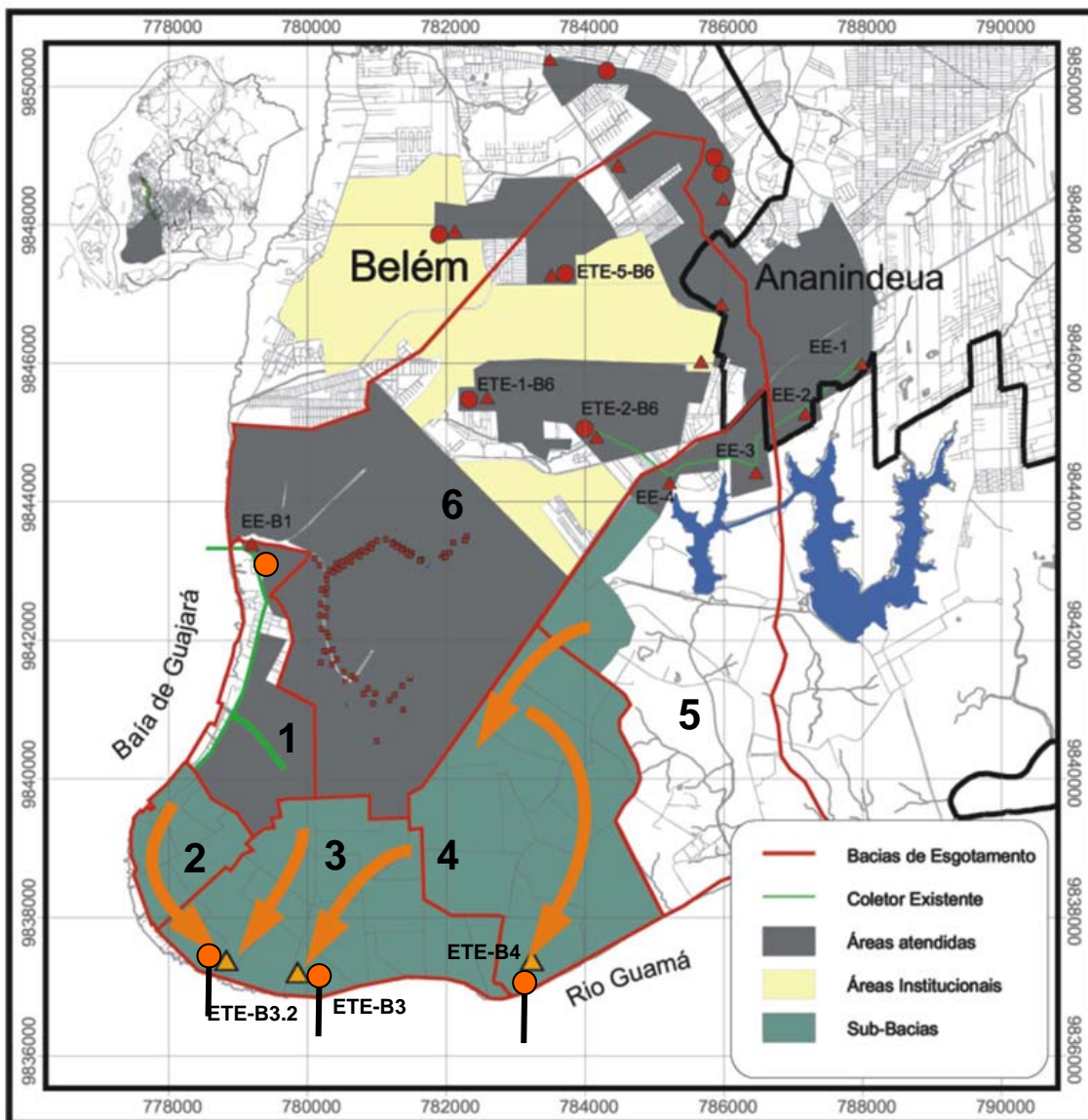


Mapa 42 - Concepção da Alternativa 4



### 6.3.4.7 Alternativa 5

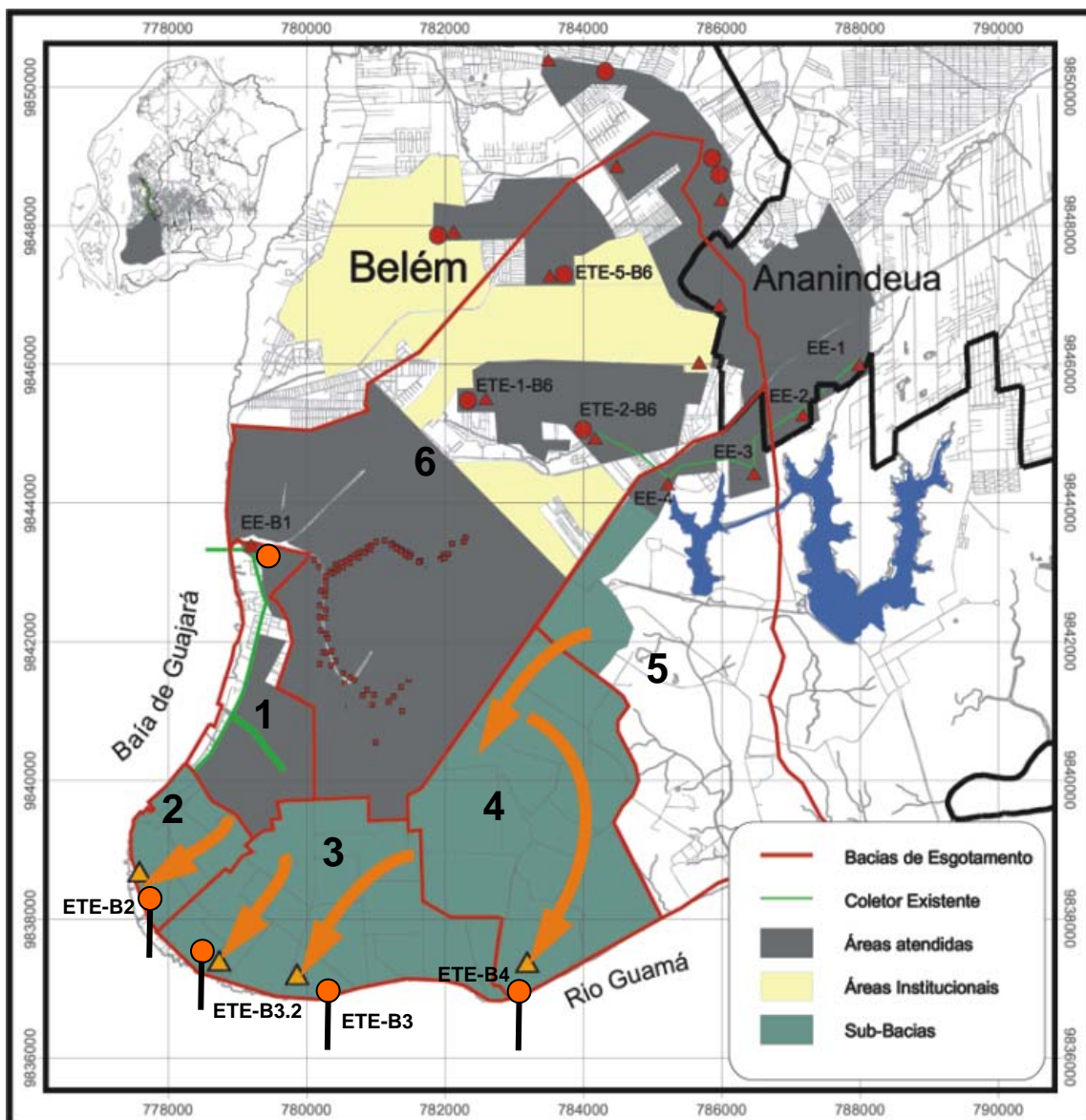
A alternativa 5 consiste na coleta e tratamento de esgoto das bacia 2 e de parte de bacia 3 na ETE-B3.2, e de parte da bacia 3 na ETE-B3, das bacias 4 e bacia 5 (sub-bacias SUB 5-3 e 5-4) na ETE-B4. O efluente tratado nessas ETEs será encaminhado ao Rio Guamá. No Mapa 43 é apresentada concepção da proposta de Alternativa 5.



Mapa 43 - Concepção da Alternativa 5

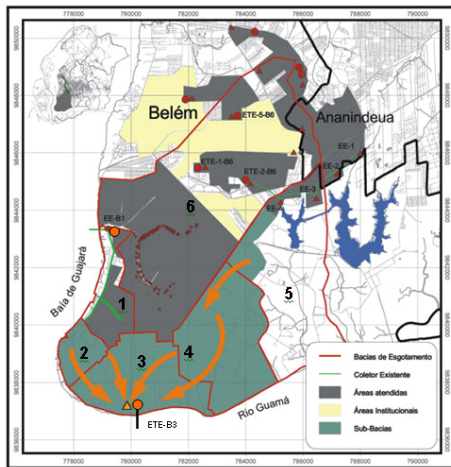
### 6.3.4.8 Alternativa 6

A alternativa 6 é baseada na coleta e tratamento de esgoto em cada bacia de esgotamento, com exceção da bacia 5, pois o esgoto coletado nas sub-bacias SUB 5-3 e 5-4 é encaminhado para bacia 4 e parte de bacia 3 para ETE-B3.2 e ETE-B3. O efluente tratado na ETE – B2 será encaminhado à Baía de Guajará, já os das ETE-B3.2, ETE-B3 e ETE-B4 será o Rio Guamá. No Mapa 44 é apresentada concepção da proposta de Alternativa 5.

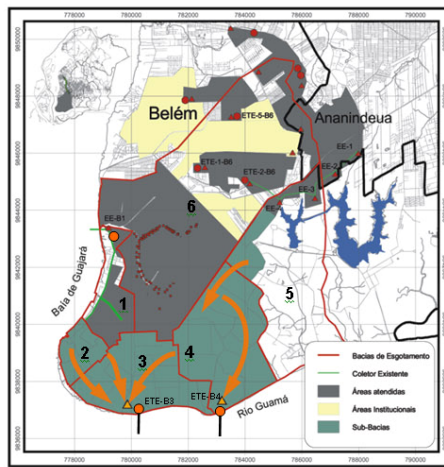


Mapa 44 - Concepção da Alternativa 6

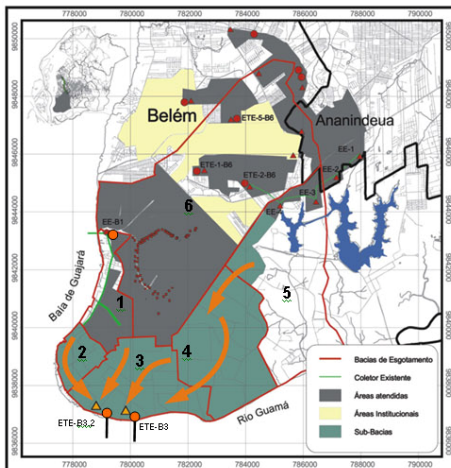
Na Mapa 45 é apresentada a comparação das 6 alternativas e no Quadro 15 é apresentado o resumo das características de cada alternativa.



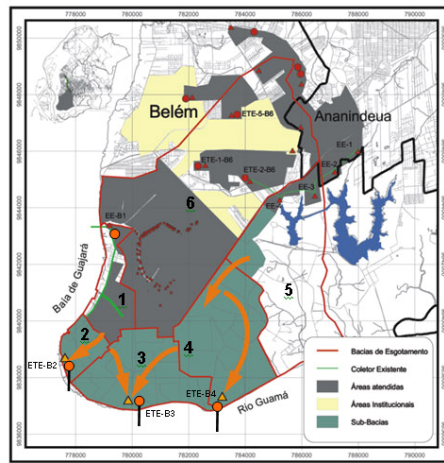
Alternativa 1



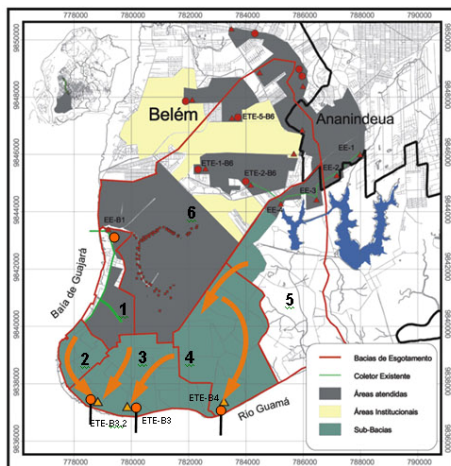
Alternativa 2



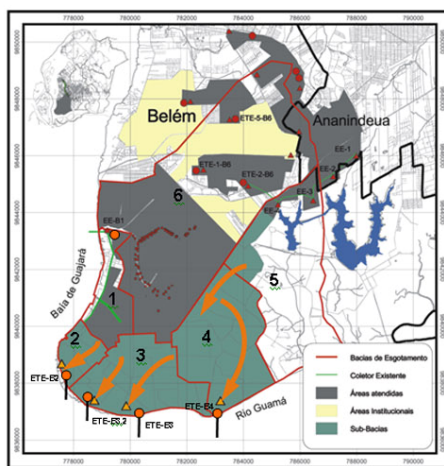
Alternativa 3



Alternativa 4



Alternativa 5



Alternativa 6

Mapa 45 - Comparação das 6 alternativas



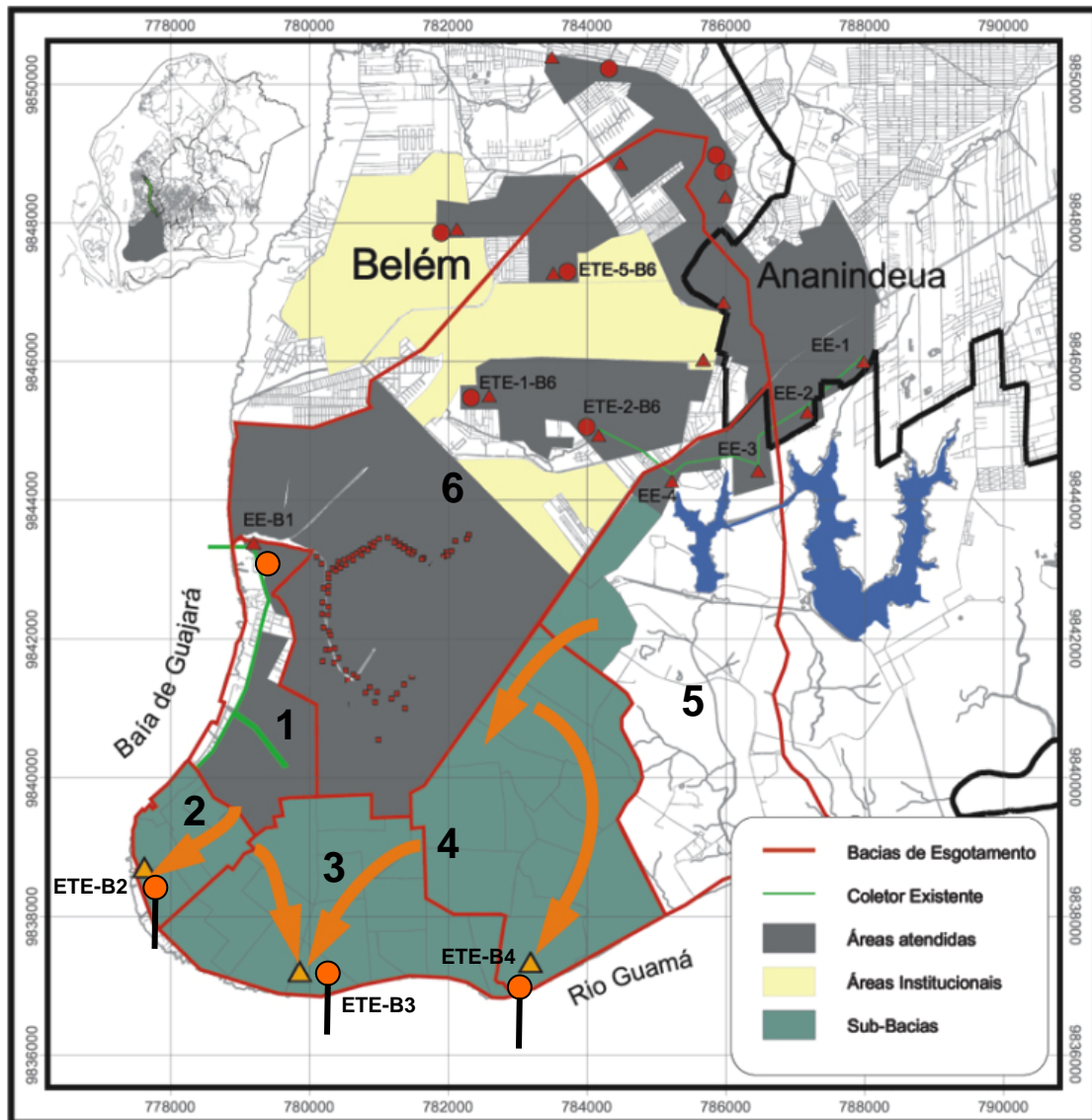
<b>Alternativa</b>	<b>Bacia</b>	<b>Transposição do Esgoto</b>	<b>Unidade de tratamento</b>	<b>Corpo Receptor</b>
<b>1</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2, 3, 4 e 5	5 para 4 4 para 3 2 para 3	ETE – B3	Rio Guamá
<b>2</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2 e 3	2 para 3	ETE – B3	Rio Guamá
	4 e 5	5 para 4	ETE – B4	
<b>3</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2 e 3 (parte)	2 para 3	ETE-B3.2	Rio Guamá
	3 (parte), 4 e 5	5 para 4 4 para 3	ETE – B4	
<b>4</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2	-	ETE-B2	Rio Guamá
	3	-	ETE-B3	
	4 e 5	5 para 4	ETE-B4	
<b>5</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2 e 3 (parte)	2 para 3	ETE-B3.2	Rio Guamá
	3 (parte)	-	ETE-B3	
	4 e 5	5 para 4	ETE-B4	
<b>6</b>	1	-	ETE – B1	Baía de Guajará
	2	-	ETE – B2	Baía de Guajará
	3 (parte)	-	ETE- B3.2	Rio Guamá
	3 (parte)	-	ETE – B3	
	4 e 5	5 para 4	ETE – B4	

Quadro 15 - Resumo das características de cada alternativa.

As alternativas mais adequadas são as que propõem tratamento do esgoto o mais próximo possível do local de coleta, considerando o menor número de estações elevatórias, a menor extensão das redes coletoras de esgoto e a flexibilidade operacional.

Nesse contexto, embora não tenham sido realizados estudos referentes às condições do solo das áreas indicadas e nem a estimativa de custos nas alternativas apresentadas, a melhor concepção é a apresentada na alternativa 4, por ser baseada nas seguintes características:

- implantação de 1 ETE em cada bacia de esgotamento;
- dispensa a transposição de esgoto sanitário entre deferentes bacias de esgotamento;
- implica na redução da distância entre o ponto de geração do esgoto sanitário e o local de tratamento;
- apresenta equidistância entre as ETEs, conforme Mapa 46.



Mapa 46 – Alternativa escolhida (Alternativa 4)

Na Tabela 28 são apresentadas as características das bacias de esgotamento na alternativa escolhida.

Tabela 28 - Características das bacias de esgotamento

BACIA	ÁREA (ha)	POPULAÇÃO (hab)		DENSIDADE (hab/ha)		VAZÃO (L/s)	
		2005	2025	2005	2025	2005*	2025**
1	432,34	78.311	130.022	181,13	300,74	294	564
2	236,09	52.689	87.481	223,17	370,54	199	380
3	908,46	235.636	391.234	259,38	430,66	818	1.685
4	116,27	283.803	471.207	2074,99	3445,16	986	2.027
5	168,38			252,67	419,52		
6	3591,07	493.507	819.384	137,43	228,17	1.714	3.549
TOTAL	5452,62	1.143.946	1.899.328	209,80	348,33	4.010	8.205

\*(k<sub>2</sub>), \*\*(k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>)

Essa alternativa de concepção poderá auxiliar a tomada de decisão para ampliação do SES na área de planejamento, especialmente nas áreas das bacias nas 2, 3, 4 e 5 não contempladas por essa infra-estrutura.

Vale citar que essa alternativa evita a transposição de esgoto sanitário entre deferentes bacias de esgotamento e o aumento da distância entre o ponto de geração do esgoto sanitário e o local de tratamento, o que, naturalmente, implica em redução de custos de implantação e de operação.

Também é oportuno observar que as ETEs serão instaladas praticamente eqüidistantes nas Bacias 2, 3 e 4, o que facilitará o encaminhamento dos esgotos e, principalmente, a autodepuração do corpo receptor.

## 7 CONCLUSÕES

Os estudos, projetos e reformulações elaborados na tentativa de solucionar o déficit do sistema de esgotamento sanitário na cidade de Belém não resultaram em obras, portanto, paulatinamente, foi aumentada a disparidade entre os índices de atendimento e a demanda por esse tipo de infra-estrutura urbana.

Isso ocorreu desde a primeira iniciativa, no caso o projeto Fox Partner (1906), passando pelo projeto da Byington até as intervenções recentes. É importante citar que o Plano Diretor de Esgotamento Sanitário (PDES) de 1987 não foi seguido em nenhum momento.

Independente desse Plano Diretor ser um importante instrumento de planejamento, o PDES de 1987 está longe de ser o marco referencial ou o efetivo instrumento de orientação das ações de implementação do SES no município de Belém, pois sua concepção e recomendações não foram consideradas nos sistemas implantados posteriormente.

Diversas são as justificativas para não utilização do PDES, indo da falta de recursos financeiros ao crescimento desordenado da população, sendo que nenhum explica a razão para o planejamento não ter norteado as ações na área de esgoto sanitário. É importante ressaltar que o não atendimento dessas premissas de planejamento resultou na implantação de 3 grandes projetos com concepções distintas e sem a mínima integração (PROSANEAR, UNA e PROSEGE).

Por outro lado, caso tivesse sido o seguido o PD a construção de grandes sistemas integrados dificultaria a obtenção de recursos, em razão de serem maiores as dificuldades para construção por etapas, especialmente no caso das redes coletoras de esgoto e elevatórias que interligam bacias e sub-bacias; das grandes dimensões das unidades de tratamento e da concentração dos efluentes em um único ponto de lançamento (corpo de lançamento).

Essa concepção do PDES de 1987 demandaria grandes investimentos em espaços de tempo reduzidos, podendo ser essa a principal desvantagem apresentada nesse instrumento de planejamento.

Isso resultou na utilização de soluções isoladas (tanques sépticos) em determinadas áreas, o que tem ocasionado o não funcionamento de sistemas implantados e/ou a observação de dificuldades de manutenção, como em áreas da bacia 6, atendidas no Projeto Uma.

Ao analisar a área de planejamento, foi constatada distribuição irregular dos índices de cobertura com SES, que foi concentrada em praticamente todas as intervenções em apenas 3 bacias de esgotamento (bacias 1, 5 e 6).

No caso da bacia 1, apesar dos “esforços” concentrados nessa áreas, foram necessários cerca de 70 anos para que o sistema fosse implantado, sendo que, até a presente data, o esgoto coletado é lançado *in natura* na baías de Guajará.

Somente pequena parcela da bacia 5 foi beneficiada, por ocasião do programa PROSEGE, cuja intervenção na área da Guanabara tem como intuito a proteção dos mananciais utilizados no abastecimento de água da RMB.

A implantação de tanque sépticos em área urbanizadas e densamente povoadas da bacia 6 indica que, no mínimo, essa área deve ser objeto de estudos para proposição de concepção mais adequada, já que a eficiência desse tipo de tratamento é bem menor do que a obtida em ETES convencionais.

Os problemas do SES decorrem do processo de urbanização acelerado sem planejamento e, principalmente, por não terem sido previstas possíveis áreas para locação de unidades de tratamento de esgoto.



Esse passivo ambiental acumulado ao longo dos anos, em relação ao esgoto sanitário no município de Belém, precisa ser equacionado, o que depende da implantação de coletores secundários, coletores troncos, interceptores e estações de tratamento que, inevitavelmente, necessitam de áreas disponíveis para sua implantação, além de corpos receptores em condições de atendimento aos limites estabelecidos na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, para receber o efluente tratado.

Nesse contexto, a disponibilidade de área foi um dos maiores desafios encontrados durante este estudo, sendo identificadas apenas (06) seis opções de áreas para implantação das Estações de Tratamento de Esgoto, devendo, portanto, serem estabelecidas condições especiais para o desempenho das unidades de tratamento, em razão de serem áreas com habitações em seu entorno.

É importante observar que tende a reduzir a disponibilidade de área para esse fim tende a reduzir, na medida em que não são observadas relações entre o planejamento urbano municipal e as intervenções com obras de esgotamento sanitário, ou seja, caso não sejam previamente definidas as áreas e desenvolvidos instrumentos para manutenção de sua utilização, restarão poucas ou nenhuma opção para implantação das unidades de tratamento de esgoto.

Para subsidiar o planejamento da ampliação do SES no município de Belém, foram elaboradas 6 (seis) alternativas distintas, as quais são fundamentadas na descentralização progressiva, sendo que as alternativas de descentralização apresentaram variações no número de ETEs, que vai de 1 até 4 ETEs. Essas alternativas tiveram diferentes características quanto a transposição do esgoto entre as bacias de esgotamento no sentido das ETEs.

Nesse contexto, as alternativas mais adequadas são as que propõem tratamento do esgoto o mais próximo possível do local de coleta, considerando o menor número de estações elevatórias, a menor extensão das redes coletoras de esgoto e a flexibilidade operacional.

Essas alternativas de concepção subsidiarão a tomada de decisão para ampliação do SES na área de planejamento, especialmente nas áreas não contempladas por essa infra-estrutura, no caso as das bacias 2, 3, 4 e 5.

Embora não tenham sido realizados estudos das condições do solo das áreas indicadas e nem estimados os custos nas alternativas apresentadas, com o trabalho foi possível concluir que a melhor concepção é a apresentada na alternativa 4, que é baseada na implantação de 1 ETE em cada bacia de esgotamento, o que reduzirá os custos de construção da rede coletora (menor extensão e profundidade) e o número e a capacidade de estações elevatórias e de tratamento de esgoto.

Vale citar que essa alternativa evitará a transposição de esgoto sanitário entre diferentes bacias de esgotamento, bem como diminuir distância entre o ponto de geração do esgoto sanitário e o local de tratamento, o que, naturalmente, implica em redução de custos de implantação e de operação.

Também é oportuno observar que as ETEs serão instaladas praticamente eqüidistantes nas Bacias 2, 3 e 4, o que facilitará o encaminhamento dos esgotos e, principalmente, a autodepuração do corpo receptor.

Vale ressaltar que neste trabalho foi criticada a falta de atendimento das recomendações do PDES elaborado em 1987, bem como também foi criticada a concepção do mesmo. Contudo, é inquestionável o avanço e a contribuição desse instrumento de planejamento, sendo que, o correto é a atualização do mesmo, bem como a obrigatoriedade das intervenções (projetos e programas) seguirem essas diretrizes globais, o que é esperado que venha ocorrer nas próximas ações de ampliação do SES no município de Belém.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de Redes de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986a. 10p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9648**: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986b. 8p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9800**: Critérios para Lançamentos de Efluentes Líquidos Industriais no Sistema Coletor Público de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1987. 6p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7229**: Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição dos Efluentes Finais. Rio de Janeiro, 1993. 7p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12267**: Normas para elaboração de Plano Diretor. Rio de Janeiro, 1992.

AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO; PARÁ. Governo; BRASIL. Presidência. Características atuais do transporte público. In: \_\_\_\_\_. **Estudo de viabilidade econômica de projetos para o melhoramento do sistema de transporte da Região Metropolitana de Belém**: relatório final. [Belém], 2003. cap. 7.

\_\_\_\_\_. **Relatório Final do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana de Belém (PDTU)**. Belém, 2001. 1 CD-ROM.

ALEM SOBRINHO, P.A.; TSUTIYA, M.T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Winner Graph, 2000. 547 p.

ANTÔNIO, L.Z. Esgotamento Sanitário Saneamento, Saúde e Qualidade nos Recursos Hídricos. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com.br>>. Acesso em: 10 jul.2005.

ARAÚJO, R. O Sistema de Esgoto Sanitário. In: NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. São Paulo: E. Blucher, 2003. p. 37 -39.

ÁREA de Concessão. Disponível em: <<http://www.gruporede.com.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2005.

AZEVEDO NETO, J.M. et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: E. Blucher, 1998. 669 p.

\_\_\_\_\_. **Projetos de Sistemas de Esgotos Sanitários**. São Paulo: CETESB, 1971.

BYINGTON & CIA. **Relatório de Planejamento das Obras: Abastecimento de Águas de Belém e Esgotamentos Sanitários de Belém - (Bacias 1 e 2)**. Belém: COSANPA, 1962. Projeto aprovado pela SESP.

BARBOSA, Ana Julia Soares; SILVA, Valdinei Mendes da. **Ocupação Urbana e Degradação Ambiental**: a problemática do lançamento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas do município de Belém – PA. 2002. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Pará. Belém, 2002.

BELÉM. Lei nº 7.603, 13 de janeiro de 1993. Disponível em: < [www.belem.pa.gov.br/semma/paginas/plano\\_diretor.htm](http://www.belem.pa.gov.br/semma/paginas/plano_diretor.htm) >. Acesso em: 08 jul. 2005.

BELÉM. Lei nº 7.603, 19 de julho de 1999. Disponível em: < <http://www.belem.pa.gov.br/semma/paginas/lccu.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2005.

BELÉM. Lei Municipal nº 7.806 de 30 de julho de 1996. Disponível em: < [www.belem.pa.gov.br/segep](http://www.belem.pa.gov.br/segep)>. Acesso em: 09 jul. 2005.

BELÉM. Lei Municipal nº 24 de janeiro de 1984. Disponível em: < [www.belem.pa.gov.br/segep](http://www.belem.pa.gov.br/segep)>. Acesso em: 09 jul. 2005.

BELÉM. Prefeitura. **Anuário do município de Belém**. Belém, 2001.

\_\_\_\_\_. **I Curso Internacional de Gestão de Rios Urbanos**. Belém: Secretaria de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, 2000.

\_\_\_\_\_. **Imagens**. Disponível em: <<https://www.belem.pa.gov.br/app>>. Acesso em: 09 jul. 2005.

BORSOI, ZILDA et al. Tratamento de esgoto: tecnologias acessíveis. **Informe infra-estrutura**, n. 16, nov. 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/infra/g7416.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

BRAGA, Roberto. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e o zoneamento urbano. In: CARVALHO, Pompeu F. de; BRAGA, Roberto (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001. p. 95-109.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 08 jul. 2005.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Disponível em: <[http://www.ambiente.sp.gov.br/leis\\_internet/uso\\_solo/parcelamento/lei\\_fed676679.htm](http://www.ambiente.sp.gov.br/leis_internet/uso_solo/parcelamento/lei_fed676679.htm)>. Acesso em: 08 jul. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.785, 29 de janeiro de 1999. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/9785-99.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2005.

BRASIL. Lei Complementar Federal nº 14, de 08 de junho de 1973. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LCP/Lcp14.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp14.htm)>. Acesso em: 09 jul. 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Visão Geral da Prestação dos Serviços de Água e Esgotos: um estrato do diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2004 ou 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis: Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Parceria 21 IBAM-ISER-REDEH, 2000.

\_\_\_\_\_. **Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da agenda 21 brasileira**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2000.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de procedimentos para auditoria no setor saneamento básico**. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho. Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho. Grupo Especial de Apoio à Fiscalização no Setor Saneamento e Urbanismo, 2002.

BROSTEL, R.C.; HARADA, A.L. Análise da Descentralização de Sistemas de Tratamento de Esgotos: uma Aplicação para as Condições do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. 1 CD-ROM.

CAMARGO, M. U. C. **Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão e Saneamento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 224 p.

CAMPOS JÚNIOR, Carlos Teixeira de. A diferença como alternativa para administrar os conflitos nas cidades. **Geografares**, Espírito Santo, v. 1, n. 1, jun. 2000. Disponível em: <<http://www.ufes.br/~geoufes/geografares.html>>. Acesso em: 08 jul. 2005.

CAMPOS J. R. et al. Alternativas para implantação de sistema de esgotamento. In: \_\_\_\_\_. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. São Carlos: Ed. EESC-USP, 2000. Cap 6, p. 99.

CARDOSO, Wilson Benes de Oliveira; VALADARES, Jorge de Campos. O ritmo das transformações, a exclusão, a legislação urbana e a condição humana na cidade. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, mar.

2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v7n2/10250.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2005.

CENSOS demográficos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2003.

CHERNICHARO, C. A. L. (1997). **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: DESA. UFMG, 1997. v. 5, 245 p.

COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PARÁ. **[Bases de dados]**. [Belém], 2003. 1 CD-ROM.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. **[Bases de dados]**. [Belém], 1999. 1 CD-ROM.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. **Plantas e fotografias de levantamentos fotogramétricos**: 1973 e 1977. [Belém], 1978. Escalas: 1 : 2.000; 1 : 10.000; 1 : 50.000.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário de Belém**. Belém, 1984.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Belém**. Belém, 1987.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Programa de Saneamento para População de Baixa Renda, Relatório Final de Implantação** - PROSANEAR, Belém, 1997.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Projeto de Saneamento Para Recuperação das Áreas de Baixadas. Bacia do Una**. Memorial Descritivo. Belém, 1998.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Resumo dos principais serviços executados na Macrodrenagem da Bacia do Una**, 2002.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DO PARÁ. **Programa de Ação Social em Saneamento**, Termo de Referencia - PROSEGE, Belém, 1999.

CORRÊA, A.J.L. Informações Geo-referenciadas, planejamento e sociedade no Pará. **Pará Desenvolvimento**, Belém, n. 29, jan.1996. Edição Especial.

COSTA, S. S. **A Visão da ASSEMAE sobre os principais aspectos conjunturais que interessam ao Saneamento Ambiental nos Municípios Brasileiros**. Guarulhos/SP: Associação Nacional dos Serviços Municipais de

Saneamento, 2005. Disponível em: [www.assemae.org.br/](http://www.assemae.org.br/). Acesso em: 02 jul. 2005.

DACACH, N.G. **Saneamento Básico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1979. 293 p.

\_\_\_\_\_. **Sistemas Urbanos de Esgoto**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. 257 p.

ESTIMATIVA da População. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 maio 2005.

ESTAÇÃO Gasômetro. Disponível em: <http://www.oliberal.com.br/turismo> . Acesso em: 07 jun. 2005.

ESGOTAMENTO Sanitário: Prioridade em uma Administração Municipal. Disponível em: <http://www.saneamentobasico.com.br>. Acesso em: 10 jul. 2005.

ESTABELECIMENTOS de ensino. Disponível em: <http://www.seduc.pa.gov.br>. Acesso em: 27 out. 2005.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**. João Pessoa: Ed. Universitária, 1997. 435 p.

FRIZZO, E. E.; EKMAN, M.C. S. (2003) Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Caxias do Sul. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO, 33., 2003, Santo André. Santo André: ASSEMAE, 2003.

FUNASA. **Apresentação de Projetos de Sistema de Esgotamento Sanitário**: Orientações Técnicas. 2. ed. Brasília, 2003. 24 p.

GALLEGOS, P.C. **Elevatórias nos Sistemas de Esgotos**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003. 287 p.

GALERIAS. Disponível em: <http://www.pa.gov.br>. Acesso em: 26 jun. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Desenvolvimento Urbano e Gestão Municipal**: plano diretor em municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 1991**: características da população e dos domicílios (resultados do universo). Rio Janeiro, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**: características da população e dos domicílios (resultados do universo). Rio Janeiro, 2001.

JESUS, Raimunda Maria de. **O Plano diretor urbano como instrumento de gestão municipal: perspectivas e potencialidades de planejamento no município de Ananindeua-Pará.** 2004. 55 f. Monografia (Especialização) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará. Belém, 2004.

LOPES, William Galvão. **Plano Diretor Urbano: Desafios para Elaboração e Implantação.** 2004. Disponível em: <[http://www.seplog.es.gov.br/v2/apresentacao\\_6.pdf](http://www.seplog.es.gov.br/v2/apresentacao_6.pdf)>. Acesso em: 08 jul. 2005.

LEME, F.P. **Planejamento e Projeto dos Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários.** São Paulo: CETESB, 1977. 213 p.

MADEIRA, J. L; SIMÕES, C. C.S. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, v.33, n.129, p.3-11, jan./mar. 1972.

MENDONÇA, S.R. et al. **Projeto e construção de Redes de Esgotos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, 1987. 452 p.

MENDES, Frederico Cunha. **Avaliação da pós-implantação do sistema de coleta condominial, tipo fundo de lote, do setor Guanabara – Região Metropolitana de Belém.** 2003. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2003.

METCALF & EDDY. **Ingenieria sanitária – redes de alcantarillado y bombeo de águas residuales.** Barcelona: E. Labor, 1985. 446 p.

MATTA, Milton Antônio da Silva et al. **Fundamentos básicos para a utilização das águas subterrâneas no abastecimento da Região Metropolitana de Belém.** [Belém]: UFPA.CG. Departamento de Geologia, 2004.

MOVIECOM. Disponível em: <<http://www.moviecom.com.br>>. Acesso em: 25 jun. 2005.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 2003. 356 p.

MUNICÍPIO de Belém. Disponível em: <<http://www.governodopara.pa.gov.br/conhecaopara/belem.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2005.

MUSEUS. Disponível em: <<http://www.pa.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

NOSSAS Praças. Disponível em: <<http://www.belemgovernodopara.pa.gov.br/conhecaopara/belem.asp>>. Acesso em 25 jun. 2005.



NOSSOS Artigos. **A sustentabilidade do tratamento centralizado de esgotos.** Disponível em: <<http://www.acquabrasilis.com.br/artigos.html>> Acesso em: 08 jul. 2005a.

NOSSOS Artigos. **A descentralização do tratamento dos esgotos.** Disponível em: <<http://www.acquabrasilis.com.br/artigos.html>> Acesso em: 08 jul. 2005b.

NUVOLARI, A. (2003). O lançamento *in natura* e seus impactos. In: \_\_\_\_\_. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola.** São Paulo: E. Blucher, 2003. p. 171 – 197.

OLIVEIRA, Josafá Ribeiro de (Org.). **Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências.** [Belém]: CPRM, 2002.

OLIVEIRA; Janete M. Gentil Coimbra de; FRANÇA; Carmena Ferreira de; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. **A verticalização em Belém nos últimos trinta anos:** a produção de espaços segregados e as transformações socio-ambientais. Disponível em: <[http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo1/E1\\_CNGG.htm](http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo1/E1_CNGG.htm)>. Acesso em: 06 jul. 2005.

PARÁ. Lei Complementar nº 27, de 19 de outubro de 1995. Disponível em: <<https://www.alepa.pa.gov.br>>. Acesso em: 09. jul. 2005.

PEREIRA, J.A.R. Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas. In: PEREIRA, J.A.R. (Org.). **Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas: Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém.** Belém: NUMA/UFPA, 2003. Ed. UFPA. p. 23 – 35.

PEREIRA, J. A. R. (Coord.). **Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém – PA.** Belém: NUMA/UFPA, Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento, 2004. v. 1, 104 f.

PEREIRA, J.A.R.; MENDES, F.C. Sistema de Esgotamento Sanitário. In: PEREIRA, J.A.R. (Org.). **Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas: Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém.** Belém: NUMA/UFPA, Ed. UFPA, 2003. p. 37 - 52.

PEREIRA, J.A.R.; SOARES, J.M. **Apostila de Concepção, projeto e Dimensionamento de Redes Coletoras de Esgoto.** Belém, 2005.

PEREIRA, J.A.R. et al. Soluções para o Sistema de Abastecimento de Água para Região Metropolitana de Belém – PA. In: CONGRESSO REGIONAL – IV REGION – AIDIS, 5. 2005, Assunção. **Anais ....** Assunção: AIDIS, 2005. 1 CD-ROM.

PEREIRA, J. A. R. Alternativas para a coleta e tratamento das águas residuárias da Região Metropolitana de Belém. In: **SEMINÁRIO BRASIL-**

**ALEMANHA DE SANEAMENTO BÁSICO**, 1994, Belém. Anais... Belém: UFPA. Casas de Estudos Germânicos, 1994.

PINTO, WALTER. **As causas da migração interna em Belém**. Disponível em: <[www.ufpa.br/beiradorio/arquivo/beira17/noticias/noticia5.html](http://www.ufpa.br/beiradorio/arquivo/beira17/noticias/noticia5.html)>. Acesso em: 18 jun. 2005.

\_\_\_\_\_. Planejamento dos projetos viários. In: \_\_\_\_\_. **Estudo de viabilidade econômica de projetos para o melhoramento do sistema de transporte da Região Metropolitana de Belém**: relatório final. [Belém], 2003. cap. 12.

PRINCIPAIS Distritos Industriais do Pará. Disponível em: <<http://www.seicom.pa.gov.br/dirai/distritos.htm>>. Acesso em: 16 maio 2005.

PROGRAMAS. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/semma/paginas/proj\\_belem.htm](http://www.belem.pa.gov.br/semma/paginas/proj_belem.htm)>. Acesso em: 2 maio 2005.

PROJEÇÃO Populacional. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/downloads/quarto/aula6.doc>>. Acesso em: 14 maio 2005.

REGIÃO Metropolitana de Belém. Disponível em: <<http://www.pa.gov.br>>. Acesso em: 06 jul. 2004.

ONZE anos depois: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico revela quais os avanços e retrocessos que o país apresentou desde 1989. **Revista Cidades do Brasil**, n. 31, abr. 2002. Disponível em: <<http://www.cidadesdobrasil.com.br>>. Acesso em 14 maio 2005.

RIBEIRO, Luiz César de Queiroz; CARDOSO, Adauto Lucio Cardoso. Plano Diretor e gestão democrática da cidade. In: GRAZIA, Grazia de (Org.). **Plano Diretor, instrumento de reforma urbana**. Rio de Janeiro: FASE, 1990. p 70-87.

SANTOS, Luciano dos; FERREIRA Denise Labrea. Sistema de Informação Geográfica Aplicado ao Planejamento de Trânsito e Transportes. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 05, jun. 2004. Disponível em: <[http://www.ig.ufu.br/revista/volume12/artigo05\\_vol12.pdf](http://www.ig.ufu.br/revista/volume12/artigo05_vol12.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2005.

SILVA, José Afonso da. **Direito Urbanístico Brasileiro**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Malheiros, 1997.

SANTANA, Elaine; PROENÇA, Vanja Bordallo. **Coletânea de Legislação Urbanística do Município de Belém**. Disponível em: <<http://www.pa.gov.br>>. Acesso em: 26 jun. 2005.

SETORES Industriais. Disponível em: <[http://www.cdpara.pa.gov.br/economia/industr/in\\_setor.html](http://www.cdpara.pa.gov.br/economia/industr/in_setor.html)>. Acesso em: 23 abr. 2005.

SISTEMA de informação. Disponível em: <<http://www.saude.bel.pa.gov.br>>. Acesso em: 16 jun. 2005.

SOARES, J.M. **Importância do Traçado no Custo de Construção da Rede Coletora de Esgoto Sanitário**. Belém. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2004.

SOARES, J.M. et al. Caracterização da Qualidade da Água do Canal Água Cristal para Subsidiar a Avaliação da Implantação da ETE – Tavares Bastos: Bacia do Una Belém – Pa. In: URBENVIRON. CONGRESSO INTERNACIONAL EM PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL, 2005, Brasília. Aprovado artigo completo para o evento que ocorrerá de 11 a 15 de setembro de 2005.

TRINDADE JR, Sanit Clair. **A Cidade Dispersa: Os Novos Espaços de Assentamentos em Belém e a Reestruturação Metropolitana**. 1998. Tese (Doutorado) – USP. São Paulo, 1998.

TRINDADE JR, Saint Clair. **Produção e Diversidade do Uso do Solo Em Áreas de Baixada Saneada**. 1993. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará. Belém, 1993.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gerenciamento da drenagem urbana**. 2005. Disponível em: <http://www.labdren.ufsc.br>. Acesso em: 08 jul. 2005.

UNIDADES de conservação da natureza. Disponível em: <[http://www.sectam.pa.gov.br/MeioAmbiente/Und\\_Cons.htm](http://www.sectam.pa.gov.br/MeioAmbiente/Und_Cons.htm)>. Acesso em 09 jun. 2004.

VAN HANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos – Um Manual para Regiões de Clima Quente**. Campina Grande: Epgraft, 1994.

ZUQUIM, Fernanda; BENEDICTIS, Guilherme de. **A Urbanização Brasileira**. Disponível em: < [http://www2.uol.com.br/aprendiz/n\\_simulado/revisao/revisao05/er030005.pdf](http://www2.uol.com.br/aprendiz/n_simulado/revisao/revisao05/er030005.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2005.

ZMITROWICZ, Witold; ANGELIS NETO, Generoso de. **Infra-estrutura urbana: Texto técnico**. São Paulo: Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia e Construção Civil, 1997. TT/PCC/17. Disponível em: < <http://pcc2560.pcc.usp.br/Textos%20Tecnicos/TT17.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2005.