

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RONIELLE GOMES ARAUJO

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO NO
CAMPUS BACANGA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RONIELLE GOMES ARAUJO

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO NO
CAMPUS BACANGA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, referente ao Trabalho de Conclusão de Curso II. Orientadora: Prof. Dr^a.: Solange da Silva Nunes Boni.

SÃO LUÍS

2020

FICHA GERADA POR MEIO DO SIGAA/BIBLIOTECA COM DADOS
FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A). NÚCLEO INTEGRADO DE
BIBLIOTECAS/UFMA

Gomes araujo, Ronielle.

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO
NO CAMPUS BACANGA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO /
Ronielle Gomes araujo. - 2020.

61 f.

Orientador(a): Profa. Dra. Solange da Silva Nunes Boni.
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2020.

1. Estação de Tratamento. 2. Rede Coletora de Esgoto.
3. Tratamento de Esgoto. I. da Silva Nunes Boni, Profa.
Dra. Solange. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE COLETORA DE ESGOTO NO
CAMPUS BACANGA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

RONIELLE GOMES ARAUJO

**Trabalho de Graduação de Conclusão de Curso II aprovada pela Banca Examinadora,
constituída por:**

Prof.^a Dr.^a.: Solange da Silva Nunes Boni
Orientadora - UFMA / MA

Prof. Dr.: Paulo Cesar de Oliveira Queiroz
1º Examinador - UFMA / MA

Prof.^a Msc.: Aline do Vale Figueiredo Barbosa
2º Examinadora - UFMA / MA

SÃO LUÍS

2020

Dedicatória

Aos meus pais, minha eterna gratidão.

Agradecimentos

Sou grata pela instituição de ensino UFMA pela formação Acadêmica, e pela experiência propiciada a mim, a minha orientadora pela paciência e incentivo para elaboração deste trabalho.

Agradeço aos demais professores da instituição pelo conhecimento e experiências repassadas ao longo dos anos.

A minha Família pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos Ludmilla Ferreira e Vanderson Santos pelo apoio e acolhida em São Luís.

A Prefeitura do *Campus* Universitário pela liberação do uso dos projetos.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor a implantação da rede coletora de esgoto no Campus Bacanga, com o intuito de destinar adequadamente o efluente produzido pela UFMA, minimizando a deterioração do meio ambiente. A metodologia adotada no presente trabalho tem características de uma abordagem quantitativa que empregou medidas padronizadas e sistemáticas facilitando a análise dos dados, e gerando conhecimento para a solução de um problema específico. A pesquisa apresenta uma proposição de uma rede de coleta de esgoto, mitigando assim o prejuízo à saúde da população local, através de uma melhor destinação dos esgotos gerados no Campus Bacanga. A escolha da área de pesquisa está diretamente ligada com a busca da melhoria da qualidade de vida da comunidade ao redor, sendo o trabalho de grande importância para a comunidade acadêmica. Durante o desenvolvimento do trabalho, obteve-se uma estimativa populacional da comunidade acadêmica usando para isso um método de estimativa populacional, como resultados alcançados obteve-se um memorial de cálculo contendo o dimensionamento de um dos trechos da rede coletora de esgoto, ao final foi realizado uma verificação dos resultados encontrados no dimensionamento, após o dimensionamento da rede coletora foi apresentado uma estimativa de custos de uma proposta de implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto, para a estimativa dos custos foi adotado dois métodos, o primeiro considerando ETE's já implantadas em cidades brasileiras, com uma população que aproxima-se da população da Cidade Universitária, e um outro método o da Agência Nacional de Águas, que traz uma estimativa de custos para os diferentes tipos de tratamento de esgoto.

Palavras-chave: Estação de Tratamento. Rede Coletora de Esgoto. Tratamento de Esgoto.

ABSTRACT

This work aims to propose the implementation of the sewage collection network at Bacanga Campus, in order to adequately allocate the effluent produced by UFMA, minimizing the deterioration of the environment. The methodology adopted in the present study has characteristics of a quantitative approach that used standardized and systematic measures facilitating data analysis, and generating knowledge to resolve a specific problem. The research proposes a sewage collection network, thus mitigating the damage to the health of the local population, through a better disposal of sewage generated at the Bacanga Campus. Choosing this research area is directly linked to the search for improvement of the surrounding community's life quality, so this work is of great importance to the academic community. During the development of this research, a population estimate was obtained from the academic community using a method of population estimation and when the results were obtained, a calculation memorial was acquired and contained the dimension of one of the sewage collection network's ranges. At the end of the verification, the results found in the measurement and sizing the collection network, a proposal was presented with a cost estimate for the implementation of the Sewage Treatment Plant. For the estimation of costs, two methods were adopted: the first considering the Effluent Treatment Station (ETE) is already implemented in Brazilian cities, with a population similar to that of the University City; and another method related to the National Water Agency (ANA), which brings estimate costs for different types of sewage treatment.

Keywords: Treatment station. Sewer Collection Network. Sewage Treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos	21
Figura 02 - ETE do Bacanga	24
Figura 03 - Sistema de Esgotamento Unitário.....	26
Figura 04 - Sistema Separador Parcial.	26
Figura 05 - Sistema de Esgoto Separador Absoluto	27
Figura 06 - Partes constituintes de um sistema de esgoto sanitário.....	29
Figura 07 - Universidade Federal do Maranhão (Campus Bacanga)	39
Figura 08 - Fossa séptica na Universidade Federal do Maranhão (Campus Bacanga)	41
Figura 09 - Estação de tratamento do Campus Bacanga.	42
Figura 10- Estação de tratamento Congonha em Ponta Grossa - Paraná	52
Figura 11 - Tratamento Primário	54
Figura 12 - Esquema usando Reator UASB	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Investimentos realizados em saneamento no Brasil em 2017	18
Tabela 02 - Situação dos PMSB por Região	20
Tabela 03 - Dados do Sistema de Esgoto de São Luís em 2017	23
Tabela 04 - Quantitativo de cursos presenciais oferecidos por Campus, 2002-2016.....	40
Tabela 05 - Relação de cursos previsto no Plano de Desenvolvimento Institucional de 2012-2016	40
Tabela 06 - Dados do quantitativo populacional no Campus Bacanga em 2018.	42
Tabela 07 - Dados quantitativos populacionais da UFMA (Campus Bacanga).....	43
Tabela 08 - Custos de implantação de sistemas com reatores Reator Anaeróbico de fluxo acendente (UASB) + pós-tratamento.....	52
Tabela 09 - Custo médio de implantação de uma ETE	53
Tabela 10 - dados usados para dimensionamento dos reatores	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01- Demonstrativo sobre os PMSB no Brasil.	19
Gráfico 02 - Índice de Atendimento de esgoto.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Água
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CF	Coliformes Termotolerantes
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CP	Caixa de passagem
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
K1	Coefficiente de máxima vazão diária
K2	Coefficiente de máxima vazão horária
K3	Coefficiente de mínima vazão horária
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OMS	Organização Mundial de Saúde
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PMSB	Planos Municipais de Saneamento Básico
PRECAM	Prefeitura do Campus Universitário
PV	Poço de Visita
SINFRA	Superintendência de Infraestrutura
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TIL	Tubo de inspeção e limpeza
TL	Terminal de limpeza
UASB	Reator Anaeróbico de fluxo acendente
UFMA	Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. JUSTIFICATIVA	16
1.2. OBJETIVOS	16
1.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2. SANEAMENTO BÁSICO.....	18
2.1. Saneamento Básico no Brasil e Maranhão	18
2.2. Dados quantitativos do Saneamento no Maranhão.....	22
2.3. Realidade do Saneamento em São Luís - MA	22
2.4. Sistema Bacanga de tratamento de esgoto	24
2.5. Sistema de esgotamento sanitário	25
2.5.1. Tipos de sistemas de esgotamento sanitário.....	25
2.5.2. Principais elementos que compõem um sistema de esgoto separador absoluto.....	28
2.5.3. Critérios de projeto para concepção da Rede Coletora de Esgoto	30
3. PARÂMETROS ADOTADOS NO PROJETO	30
3.1. Contribuição <i>per capita</i>	31
3.2. Estudo Populacional	32
3.3. Coeficiente de variação de vazão.....	33
3.4. Determinação das taxas de contribuição.....	33
3.5. Determinação das vazões de dimensionamento de cada trecho.....	34
3.6. Tensão trativa.....	35
3.7. Critérios de dimensionamento para cálculo hidráulico da rede	35
3.8. Recobrimento.....	37
4. MÉTODO DE PESQUISA	38
4.1. Abordagem Metodológica	38
4.2. Caracterização do <i>Campus</i> Universitário	38
4.3. Estimativa da população fixa.....	42
4.4. Caracterização dos Parâmetros de dimensionamento.....	43
5. ANÁLISES E RESULTADOS	44
5.1. Memorial de cálculo da rede coletora de esgoto.....	44
5.2. Dimensionamento das vazões do (Trecho 1-1).....	46
5.3. Cálculo das declividades.....	47
5.4. Cálculo das lâminas e velocidade	48
5.6. Verificação dos resultados encontrados no dimensionamento do trecho 1-1.....	50

5.7. Proposta de concepção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	50
5.8. Estimativa de custos da Implantação da ETE, tratamentos mínimos necessários, características de funcionamento e manutenção.	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é o gerenciamento ou controle dos fatores físicos que podem exercer efeitos nocivos ao homem, prejudicando seu bem-estar físico, mental e social. Já de acordo com a N.º 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que o define como o “conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:” abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais.

Uma vez que esses serviços contribuem para a melhoria da qualidade de vidas da população local, sobretudo preservação dos recursos hídricos, na despoluição dos rios, na expansão do turismo, na valorização dos imóveis, na melhoria da saúde infantil, diminuição da mortalidade infantil, dentre outros aspectos.

No entendimento de (JUNIOR et al., 2017), o crescimento populacional e o processo de urbanização desordenado, tem provocado o surgimento de diversos impactos ambientais adversos, como o conseqüente aumento na geração de esgotos, o que vêm ocasionando um grande desafio para as cidades brasileiras, principalmente nas cidades do Nordeste, pela deficiência nos serviços de esgotamento sanitário, especialmente nos serviços de coleta e o de tratamento dos esgotos sanitários, o que acaba tornando a disposição inadequada dos esgotos sanitários nos corpos hídricos receptores.

A poluição das águas, é caracterizada pela introdução de qualquer matéria ou energia responsável pela alteração das propriedades físico-químicas de um corpo d'água. Os principais responsáveis por esse tipo de poluição são os lançamentos de efluentes industriais, agrícolas, comerciais e esgotos domésticos, além de resíduos sólidos diversos.

A Universidade como um local de grande circulação de pessoas, tem certa contribuição na geração de esgotos domésticos, mesmo sendo um ambiente em que é desenvolvido conhecimento teórico e prático de como deve ocorrer de forma correta, processos de controle de doenças, uso dos recursos naturais, tratamento adequado dos resíduos gerados, assim como uma destinação final pós tratamento de resíduos gerados, não é possível ver um engajamento de ações voltadas para esse setor.

Inseridos nesse contexto, observou-se a importância da implantação de uma rede de coleta de esgoto na Universidade Federal do Maranhão (UFMA) *Campus* Bacanga, a qual contribuirá para a diminuição do prejuízo a saúde e a qualidade de vida da comunidade local.

1.1. JUSTIFICATIVA

A escolha da área de pesquisa está diretamente ligada ao tema saúde pública, assim como a falta de manejo dos resíduos sólidos, abastecimento de água, tratamento de esgoto, esgotamento sanitário, limpeza urbana que são realizados de formas inadequadas, a falta desses tipos de tratamentos pode afetar cada vez mais a qualidade das águas brasileiras, tornando-se um problema ambiental, social e de saúde pública.

O levantamento realizado em 2011, intitulado Ranking do Saneamento apresentou que a coleta de esgotos chegou a 61,40% da população nas 100 maiores cidades do Brasil, porém esse percentual nas demais localidades foi somente de 48,1% (TRATA BRASIL, 2017).

Com isso, percebeu-se a necessidade do acesso ao saneamento básico, pois a falta desses serviços podem causar degradação ao meio ambiente, proliferação de doenças de veiculação hídrica, poluição do solo, contaminação dos lençóis freáticos, levando à morte de animais e reduzindo a quantidade de água potável disponível.

Os benefícios esperados com os serviços de saneamento, são a melhoria dos índices de saúde pública e da qualidade da água, atendendo aos padrões de qualidade mínimos, definidos pela legislação específica do setor, com a finalidade de garantir a sustentabilidade dos ecossistemas. Nos últimos anos, as principais normas que embasam o setor de saneamento estão representadas pela Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes básicas para os serviços de saneamento.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral propor a implantação de uma rede coletora de esgoto no *Campus* Bacanga da Universidade Federal do Maranhão. Os objetivos específicos são:

- a) Propor uma destinação adequada para o efluente produzido pela UFMA – *Campus* Bacanga.
- b) Minimizar a deterioração do meio ambiente, através da proposição de uma rede coletora de esgoto.
- c) Mitigar o prejuízo à saúde da população local através de uma melhor destinação dos esgotos gerados.

1.3. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa está delimitada ao campo do Saneamento Básico, limitando-se a um tipo de sistema de esgotamento sanitário, o separador absoluto, através de um estudo de caso na Universidade Federal do Maranhão. Além disso, a pesquisa tem como proposta a implantação de uma rede coletora de esgoto no *Campus*, em substituição do sistema atual de coleta de esgoto da Universidade.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento do trabalho, realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica para a fundamentação teórica e criação de uma base conceitual sobre assunto.

O Item 1 aborda sucintamente a contextualização do trabalho, as justificativas da pesquisa, síntese da metodologia usada, e os objetivos do trabalho.

O Item 2 apresenta a revisão bibliográfica focando em apenas um dos eixos do saneamento básico: trazendo a realidade do sistema de tratamento de esgoto no Brasil, realidade do saneamento em São Luís – MA, sistema de esgotamento sanitário, tipos de sistemas de esgotamento sanitário, unitário, separador parcial, e separador absoluto, principais elementos que compõem um sistema de esgoto separador absoluto, e por fim os critérios de projeto para concepção da rede coletora de esgoto.

O Item 3 apresenta algumas definições de parâmetros utilizados no dimensionamento de uma rede coletora de esgoto, como: a importância da contribuição *per capita*, coeficiente de variação de vazão, determinação das taxas de contribuição, determinação das vazões de dimensionamento de cada trecho, tensão trativa, e o recobrimento máximo e mínimo a ser adotado.

O Item 4 descreve a metodologia adotada bem como, o local de estudo, a sua importância para a comunidade local, a contribuição do mesmo para o desenvolvimento de pesquisa no Estado do Maranhão, para isso realizou-se uma caracterização dos parâmetros adotados no dimensionamento da rede coletora, e uma descrição das vazões médias iniciais de esgoto.

O Item 5 descreve a análise e resultados, dos quais constam do memorial de cálculo da rede coletora de esgoto, e apresenta o dimensionamento de um dos trechos da rede, com os

cálculos de vazões médias de início e final de plano, o cálculo da taxa de contribuição linear de início e final de plano, as vazões de montante, jusante e de projeto, além das declividades do terreno e do coletor, o cálculo das lâminas, velocidade e profundidade. Realizou-se também uma verificação se o trecho calculado atende os parâmetros recomendados pela Norma. Para fins didáticos é apresentado somente um trecho da rede coletora, os demais encontram-se no anexo 01 do trabalho. O último Item traz às considerações finais do trabalho desenvolvido, e as sugestões de melhorias propostas para o *Campus* Universitário.

2. SANEAMENTO BÁSICO

2.1. Saneamento Básico no Brasil e Maranhão

Os serviços de Saneamento Básico no Brasil continuam sendo um enorme desafio, fato este constatado através de uma análise pelo Instituto Trata Brasil, onde é possível verificar que o País está muito distante de outros países no quesito saneamento. Verificou-se que mesmo com as Leis existentes, que buscam garantir que 100% da população brasileira tenha acesso ao abastecimento de água tratada, à coleta e ao tratamento dos esgotos, a realidade do saneamento no Brasil ainda é precária.

Pelo impacto na qualidade de vida, na saúde, na educação, no trabalho e no ambiente, o saneamento básico envolve a atuação de múltiplos agentes em uma ampla rede institucional. O Brasil, é marcado por uma grande desigualdade e por um grande deficit ao acesso, principalmente em relação à coleta e tratamento de esgoto.

A Tabela 01 traz um demonstrativo dos investimentos realizados em 2018, de acordo com a destinação e aplicação dos investimentos, as informações foram fornecidas pelos prestadores de serviços participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Tabela 01- Investimentos realizados em saneamento no Brasil em 2018

Macrorregião	Despesas capitalizáveis	Água	Esgotos	Outros	Total	
	(R\$ mi)	(R\$ mi)	(R\$ mi)	(R\$ mi)	(R\$ mi)	(%)
Norte	3,3	246,8	137,9	160,7	548,7	4,2%
Nordeste	128,2	1.363,8	804,9	93,6	2.390,4	18,2%
Sudeste	254,6	2.834,9	2.418,9	1.435,1	6.943,5	52,8%
Sul	40,8	808,9	928,3	292,2	2.070,3	15,7%
Centro-Oeste	68,1	499,4	453,2	187,0	1.207,7	9,2%
Total (R\$ mi)	495,0	5.753,9	4.743,1	2.168,6	13.160,6	100,0%
Total (%)	3,8%	43,7%	36,0	16,5	100,0	-

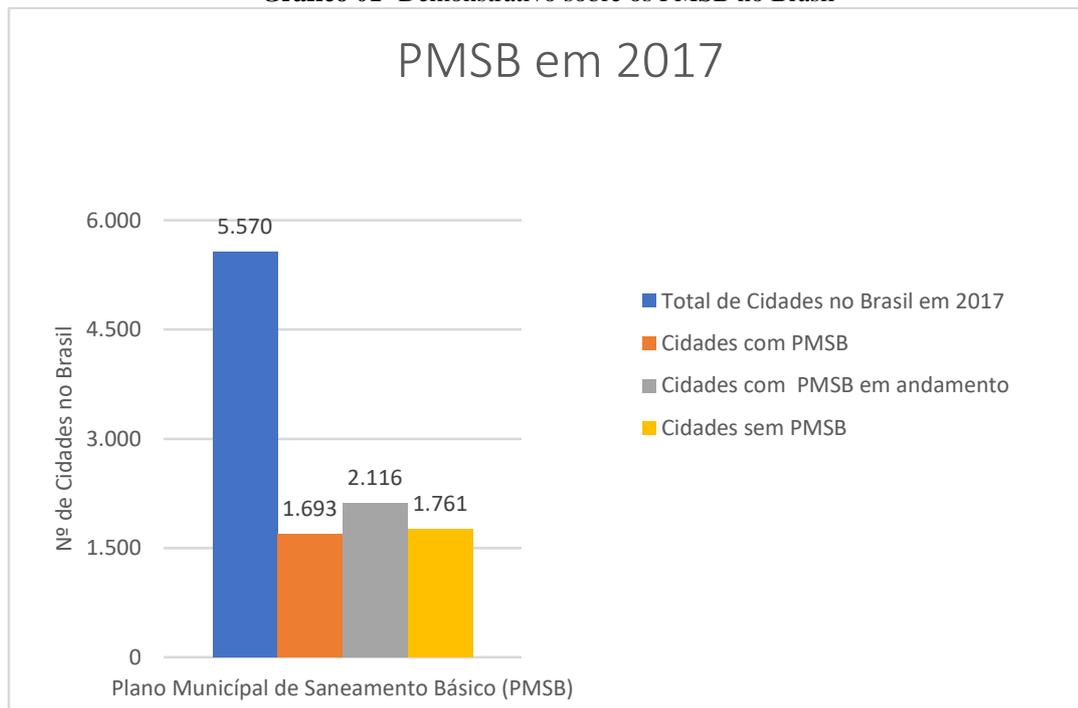
Fonte: Diagnóstico SNIS AE, 2018.

Além do SNIS uma outra organização que monitora o saneamento no Brasil é o Instituto Trata Brasil, uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público – (OSCIP), formado por empresas com interesse nos avanços do saneamento básico e na proteção dos recursos hídricos do país.

Com a implantação da Lei 11.445/2007 (Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico), o setor de saneamento ganhou diretrizes que regulamentam e estimulam o acesso a esses serviços básicos para toda a população. Uma das obrigatoriedades mais importantes previstas na Lei é a que os municípios brasileiros elaborem seus Planos Municipais de Saneamento Básico – PMSB.

Dados publicados pelo Ministério das Cidades em 2017, sobre o Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil revelam que, das 5.570 cidades brasileiras, apenas 1.693 (30%) realizaram seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), sendo que apenas 38% destas cidades declararam que estão com os planos em andamento e 1.761 (32%) das cidades ainda não forneceram seus PMSB, (ver Gráfico 01).

Gráfico 01- Demonstrativo sobre os PMSB no Brasil



Fonte: Panorama dos PMSB, 2017

Ainda segundo o Ministério das Cidades em 2017, os únicos três estados onde mais de 50% dos municípios fizeram seus PMSB foram Santa Catarina (86%), São Paulo (64%) e o Rio Grande do Sul (54%). Em 15 estados, menos de 20% dos municípios fizeram os Planos, o que mostra uma certa distância para atingir a obrigatoriedade da Lei. Em número de cidades, o Estado de São Paulo foi o que mais avançou na elaboração dos planos municipais de

saneamento básico, ou seja, dos 645 municípios paulistas cerca de 411 cidades apresentaram o PMSB. Pelos dados do SNIS, verifica-se que os maiores déficits estão nos estados do Norte, especialmente no Amapá (0%), Pará (15%) e Rondônia (10%). A Tabela 02 apresenta um mapeamento sobre os PMSB, das regiões brasileiras.

Tabela 02 - Situação dos PMSB por Região

Situação	Inconsistência	Possui Plano	Plano em Elaboração	Sem informação	Total
Norte	8	99	182	162	451
Nordeste	8	184	805	797	1794
Centro-Oeste	13	54	295	104	466
Sudeste	70	662	561	375	1668
Sul	21	693	248	229	1191
Brasil	120	1692	2091	1667	5570

Fonte: Panorama dos PMSB, 2017.

O PMSB deve atender quatro grandes áreas, o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Para a elaboração do PMSB é necessário que os representantes governamentais tenham conhecimento do diagnóstico dos serviços de água e esgoto de seus municípios.

De acordo com o (Diagnóstico SNIS AE, 2018), o atendimento por redes de esgotos, o contingente de população urbana atendida alcança 105,5 milhões de habitantes, um incremento de 2,0 milhões de novos habitantes atendidos, crescimento de 1,9%, na comparação com 2017. Já o índice médio de atendimento é de 60,9% nas áreas urbanas das cidades brasileiras, destacando-se a região Sudeste, com média de 83,7%.

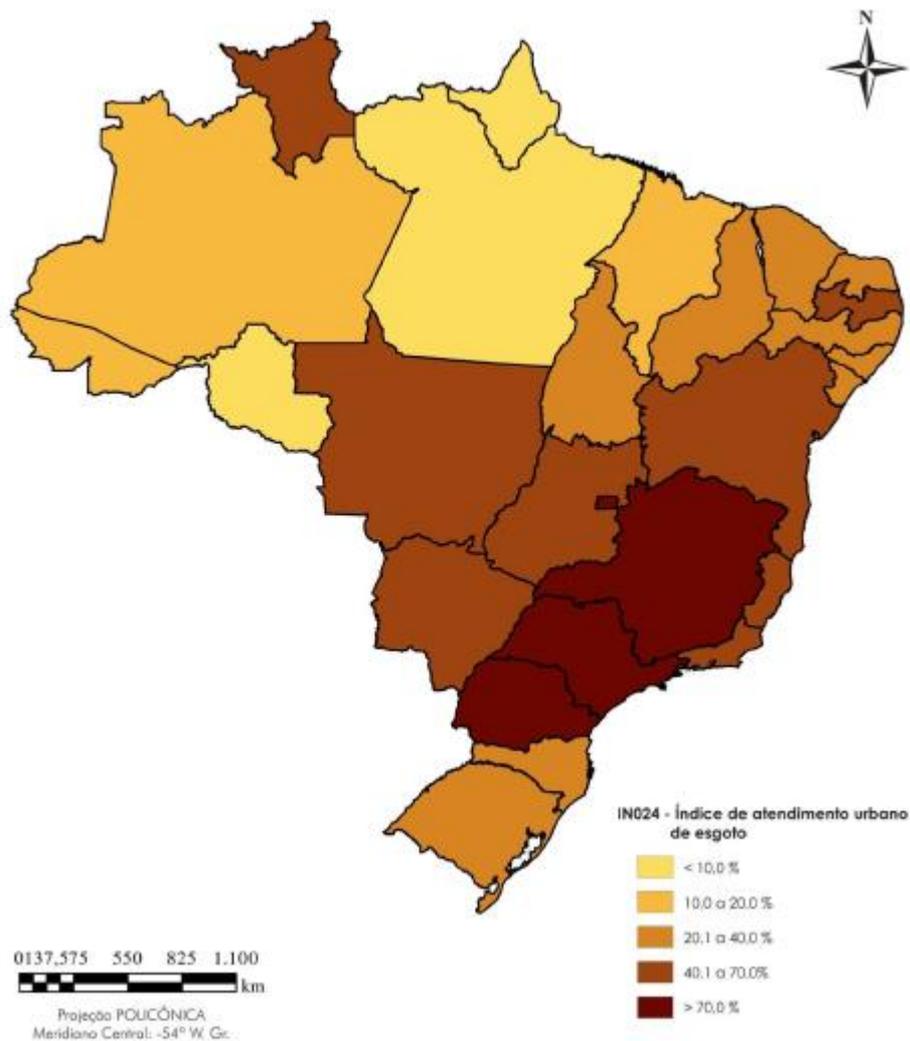
Segundo o (Diagnóstico SNIS AE, 2018), o índice médio de atendimento urbano com rede coletora de esgotos aponta valores acima de 70% apenas no Distrito Federal e em três estados: São Paulo, Paraná e Minas Gerais, mesmas Unidades da Federação desde 2014. Na faixa de 40% a 70%, aparecem outros oito estados: Rio de Janeiro, Roraima, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Bahia, Goiás, Paraíba, mesmos estados desde 2016, e Mato Grosso que, em 2017, estava na faixa de 20% a 40%; na faixa logo abaixo, de 20% a 40%, situam-se nove estados: Rio Grande do Sul, Tocantins, Ceará, Sergipe, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Alagoas, Santa Catarina, mesmos estados de 2016, e Piauí que, em 2017 estava na faixa de 10% a 20%.

Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do país chega a 46,3% segundo o Diagnóstico SNIS AE, 2018, para a estimativa dos esgotos gerados e 74,5% para os

esgotos que são coletados. Cabe ressaltar, que o volume de esgotos tratados foi de 4,18 bilhões de m³ em 2017 para 4,30 bilhões de m³ em 2018, correspondendo a um incremento de 2,9%.

Com relação ao atendimento por rede coletora de esgoto, o Estado do Maranhão, encontra-se na penúltima faixa, ou seja, atende entre de 10% a 20%, conforme apresentado na Figura 01, juntamente dois outros estados: Acre e Amazonas. Por fim, na menor faixa, inferior a 10%, há três estados: Pará, Amapá e Rondônia.

Figura 01 - Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos



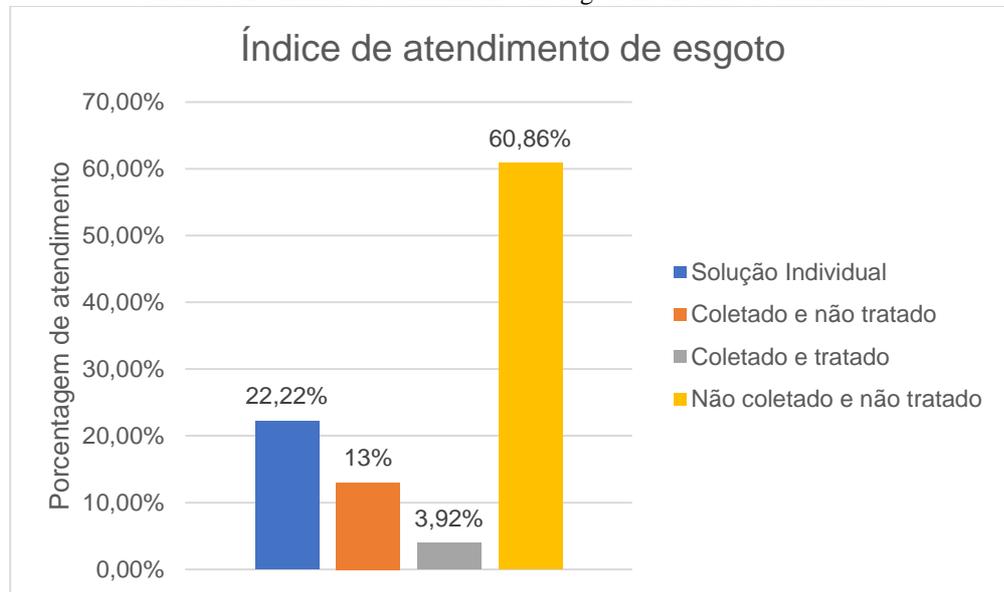
Fonte: Diagnóstico SNIS AE, 2018.

A Agência Nacional de Água (ANA), realizou em 2013 através do Atlas dos esgotos, um estudo abrangente da situação vivenciada, quanto ao esgotamento sanitário de todas as sedes municipais do país e suas implicações na qualidade dos corpos d'água receptores.

Para o estado do Maranhão, a agência apresentou dados sobre o índice de coleta de esgoto nas cidades, além dos tipos de soluções que são empregadas para o tratamento de esgoto,

cuja porcentagem de esgoto tratado é apresentada no Gráfico 02. Cabe ressaltar que o estudo também apresentou o quantitativo de soluções individuais como, por exemplo o uso de fossas sépticas.

Gráfico 02 - Índice de atendimento de esgoto no Estado do Maranhão



Fonte: ANA, 2013.

2.2. Dados quantitativos do Saneamento no Maranhão

As informações mencionadas a seguir sobre o estado do Maranhão, fazem parte do banco de dados do site do SNIS, as quais são coletadas anualmente e provêm de prestadores de serviços, que são encarregados da gestão dos serviços de saneamento, sendo o banco de dados totalmente pública e disponibilizado gratuitamente, o ano de referência é 2018:

- ✓ Havia um total de 159.776 ligações ativas de esgoto;
- ✓ Com uma extensão total da rede coletora de esgoto, de 1.482,17 Km;
- ✓ A rede coletora de esgoto coletava cerca de 45.720,90 m³ de esgoto;
- ✓ Desse total que era coletado era tratado apenas 20.190,31 m³ de esgoto;
- ✓ População atendida era de 825.555 habitantes.

2.3. Realidade do Saneamento em São Luís - MA

A cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, pertencente a região Nordeste também apresenta um cenário crítico com relação ao saneamento, assim como as demais cidades do Nordeste. Segundo levantamento de dados realizado pelo SINS, em 2018, somente

28% dos nordestinos têm acesso à coleta de esgotos, de todo esgoto que é coletado somente 36,2% é tratado.

Atualmente, o sistema de esgotamento sanitário de São Luís é do tipo separador absoluto, ou seja, possui redes independentes de águas pluviais e residuais, abrangendo a área urbana da cidade e se estendendo sobre áreas periféricas dos municípios vizinhos, totalizando 16.639,27 ha. e ocupando 11,38% da área total da ilha de São Luís (ANJOS NETO, 2006).

São Luís é atendida pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) a partir de quatro grandes Sistemas Coletores para tratamento do esgoto: o Sistema São Francisco, Sistema Bacanga, Sistema Vinhais e Sistema Anil. Atualmente com o programa “Mais Saneamento”, o Governo do Estado através da CAEMA busca reestruturar o sistema de tratamento da capital.

O sistema de esgoto da cidade é gerenciado pela CAEMA, a empresa é uma Sociedade de Economia Mista com administração pública, que foi instituída em 29 de julho de 1966 com o objetivo de gerir a política de saneamento básico no Estado do Maranhão e, especialmente, planejar, coordenar, implantar, ampliar, construir e explorar serviços de abastecimento de água e de esgoto.

A tabela 03, apresenta uma caracterização do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto na cidade de São Luís cuja, informações foram obtidas no site do SNIS, levando em considerações informações da série histórica, com informações do agrupamento dinâmico de indicadores e informações agregadas por ano de referência.

Tabela 03 - Dados do Sistema de Esgoto de São Luís em 2018

Cidade	População atendida	Extensão da rede coletora (Km)	Ligações ativas	Esgoto coletado (m³)	Esgoto tratado (m³)
São Luís	528.237	874,83	88.562	30.633,32	7.545,85

Fonte: Site do SNIS, 2020.

Segundo dados do Instituto Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE), em 2018 a população de São Luís era de 1.094,667 habitantes, analisando os dados, é possível verificar que, a concessionária atendia 48,25% da população. Verifica-se também que de todo o volume de esgoto que a concessionária coleta, apenas cerca de 24,63% do esgoto é tratado.

2.4. Sistema Bacanga de tratamento de esgoto

Segundo CRUZ et al. (2009), a Estação de Tratamento de Esgoto do Bacanga (ver figura 02) foi inaugurada em novembro de 2003, para melhorar o tratamento sanitário da área Itaquibacanga e adjacências. Também foi criada com a intenção de tratar os dejetos da população abrangidos pela Microbacia do Bacanga para não serem dispostos *in natura* ao mar.

De acordo com a (CAEMA, 2019), as obras do programa “Mais Saneamento”, executadas pela própria concessionária, já foram executados quase 15 km de linha de recalque uma rede estruturada para bombeamento atuando nos trechos mais distantes ou elevados em relação às Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) de São Luís. Também já foram implantados 23,8 km de interceptores para coleta e interligação entre redes. Outra ação do programa foi a implantação de 99,4 Km de novas redes coletoras na capital, resultando em 10.193 novas ligações domiciliares.

Figura 02 - ETE do Bacanga



Fonte: Autor, 2019.

Os investimentos direcionados pelo Governo à concessionária foram mais de R\$ 320 milhões de acordo com o site da concessionária, sendo os mesmos destinados para obras de ampliação das redes de coleta de esgoto, construir novos equipamentos para tratar os efluentes e, também, realizar adequações para melhoria das estações de tratamento de esgoto que já operavam junto aos quatro grandes Sistemas de tratamento existentes na ilha (CAEMA, 2019).

2.5. Sistema de esgotamento sanitário

Segundo Filho (2010), o sistema de esgotamento sanitário pressupõe a implantação de uma rede de coleta, sistemas de tratamento e disposição final das águas servidas, objetivando integrar obras de saneamento em áreas de concentração de pobreza, disponibilizando a toda população, abastecimento de água e sistema adequado de esgoto.

A implantação de um sistema de coleta, tratamento e destino final de esgotos sanitários tem por finalidade o controle de doenças e outros agravos, assim como contribuir para a redução da mortalidade provocada por doenças de veiculação hídrica e para o aumento da expectativa e qualidade de vida da população, além de atendimentos as resoluções ambientais que visam a proteção ao meio ambiente.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2007), com a implantação de sistemas sanitários, obtém-se resultados positivos, para a população da cidade, como: evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água; evitar o contato de vetores com as fezes; propiciar a promoção de novos hábitos higiênicos na população; promover o conforto e atender ao senso estético.

2.5.1. Tipos de sistemas de esgotamento sanitário

Para implantar um Sistema de Esgotamento Sanitário deve-se inicialmente definir o tipo de sistema, os quais são: Sistema de Esgotamento Unitário, Sistema de Esgotamento Separador Parcial e o Sistema Separador Absoluto. Cabe ressaltar que as definições apresentadas foram consolidadas pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O Sistema Unitário consiste na coleta de águas pluviais, dos esgotos domésticos e dos despejos industriais em um único coletor. A FUNASA, 2007, apresenta como principais vantagens do sistema unitário a possibilidade de a implantação de um único sistema.

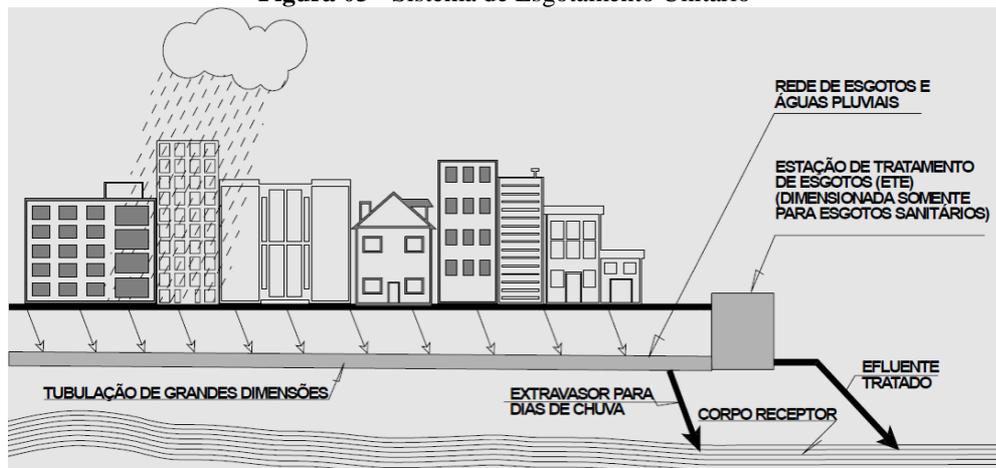
Como desvantagem temos:

- ✓ Grandes dimensões das canalizações;
- ✓ Custos elevados de implantação do sistema;
- ✓ Ocorrência do mau cheiro proveniente de bocas de lobo e demais pontos do sistema;

- ✓ Riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, por ocasião das cheias;

O sistema unitário (ver Figura 03) foi desenvolvido para as condições europeias, onde as precipitações atmosféricas são bem inferiores aos países de clima tropical como o Brasil. De modo geral, a intensidade de chuvas em cidades europeias é aproximadamente três vezes menor que a intensidade de chuvas observada em cidades brasileiras, de modo que, a vazão de águas pluviais é muito menor na Europa do que no Brasil (TSUTIYA e BUENO, 2003).

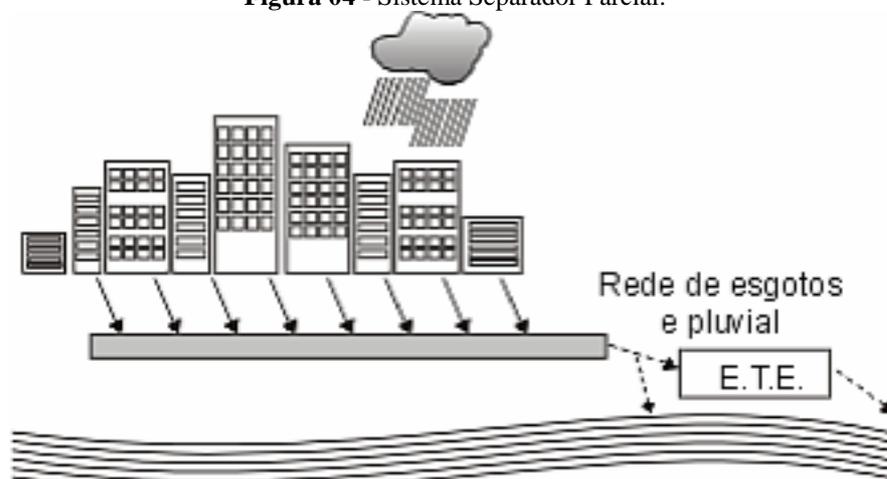
Figura 03 - Sistema de Esgotamento Unitário



Fonte: FILHO, 2010.

O **Sistema Separador Parcial** (ver Figura 04), é projetado para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países a captação é de apenas águas provenientes dos telhados, em outros, um dispositivo colocado nas “bocas de lobo” recolhe as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade’. No Brasil, esse tipo de sistema recebe uma parcela das águas provenientes dos telhados e pátios dessas edificações (FUNASA, 2007).

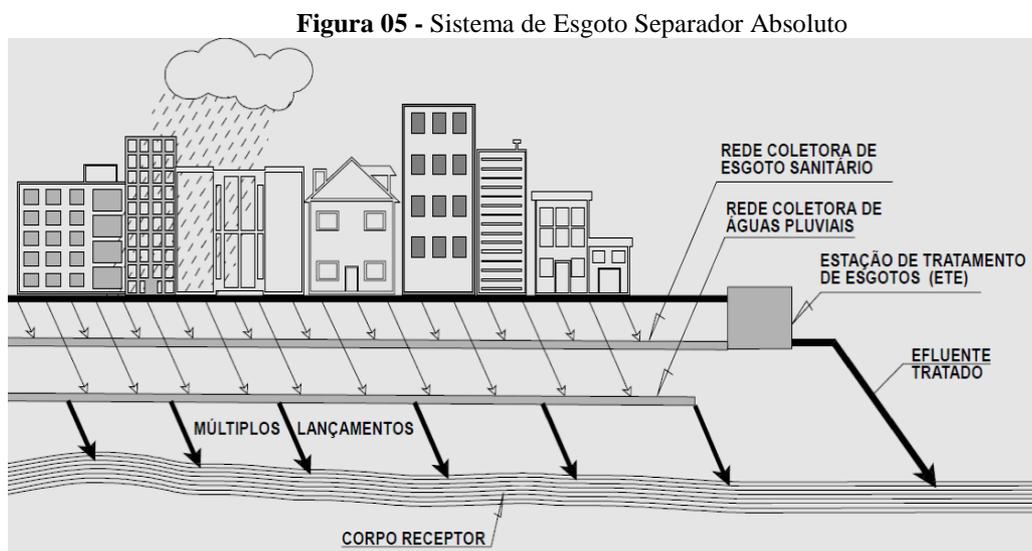
Figura 04 - Sistema Separador Parcial.



Fonte: VON SPERLING, 1995.

Esse sistema apresenta como vantagem a possibilidade de ser instalado com dimensões menores que o sistema unitário, no entanto, ainda há grande variação sazonal de vazões. Como desvantagens pode-se citar os custos elevados de implantação do sistema e a dificuldade de mesurar a parcela de contribuição de água pluvial.

Segundo a NBR 9648/1986, **O Sistema de Esgoto Separador Absoluto**, (ver Figura 05) é definido, “como o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.



Fonte: FILHO, 2010.

No sistema separador absoluto, as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (água do subsolo que penetra através das tubulações e órgãos acessórios), que constituem o esgoto sanitário, veiculam em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente (TSUTIYA e BUENO, 2003).

Assim como qualquer sistema há vantagens e desvantagens. Tsutiya e Bueno (2003), apresentam como vantagens do sistema:

- ✓ A facilidade no afastamento das águas pluviais;
- ✓ Possibilidade de planejamento de execução das obras por partes;
- ✓ Não ocorrência de extravasão dos esgotos nos períodos de chuva intensa;
- ✓ Custa menos, pelo fato de empregar tubos de diâmetros bem menores e de fabricação industrial (manilhas, tubos de PVC, etc.).

Ainda segundo Tsutiya e Bueno (2003), com a facilidade no afastamento das águas pluviais, pode-se ter diversos lançamentos ao longo do curso d'água, sem necessidade de seu transporte a longas distâncias, uma outra vantagem é a redução dos custos e prazos de construção, considerando a importância para a comunidade e possibilidades de investimentos, melhoria das condições de tratamento dos esgotos sanitários, reduzindo-se a possibilidade da poluição dos corpos d'água, oferecendo assim uma maior flexibilidade para a execução por etapas, de acordo com as prioridades, reduz muita a extensão das canalizações de grande diâmetro em uma cidade, pelo fato de não exigir a construção de galerias em todas as ruas. Como desvantagens, os referidos autores destacam:

- ✓ A dificuldade de identificar as possíveis ligações clandestinas de águas pluviais que podem ser realizadas pelos usuários do sistema, dificultando a eficiência do mesmo, já que ele não está preparado para receber essas novas contribuições.

No entendimento de Machado, Borja e Morais (2013), o sistema separador absoluto é amplamente adotado no Brasil e visto por especialistas como a solução ideal em termos de saneamento básico. Neste sistema, as águas residuais, juntamente com uma parcela das águas de infiltração veiculam em um sistema independente do sistema de drenagem de águas pluviais. Para os autores, o sucesso de tal sistema depende de fiscalização efetiva e controle eficiente para se evitar que ligações clandestinas encaminhem as águas pluviais, para o sistema unitário já que ele não é preparado para receber esse tipo de contribuição.

2.5.2. Principais elementos que compõem um sistema de esgoto separador absoluto

Os elementos de um sistema de esgotamento sanitário podem variar de acordo com o tipo de sistema, mas em sua grande maioria o sistema é composto por: ramal predial; coletor de esgoto; coletor tronco; interceptor; emissário; órgãos acessórios. Como a rede coletora de esgoto será o objeto de estudo do presente trabalho então a revisão dará ênfase a essa parte do sistema, como também os demais componentes que integram a rede.

A rede coletora de esgoto é parte do sistema de esgotamento sanitário, sendo composta por um conjunto de tubulações e acessórios destinados a conduzir o esgoto até o coletor tronco, que segundo NBR 9649 (ABNT,1986), a rede coletora é definida como dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos, a seguir é definido alguns órgãos acessórios:

Poço de Visita (PV), câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.

Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL) dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza.

Terminal de Limpeza (TL), dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor.

Caixa de Passagem (CP), câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva.

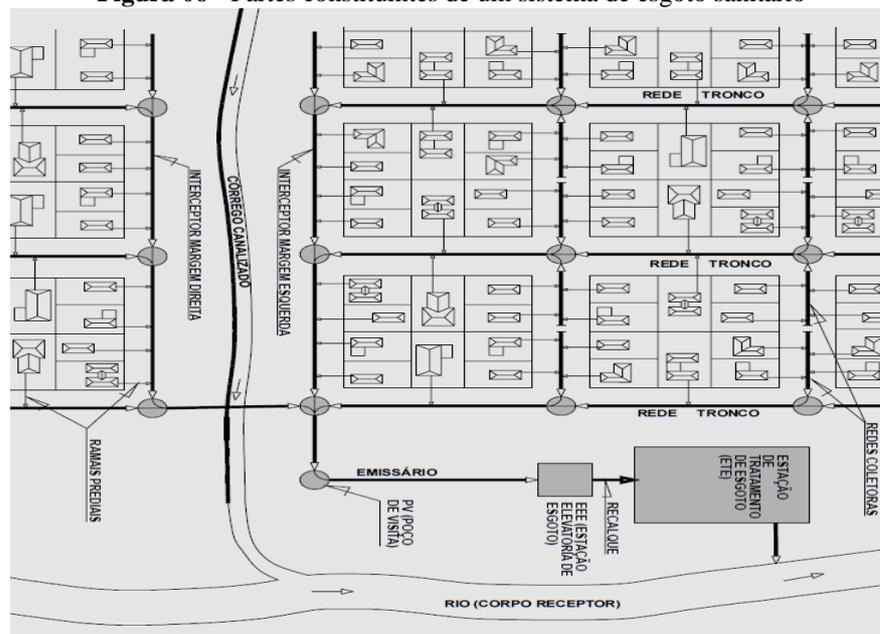
De acordo com Queiroz (2017, p. 15 apud NUVOLARI, 2011, p. 278), a rede coletora de esgoto pode ser entendida como o conjunto de canalizações com a função de receber e conduzir os esgotos dos setores comerciais, públicos e privados. Sua função é receber as contribuições dos domicílios, prédios e economias, promovendo o afastamento do esgoto sanitário coletado em direção aos grandes condutos de transporte para o local de tratamento e descarga final.

A NBR 9649/1986, apresenta recomendação sobre como deve ser as cotas de uma rede coletora de esgoto.

A rede coletora não deve ser aprofundada para atendimento de economia com cota de soleira abaixo do nível da rua. Nos casos de atendimento considerado necessário, devem ser feitas análises da conveniência do aprofundamento, considerados seus efeitos nos trechos subsequentes e comparando-se com outras soluções.(NBR 9649/1986. pg. 3)

A Figura 06 apresenta, um sistema de esgotos sanitário, a seguir é abordado alguns critérios para o dimensionamento de uma rede coletora de esgoto.

Figura 06 - Partes constituintes de um sistema de esgoto sanitário



Fonte: VON SPERLING, 1995.

2.5.3. Critérios de projeto para concepção da Rede Coletora de Esgoto

Em relação à concepção da rede coletora, a NBR 9648 (ABNT, 1986), recomenda alguns critérios, como: elaboração de um relatório de estudo de concepção, contendo o levantamento planialtimétrico da área de projeto e de suas zonas de expansão, com curvas de nível de metro em metro e pontos cotados onde necessários, e que estejam representadas em conjunto as áreas das bacias de esgotamento de interesse para o projeto.

Além disso, a referida Norma recomenda um levantamento de obstáculos superficiais e subterrâneos nos logradouros onde, provavelmente, deve ser traçada a rede coletora, além de um levantamento cadastral de redes já existentes, seja de telefonia, água, gás e etc. Para o solo é necessário realizar, sondagens de reconhecimento de forma a determinar a natureza do terreno e dos níveis do lençol freático.

Para iniciar os estudos de concepção de uma rede coletora a NBR 9648 (ABNT, 1986), recomenda a delimitar a área de projeto, fixar o início de operação da rede e determinar o alcance do projeto, bem como determinar as respectivas etapas de implantação para as diversas bacias que irão compor o sistema de esgotamento. Assim como realizar os cálculos das taxas de contribuições iniciais e finais, para que ao final possa ser realizado o traçado de rede, e o dimensionamento hidráulico da rede e seus órgãos acessórios.

A NBR 9648 (ABNT, 1986), estabelece critérios para o adequado dimensionamento de uma rede coletora, recomendando realizar um levantamento da:

- ✓ População inicial, é aquela atendível no ano de início de operação do sistema;
- ✓ População de alcance do plano, é aquela prevista para o ano de alcance do plano, que geralmente se estipula segundo a bibliografia 20 anos;
- ✓ População final;
- ✓ População flutuante, é aquela que vem proveniente de outras comunidades, ou se transfere ocasionalmente para área considerada no projeto, impondo ao sistema de esgoto uma contribuição individual análoga à da população residente.

3. PARÂMETROS ADOTADOS NO PROJETO

Este item descreve os parâmetros adotados no dimensionamento de uma rede coletora de esgoto, como também aborda a importância da contribuição *per capita*, coeficiente de

variação de vazão, determinação da taxa de contribuição. Além disso, outros parâmetros usados no dimensionamento também são descritos como:

- ✓ Tensão trativa;
- ✓ Cálculo hidráulico da rede;
- ✓ Recobrimento máximo e mínimo a ser adotado.

3.1. Contribuição *per capita*

A contribuição de esgoto está diretamente correlacionada com o consumo de água, utilizando-se normalmente o consumo *per capita*, para o dimensionamento de sistemas de esgotos. No sistema de esgoto sanitário, porém, considera-se o consumo efetivo *per capita*, não incluindo as perdas de água. Outros parâmetros usados no momento do dimensionamento são:

- ✓ População da área do projeto;
- ✓ Contribuição *per capita*;
- ✓ Coeficiente de retorno esgoto/água;
- ✓ Coeficiente de variação de vazão;

A contribuição *per capita* de esgoto é o consumo efetivo *per capita* multiplicado pelo coeficiente de retorno. Algumas bibliografias de referência, apresentam uma tabela com a estimativa do consumo diário em edificações, de acordo com o uso, essa estimativa foi usada para o dimensionamento da rede coletora de esgoto, adotando o consumo efetivo *per capita* de 50l/hab.dia, já que na tabela de consumo não há um item destinado ao consumo *per capita* em universidades a estimativa que mais se aproximou de acordo com o uso das edificações foi escolas externato, com um consumo *per capita* de 50 L/hab.dia.

Um estudo desenvolvido na Universidade Federal de Alagoas demonstrou um consumo *per capita* inferior a 50L/hab.dia, o estudo levou em consideração o consumo de água dentro da universidade, englobando serviços essenciais para o funcionamento da instituição.

O estudo permitiu conhecer seu consumo *per capita*. O resultado foi de 33,14 L·hab⁻¹·dia⁻¹. Considerando o período 2016.2 da UFAL, o recinto universitário apresentou área construída de aproximadamente 846.456m², 4.295 funcionários e 886 bacias sanitárias. Com isso, o consumo *per capita* segundo Berenhauser & Pulici (1983) apud Tsutiya (2005) é de 34,81 L·hab⁻¹·dia⁻¹.(JUNIOR, FERREIRA, BARBOZA, 2018, p.4)

O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgoto recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população. O coeficiente de retorno depende

principalmente de fatores locais como a localização e tipo de residência, condições de arruamentos das ruas, clima, e o seu valor geralmente está na faixa de 0,5 a 0,9.

Em áreas centrais de alta densidade populacional os valores de coeficiente de retorno tendem a ser mais elevados, enquanto em áreas residenciais com muitos jardins são menores.

Foi adotado o valor de 0,8 para o coeficiente de retorno, devido o objeto de estudo tratar-se de uma universidade, em que a população não permanece o dia inteiro na universidade, além do que ainda é possível encontrar algumas áreas verdes no *Campus*.

Algumas concessionárias de esgoto considera o coeficiente de retorno igual a 1,0, no entanto, em uma busca no site da CAEMA não foi possível encontrar uma especificação quanto ao valor adotado. ABNT, pela NBR 9649, recomenda a utilização do coeficiente de retorno de 0,8 quando este coeficiente não for especificado.

3.2. Estudo Populacional

As obras de saneamento devem ser projetadas para atender a uma determinada população, em geral maior que a atual, que correspondente ao crescimento populacional em um determinado período. Esse período é chamado período de projeto ou horizonte de projeto. Definido o horizonte de projeto, faz-se necessário conhecer a população de projeto, ou seja, a população que se espera encontrar no *Campus* ao fim do período admitido.

A estimativa de crescimento da população pode ser realizada pelo método de projeção geométrica. O método baseia-se no crescimento populacional em função da população existente a cada instante, sendo utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão. A taxa de crescimento da equação 01, é em função do tempo dada pela equação seguinte:

$$\frac{dP}{dt} = Kg * P$$

Equação 1

O método utiliza o coeficiente Kg que é encontrado com os valores das populações P0 e P1 correspondentes aos tempos t0 e t1. Calcula-se o incremento populacional nesse período (kg):

$$kg = \frac{\ln P1 - \ln P0}{t1 - t0}$$

Equação 2

A partir do qual resulta a previsão da população (P), correspondente à data futura(t):

$$P = P_0 + e^{kg*(t-t_0)}$$

Equação 3

O método de projeção geográfica foi escolhido, por ser largamente usado nas estimativas de crescimento populacional no dimensionamento de sistemas de abastecimento de água e esgoto, outros métodos também poderiam ser usados como é o caso do método de projeção aritmético, no entanto, quando comparamos os valores obtidos entre os dois métodos, os resultados são próximos.

3.3. Coeficiente de variação de vazão

Em um sistema de esgotamento, a quantidade de esgoto varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos das populações, entre outros.

Nos países tropicais normalmente, há meses em que o consumo de água, e conseqüentemente a contribuição de esgoto sanitário é maior, como no verão. Por outro lado, no mesmo mês ou semana, existem dias em que a contribuição de esgoto assume valores maiores.

Sendo assim, faz-se necessário estabelecer coeficientes que traduzam essas variações de contribuição para o dimensionamento de um sistema de esgotamento. Desta maneira, foram determinados os seguintes coeficientes:

K1 coeficiente de máxima vazão diária: relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;

K2 coeficiente de máxima vazão horária: relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;

K3 coeficiente de mínima vazão horária: relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições, a NBR 9648 (ABNT, 1986), recomenda o uso de K1 = 1,20, K2 = 1,50 e K3 = 0,50.

3.4. Determinação das taxas de contribuição

As taxas de contribuição das redes de esgoto são normalmente referidas à unidade de comprimento dos coletores (metro ou quilômetro), ou à unidade da área esgotada (hectare).

Para cada área de ocupação homogênea deve ser definida uma determinada taxa, ou seja, em uma bacia pode haver mais de uma taxa de contribuição. Para a determinação das taxas de contribuição é necessário considerar as seguintes contribuições à rede:

- ✓ Esgoto doméstico;
- ✓ Águas de infiltração.

Sendo que as águas de infiltrações são contribuições indevidas nas redes de esgoto que são originárias do subsolo, sendo recomendada sua consideração na elaboração dos projetos hidráulico-sanitários das redes coletoras de esgotos pela NBR 9649/86. A infiltração ocorre quando os sistemas de coleta estão construídos abaixo do nível do lençol freático, penetrando através dos seguintes meios:

- ✓ Juntas das tubulações;
- ✓ Paredes das tubulações;
- ✓ Através das estruturas dos poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminal de limpeza, caixas de passagem, estações elevatórias, etc.

A quantidade de infiltração nas redes de esgoto sanitário depende dos materiais empregados, do estado de conservação, do assentamento das tubulações, bem como das características do solo, nível do lençol freático, tipo de solo, permeabilidade, etc. Foi adotado uma taxa de infiltração de 0,0001 l/s.m, esse valor é praticado em diversos tipos de dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário, além de ser recomendado pela norma de dimensionamento.

3.5. Determinação das vazões de dimensionamento de cada trecho

As vazões utilizadas para dimensionamento são: a vazão máxima de final de plano e a vazão de início de plano, de jusante, do trecho coletor.

Uma vez definida as taxas de contribuição, pode-se calcular as vazões de dimensionamento de um determinado trecho da rede coletora através da soma das contribuições que chegam a montante do trecho com a contribuição do trecho em questão.

A contribuição do trecho é calculada multiplicando-se a taxa de contribuição linear pelo comprimento do trecho.

3.6. Tensão trativa

É a tensão tangencial exercida pelo líquido escoando sobre a parede do tubo, onde o valor crítico da mesma, denominado Tensão Trativa Crítica, ou seja, é aquele valor mínimo capaz de iniciar o movimento das partículas depositadas nas tubulações.

Este é o critério determinado pela NBR 9649 para dimensionamento dos coletores de esgoto e envolve considerações sobre três aspectos principais: hidráulico, controle de sulfatos e ação de autolimpeza.

A tensão trativa representa um valor médio de tensão ao longo do perímetro molhado do conduto e é calculada pela seguinte expressão:

$$T = \delta \times Rh \times I$$

Equação 4

Onde:

T = tensão trativa média (Pa);

δ = peso específico do líquido (10.000 N/m³);

Rh = raio hidráulico (m);

I = declividade do coletor (m/m).

A tensão trativa crítica é de 1,0 Pa, segundo a NBR 9649/86. Em qualquer trecho da rede, a tensão trativa calculada deverá ser maior ou igual à tensão trativa crítica, sendo está a condição para que o esgoto escoado satisfaça a condição de autolimpeza e de controle de sulfetos.

3.7. Critérios de dimensionamento para cálculo hidráulico da rede

Vazão mínima: a norma NBR 9649/86 recomenda que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizada nos cálculos é de 1,5 L /s, correspondente ao pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de vaso sanitário.

Diâmetro mínimo: a norma NBR 9649/86 estabelece, devido às condições específicas para o dimensionamento hidráulico, que os diâmetros devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais, não sendo inferior a 100 mm, no entanto para o dimensionamento da rede coletora da Universidade foi adotado tubulações com diâmetro nominal de 150 mm, por motivos de segurança, optou-se pelo emprego de tubos PVC

devido sua alta resistência à corrosão, menor custo comparado com outros materiais, além de ser fácil de ser manipulado e assentamento.

Declividade mínima: os coletores são projetados de modo a se ter autolimpeza desde o início do plano. Para a autolimpeza deve-se garantir, pelo menos uma vez por dia uma tensão trativa de 1,0 Pa. A expressão que garante essa condição, para coeficiente de Manning (n) igual a 0,013 é:

$$I_{mín} = 0,0055 * Q^{-0,47}$$

Equação 5

Onde:

$I_{mín}$ = declividade mínima, m/m

Q_i = vazão de jusante do trecho no início de plano, L/s.

Declividade máxima: é definida através da norma NBR 9649/86, por apresentar uma velocidade de escoamento igual a 5 m/s. A expressão que garante essa condição para coeficiente de Manning (n) igual 0,013 é:

$$I_{máx} = 4,65 * Q^{-0,67}$$

Equação 6

Onde:

$I_{máx.}$ = declividade máxima, m/m

Q_f = vazão de jusante do trecho no final de plano, L/s.

O coeficiente de rugosidade afeta de maneira direta o dimensionamento das redes coletoras de esgoto, dependendo do diâmetro, da forma e do material da tubulação, da altura da lâmina da água e das características de esgoto (TSUTIYA, 1999).

De acordo com a NBR 9648/86, cada trecho deve ser verificado pelo critério de tensão trativa média de valor mínimo $\sigma_t = 1,0$ Pa, calculada para vazão inicial (Q_i), para coeficiente de Manning $n = 0,013$, o mesmo considera que o material envelhecerá o que mudará a rugosidade do material. Para coeficiente de Manning diferente de 0,013, os valores de tensão trativa média e declividade mínima a adotar devem ser justificados.

Nas redes coletoras as tubulações são projetadas para funcionar com lâmina igual ou inferior 75% do diâmetro da tubulação. O diâmetro que atende a condição $Y/D = 0,75$, pode ser calculado pela equação:

$$D = \left(\frac{0,0463Q}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

Equação 7

Velocidade nos coletores: quanto maior for a velocidade, melhores serão as condições de arrastamento da matéria sólida e a não ocorrência de depósitos nas canalizações. Entretanto, velocidades excessivas podem provocar desgastes nas paredes das tubulações pelo efeito da abrasão. A NBR 9649/86 indica como limite de velocidade 5,0 m/s, e a bibliografia recomenda uma velocidade mínima de forma a assegurar a autolimpeza de 0,60 m/s.

Velocidade Crítica (Vc):

$$Vc = 6x(9,81 * RH)^{\frac{1}{2}}$$

Equação 8

Onde:

RH= raio hidráulico;

Aceleração da gravidade = 9,81 m/s;

Vc = velocidade crítica, m/s;

“A norma NBR 9649 recomenda que quando a velocidade final Vf é superior à velocidade crítica a maior lâmina admissível (Y/D) deve ser de 50% do diâmetro do coletor.”

3.8. Recobrimento

As exigências devido à profundidade mínima ocorre tendo em vista as condições de recobrimento mínimo, que é necessário para a proteção da tubulação. Assentado no leito do passeio, o recobrimento da tubulação não deve ser inferior a 0,65 metros, já no leito da via de tráfego não inferior a 0,90 metros (TSUTIYA, 1999). Quando houver a ocorrência de recobrimentos menores que os citados a NBR 9648/86, recomenda que devam ser justificados.

A determinação do subsolo é indispensável para reconhecer maiores dificuldades devido à presença de rochas, solos de baixa resistência ou de lençol freático, que poderiam limitar as profundidades máximas.

Segundo TSUTIYA (1999), as profundidades máximas dos coletores, quando assentadas nos passeios não devem ultrapassar o limite de 2,0 a 2,5 m, dependendo do tipo de solo. TSUTIYA (1999), recomenda que as profundidades máximas das redes de esgotos normalmente não ultrapassem de 3,0 a 4,0 metros.

A NBR 9649 (ABNT, 1986), estabelece que a rede coletora não deve ser aprofundada para atendimento de economia com cota de soleira abaixo do nível da rua. Se o atendimento for considerado necessário, devem ser estudados a conveniência do aprofundamento dos trechos a jusante e outras soluções.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Neste item são apresentadas a natureza, classificação e a delimitação da pesquisa. Assim como as etapas de trabalho, incluindo as ferramentas e técnicas de coletas e análise de dados e as fontes de evidências utilizadas no trabalho.

4.1. Abordagem Metodológica

O presente trabalho tem com abordagem uma pesquisa quantitativa que empregou medidas padronizadas e sistemáticas facilitando a análise dos dados. Quanto à natureza ela é aplicada, pois dedicou-se à geração de conhecimento para a solução de um problema específico. Quanto aos objetivos a pesquisa é considerada exploratória pelo maior contato com alguns departamentos da Universidade, em buscas de dados e informações para compor a metodologia. Quanto aos procedimentos da pesquisa ela é uma pesquisa de estudo de caso.

Na primeira etapa foi realizada um levantamento bibliográfico, sobre Saneamento Ambiental, com ênfase em coleta e transporte de esgoto, englobando tipos de sistemas de esgotamento sanitário, os tipos mais usuais no Brasil, além de abordar a importância para a população e os benefícios da correta execução de uma rede de coleta de esgoto.

Na segunda etapa foi realizada uma pesquisa de campo, no setor de engenharia da Universidade em busca de acervo de projetos que foram usados como dados dos estudos preliminares do objeto de estudo. Ao final foi realizada uma proposta de uma rede coletora de esgoto para o *Campus*.

Para a realização do dimensionamento, adotaram-se parâmetros de referência de Tsutiya, além das diretrizes e normas Técnicas Brasileiras.

4.2. Caracterização do *Campus* Universitário

O objeto de estudo é a Cidade Universitária Dom Delgado, *Campus* Bacanga localizado na Avenida dos Portugueses no bairro do Bacanga. Atualmente o *campus* é um dos mais antigos da UFMA, o qual funciona um total de 53 cursos de Graduação, nas diversas áreas. Além disso,

o *campus* conta com 29 cursos de especialização, 35 cursos de mestrado e 9 cursos de doutorado e um Colégio Universitário que atende a comunidade com cursos de nível técnico, médio e fundamental.

A importância do *Campus* da UFMA para a comunidade local vai além do ensino e pesquisa, a Universidade contribui com os serviços gratuitos à comunidade, com prestação de assistência odontológica, farmacêutica, hospitalar, espaços recreativos, dentre outras contribuições para a comunidade.

O *Campus* Bacanga, atual Cidade Universitária conforme apresentado na Figura 07, é referência dentre os vários *Campus* Federais de Ensino Superior no Estado do Maranhão, não somente pelo ensino, mas também pela sua extensão territorial, no número de cursos tanto de Graduação como de Pós-Graduação e Doutorado e no índice e na qualidade do ensino.

Figura 07 - Universidade Federal do Maranhão (Campus Bacanga)



Fonte: Google Earth Pro, 2019.

O *Campus* Bacanga é um dos mais antigos da Universidade, segundo site da instituição, ela foi inaugurado em 1972, com a construção do prédio Presidente Humberto de Alencar Castelo Branco, que era o principal espaço de relações da Universidade Federal do Maranhão, onde se concentravam, a maior densidade de pessoas e onde ocorria os maiores fluxos de pessoas, o que caracterizavam o sistema universitário (UFMA, 2019).

Tempos mais tarde, quando a estrutura organizacional foi formalizada, surgiu como órgão de execução, a Prefeitura da Cidade Universitária (PRECAM), onde posteriormente, passou a ser a Superintendência de Infraestrutura (SINFRA), que assumiu a direção central dos serviços de construção, manutenção da infraestrutura física, conservação, limpeza, paisagismo, transporte, segurança, fiscalização e controle do uso dos espaços físicos da instituição.

A Universidade conta com um plano de desenvolvimento institucional que é realizado a cada 4 anos, no ciclo 2017-2021, onde é possível verificar as ações adotadas pela Universidade, como criação de núcleos de apoio ao pesquisador, consolidação e expansão de práticas acadêmicas, com programas voltados para o empreendedorismo com empresas incubadoras. A tabela 04, apresenta um demonstrativo do crescimento no número de cursos oferecidos pelo *Campus* Bacanga do ano de 2002 até o ano de 2016.

Tabela 04 - Quantitativo de cursos presenciais oferecidos por Campus, 2002-2016

Campus	ANO														
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
São Luís	31	31	32	33	33	36	36	36	47	47	47	48	50	50	53

Fonte: Plano de Desenvolvimento Institucional, 2017.

No Plano de Desenvolvimento Institucional 2017-2021 consta uma relação de cursos previstos para serem oferecidos para o *Campus*, alguns deles já estão em funcionamento, outros não foram ofertados, ficando para serem implantados para o ciclo seguinte, a tabela 05 traz um demonstrativo dos cursos que já foram ofertados e outros que ainda não foram ofertados pela instituição.

Tabela 05 - Relação de cursos previsto no Plano de Desenvolvimento Institucional de 2012-2016

PERÍODO	CURSO	CAMPUS	SITUAÇÃO
2012	Bacharelado em Ciências e Tecnologia	São Luís	Em funcionamento
2013	Ciência da Informação	São Luís	Não oferecido
2014	Engenharia Civil (BICT)	São Luís	Em funcionamento
	Engenharia da Computação (BCT)	São Luís	Em funcionamento
	Engenharia Florestal	São Luís	Não oferecido
	Engenharia Mecânica (BICT)	São Luís	Em funcionamento
2015-2016	Arquitetura e Urbanismo	São Luís	Não oferecido
	Engenharia de Petróleo e Gás	São Luís	Não oferecido
	Engenharia Metalúrgica e Siderúrgica	São Luís	Não oferecido
	Engenharia de Transportes	São Luís	Não oferecido
	Engenharia de Pesca	São Luís	Não oferecido
	Engenharia Ambiental e Sanitária	São Luís	Não oferecido

Fonte: Plano de Desenvolvimento Institucional, 2017.

O Plano de Desenvolvimento Institucional não traz uma previsão específica da oferta de novos cursos, no entanto, há cursos que não foram ofertados no 2012-2016, que poderão ser ofertados no ciclo seguinte, vale ressaltar que é uma previsão.

Vale ressaltar que o plano institucional traz uma previsão de ampliação dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* e *lato sensu*, cuja meta é uma expansão de 50% dos cursos de especialização; em 30% dos de mestrado e em 40% dos de doutorado, tendo como referência o ano base 2016.

Além de ampliar a oferta de cursos de pós-graduação *stricto sensu* e *lato sensu* em todas as áreas do conhecimento, atendendo as exigências da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), e em especial nas áreas consideradas estratégicas para o crescimento científico e tecnológico do Estado do Maranhão.

O sistema de tratamento de esgoto da Universidade é composto em sua grande maioria por soluções individuais, do tipo fossa séptica, conforme apresentado na Figura 08, que são utilizadas em grandes escalas para tratamento de dejetos gerados pela comunidade acadêmica.

Figura 08 - Fossa séptica na Universidade Federal do Maranhão (Campus Bacanga)



Fonte: Autor, 2019

No *Campus* há apenas um prédio que conta com uma estação de tratamento compacta, no entanto, a estação de tratamento encontra-se sem nenhuma manutenção, e o esgoto gerado

pelo prédio, está sendo lançado de forma *in natura*, conforme é apresentado na Figura 09. Cabe ressaltar que o esgoto oriundo dessa Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), está sendo direcionado para um lago que fica dentro da Universidade.

Figura 09 - Estação de tratamento do Campus Bacanga.



Fonte: Autor, 2019.

4.3. Estimativa da população fixa

Para a implantação da rede coletora de esgoto, foram coletados inicialmente dados referentes à quantidade de alunos, docentes, técnicos administrativos e demais colaboradores ativos da instituição. Resalta-se que esses dados foram obtidos no Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI) do *Campus*. A Tabela 06 apresenta o quantitativo da população fixa que frequentava o *Campus* Bacanga em 2018.

Tabela 06 - Dados do quantitativo populacional no Campus Bacanga em 2018.

COLABORADORES	QUANTIDADE (pessoas)
Alunos de Graduação	19.749
Alunos de Pós-Graduação	4.986
Alunos do Colégio Universitário	1.124
Docentes	1.783
Técnicos Administrativos	785
TOTAL	28.427

Fonte: NTI, 2018.

Para o estudo, adotou-se um horizonte de projeto de 20 anos, nos cálculos da rede coletora adotou-se o ano de 2018 como o ano de referência, como período de estudo considerado foi de 20 anos, obteve-se como resultado o ano de 2038 para a população de alcance de plano.

A partir do quantitativo populacional apresentado na Tabela 07, que traz o quantitativo da população de anos anteriores na Universidade, considerou-se para o ano de 2018 o quantitativo de 28.427 pessoas contribuindo para a produção de efluentes dentro do *Campus*.

Tabela 07 - Dados quantitativos populacionais da UFMA (Campus Bacanga)

Ano de Referência	2007	2009	2014	2018
Quantitativo Populacional	16.880	19.334	27.334	28.427

Fonte: Adaptação do Anuário da UFMA e dados do NTI, 2019.

Usando o método de projeção geométrico (equação 2), para a obtenção da população ao longo dos 20 anos, estimou-se que a população em 2038 seria cerca de 34.584 pessoas.

$$kg = \frac{\ln(28.427) - \ln(27.334)}{2018 - 2014} = 9,8020^{10^{-3}}$$

Usando o coeficiente *Kg*, e a equação 03 foi possível estimar a população futura para o ano de 2038.

$$P(2038) = 28.427 * e^{0,0098020*(2038-2018)}$$

$$P(2038) = 34.584(\text{pessoas})$$

4.4. Caracterização dos Parâmetros de dimensionamento

✓ Área total do projeto

Área total do projeto: as informações seguintes foram fornecidas pela Superintendência de Infraestrutura em um de seus projetos de ampliação da rede viária do *Campus Bacanga* (ver Figura 10). O *Campus* é dividido em duas Glebas, sendo que a gleba A tem uma extensão de 984.605,72 m² e gleba B tem uma extensão de 102.816,58 m², as duas áreas tem uma totalidade de 1.087.422,30 m², o *Campus* tem uma extensão viária de 2.800 metros de vias já concluídas, sendo que está previsto a execução de 6.820 metros de vias, totalizando 9.620 metros de via

após o término das obras, os parâmetros adotados no dimensionamento foram a extensão total de vias de 9.620 metros, (ver Anexo II).

População inicial e final de projeto: A população de início de projeto, considerada como referência para o ano de 2018 foi de 28.427 pessoas, esse número engloba os alunos de Graduação, Pós-Graduação, alunos do Colégio Universitário, Docentes e Técnicos Administrativos. Para a população de final de plano para o ano de 2038, foi considerada o número estimado de 34.584 pessoas. Para fins didáticos será apresentado no item seguinte apenas o primeiro trecho da rede coletora, os demais trechos estarão no anexo 01 do trabalho, com o projeto e o detalhamento dos demais trechos em planta.

5. ANÁLISES E RESULTADOS

Neste item consta a análise e resultados da rede coletora, para fins didáticos é apresentado somente o memorial de cálculo do primeiro trecho da rede coletora de esgoto, que contempla os cálculos das vazões médias de início e final de plano, taxas de contribuição linear de início e final de plano, vazões de montante, jusante e de projeto, declividades do terreno e do coletor. Ao término do dimensionamento é apresentado uma verificação dos parâmetros recomendados pela norma.

5.1. Memorial de cálculo da rede coletora de esgoto

A rede coletora foi dimensionada com base na NBR 9.649/86, que fixa as condições para elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto (funcionando em lâmina livre). Para o dimensionamento da rede coletora de esgoto, adotou-se planilhas eletrônicas, além de ter sido utilizado o software gráfico Auto CAD. Por motivos didáticos a seguir será apresentado apenas 1 trecho, porém o dimensionamento da rede está apresentado na planilha em anexo.

Para o cálculo das vazões considerou-se as seguintes informações:

- ✓ População inicial: 28.427 pessoas;
- ✓ População final: 34.584 pessoas;
- ✓ Consumo de água efetivo *per capita*: $q=50\text{L/hab.dia}$
- ✓ Coeficiente de retorno: $C=0,8$;
- ✓ Coeficiente de máxima vazão diária $K1=1,2$;
- ✓ Coeficiente de máxima vazão horária: $K2=1,5$;
- ✓ Comprimento da rede coletora inicial: 9.620 m (comprimento virtual);

- ✓ Comprimento da rede coletora final: 9.620 m (comprimento virtual);
- ✓ Taxa de contribuição de infiltração: $T_{inf}=0,1L/s.km$;

Para o cálculo das vazões médias de início e final de plano, foi utilizada a fórmula seguinte:

$$Q_{di} = \frac{C * P_i * q}{86.400}$$

Equação 9

$$Q_{df} = \frac{C * P_f * q}{86.400}$$

Equação 10

Vazão média inicial:

$$Q_{di} = \frac{0,8 * 28.427 * 50}{86.400} = 13,16L/s$$

Vazão média final:

$$Q_{df} = \frac{0,8 * 34.584 * 50}{86.400} = 16,01L/s*$$

A proposta é que a ETE seja instalada no final da rede coletora onde ocorre a junção de alguns trechos da mesma, em uma área próximo ao prédio de Patologia e o prédio do Biotério, a área apresenta uma cota de 7 metros em relação ao nível do mar, a cota mais alta da área da universidade é de aproximadamente 37 metros, onde é localizado a antena da Embratel, a locação será apresentada com mais detalhes no anexo 01.

Cálculo das taxas de contribuição linear de início e final de plano

$$T_{xi} = \frac{K_2 * Q_{di}}{L_{vi}} + T_{inf}$$

Equação 11

$$T_{xf} = \frac{K_1 * K_2 * Q_{fi}}{L_{vi}} + T_{inf}$$

Equação 12

Início de plano:

$$T_{xi} = \frac{1,5 * 13,16}{9,620} + 0,1 = 2,1519 \frac{L}{s}.Km \text{ ou } 0,0021519 \frac{l}{s}.m$$

* A vazão média calculada não representa a máxima vazão da rede coletora, que será apresentada no item 5.7 quando é proposto a concepção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Final de plano:

$$Tfi = \frac{1,2 * 1,5 * 16,01}{9,620} + 0,1 = 3,0956 \frac{L}{s} \cdot Km \text{ ou } 0,0030956 \frac{l}{s} \cdot m$$

5.2. Dimensionamento das vazões do (Trecho 1-1)

As vazões utilizadas para dimensionamento foram: as vazões máximas de final de plano e de início de plano, de jusante, do trecho coletor. Uma vez definidas as taxas de contribuição, para se calcular as vazões de dimensionamento de um determinado trecho da rede coletora, deve somar-se as contribuições que chegam a montante de um trecho com a contribuição do trecho em questão. As contribuições do trecho foram calculadas multiplicando-se a taxa de contribuição linear pelo comprimento do trecho.

Vazão de montante:

Para o cálculo das vazões de montante para o primeiro trecho foi considerado Q_{mi} e $Q_{mf} = 0$ L/s por não haver ainda nenhuma contribuição para a rede coletora de esgoto.

Vazão no trecho

Para o cálculo da vazão no trecho utilizou-se a taxa de contribuição linear de início e de final de plano, além do comprimento do trecho de 80 m:

$$Q_{ti} = T_{xi} * L_t$$

Equação 13

$$Q_{ti} = 0,0021519 * 80 = 0,172152L/s$$

$$Q_{tf} = T_{xf} * L_t$$

Equação 14

$$Q_{tf} = 0,0030956 * 80 = 0,247650L/s$$

Vazão de jusante:

A vazão de jusante para o trecho 1-1 foi considerada a vazão do trecho 1-1, anteriormente calculada:

$$Q_{ti} = 0,172152L/s$$

$$Q_{tf} = 0,247650L/s$$

Vazão de projeto:

Como a vazão de jusante foi inferior a vazão mínima para dimensionamento hidráulico, adotou-se para a vazão de projeto a vazão mínima estabelecida de 1,5L/s.

$$Q_{ti} = 1,5L/s$$

$$Q_{tf} = 1,5L/s$$

5.3. Cálculo das declividades

Os coletores são projetados de modo a ocorrer a sua autolimpeza pelo menos uma vez ao dia, desde o início do plano. Na autolimpeza deve-se garantir, que ocorra uma tensão trativa de 1,0 Pa, para cada trecho da rede.

Para os cálculos das declividades foram usadas as informações das cotas do terreno, além da vazão de projeto do trecho estudado, calculando-se às duas declividades, deve-se adotar a maior, por facilitar o escoamento por gravidade, não devendo está ultrapassar a máxima declividade.

Declividade do terreno:

$$I_t = \frac{\text{Cota do terreno Montante} - \text{Cota do terreno de Jusante}}{\text{comprimento do Trecho}}$$

Equação 15

$$I_t = \frac{35,75 - 32,75}{80} = 0,0375m/m$$

Declividade mínima do coletor:

$$I_{mín} = 0,0055 * Q^{-0,47}$$

Equação 16

$$I_{mín} = 0,0055 * 1,5^{-0,47} = 0,00455m/m$$

Dentre as duas declividades foi utilizada a maior, que foi a do terreno de 0,0375 m/m, obedecendo ao critério de não ultrapassar a declividade máxima de 3,5438 m/m, adotando-se como a declividade de projeto, o valor de $I_p = 0,0375$ m/m.

Declividade Máxima:

$$I_{máx} = 4,65 * Q^{-0,67}$$

Equação 17

$$I_{máx} = 4,65 * 1,5^{-0,67} = 3,5438m/m$$

5.4. Cálculo das lâminas e velocidade

Para os cálculos de lâminas d'água foram considerados que as tubulações devem funcionar com uma lâmina igual ou inferior a 75% do diâmetro da tubulação.

Cálculo da relação entre vazão de projeto e declividade de projeto:

$$\frac{Q_p}{\sqrt{I_p}}$$

Equação 18

$$\frac{0,0015}{\sqrt{0,0375}} = 0,00775$$

Com esse valor de 0,0077 foi possível entrar na tabela de lâminas d'água e encontrar as relações de $\frac{Y}{D}$ e de $\frac{V}{\sqrt{I}}$;

$$\frac{Y}{D} = 0,153$$

$$\frac{V}{\sqrt{I}} = 4,51$$

Com os valores encontrados calculou-se a velocidade:

$$V = 4,51 * \sqrt{0,0375} = 0,873 \text{ m/s}$$

$$V_i = V_f = 0,873 \text{ m/s}$$

Profundidade da singularidade:

A profundidade da rede coletora de esgoto está relacionada com a possibilidade de esgotamento das instalações sanitárias e proteção das tubulações contra cargas externas, para a determinação da profundidade da singularidade, levou-se em consideração o recobrimento e o diâmetro do coletor de 150 mm. Optou-se pelo coletor ser assentado no leito da via de tráfego, por não termos informações suficientes sobre os demais sistemas já implantados, adotando-se a profundidade mínima de 0,9 m para o início da rede coletora.

$$P = 0,9 + 0,15 = 1,05 \text{ m}$$

Cotas do terreno:

Montante = 36,75 metros

Jusante = 33,75 metros

Cotas do coletor:

Montante = $35,75 - 1,05 = 34,70 \text{ m}$

Jusante = $34,70 - (80 * 0,0375) = 31,70 \text{ m}$

Cálculo da tensão trativa:

Para o cálculo da tensão trativa utilizou-se o coeficiente β o qual é tabelado, com o valor de $y/d = 0,153$ encontrado anteriormente foi possível entrar na tabela auxiliar de raio hidráulico e encontrar o valor de $\beta = 0,0946$, com o valor do coeficiente foi possível calcular o raio hidráulico através da fórmula $R_h = \beta * d$:

$$R_h = 0,0946 * 0,15 = 0,0141$$

Com esse valor de raio hidráulico calculou-se a tensão trativa através da fórmula $\tau = \delta * R_h * I$;

$$\tau = 10000 * 0,0141 * 0,0375 = 5,32 \text{ N/m}^3 = 5,32 \text{ Pa}$$

Cálculo da velocidade crítica:

A velocidade crítica foi calculada conhecendo-se o raio hidráulico relativo a Qf. Quando a velocidade final Vf é superior à velocidade crítica Vc, a maior lâmina admissível deve ser 75% do diâmetro do coletor. A máxima velocidade recomendada pela NBR 9649/86 é de Vf = 5 m/s.

$$V_c = 6 * \sqrt{9,8 * 0,0141} = 2,37 \text{ m/s}$$

$$V_f < V_c (0,873 < 2,37)$$

5.6. Verificação dos resultados encontrados no dimensionamento do trecho 1-1.

Profundidade: O coletor está assentado na via de tráfego a uma profundidade de – 1,05 metro, atendendo a NBR 9649 que recomenda uma profundidade mínima de – 0,90 m e uma profundidade máxima entre – 3,0 m a – 4,0 m.

Declividade: A declividade usada foi a de 0,0375 m/m atendendo a declividade mínima encontrada que foi de 0,00455 m/m e a máxima de 3,5438 m/m.

Velocidade de projeto: Adotou-se a velocidade de projeto para o primeiro trecho o valor de 0,873 m/s, atendendo ao critério de velocidade crítica de 2,37 m/s e velocidade máxima de 5,0 m/s.

Tensão trativa: O valor encontrado para a tensão trativa foi de 5,32 Pa, atendendo o recomendado que é de no mínimo 1 Pa, garantindo assim a autolimpeza e evitando que as partículas se depositem no fundo das tubulações.

Distância entre os órgãos acessórios: A distância adotada foi de 80 m entre o terminal de limpeza e o primeiro poço de visita o recomendado de distância máxima é de 100 metros entre um órgão acessório e outro.

5.7. Proposta de concepção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Para a estimativa de vazão de entrada da ETE foi adotado parâmetros da NBR 12209/2011 de Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, de acordo com a população atendida futuramente, a estimativa de cálculo poderia ser feita por trecho, acumulando de montante para jusante, no entanto optou-se por considerar a rede coletora como uma única extensão virtual, convergendo para um ponto comum, por simplificação dos cálculos, para isso foi adotado a Equação 10.

$$Q_{df} = \frac{0,8 * 34.584 * 50}{86.400} = 16,01L/s$$

Para a vazão máxima diária foi adotado a seguinte equação $QD = QMÉD * k1$ ($k1 = 1,2$) e para vazão máxima horária: $QMÁX = QMÉD * k1 * k2$ ($k2 = 1,5$).

$$QD = 16,01 * 1,2 = 19,21L/s$$

$$QMÁX = 16,01 * 1,2 * 1,5 = 28,82L/s$$

Para a taxa de infiltração foi adotado uma extensão virtual de rede coletora de 9620 m e uma taxa de infiltração de 0,1 L/s*Km que representa a ampliação da rede coletora de esgoto:

$$Q_{inf} = 9620 * 0,0010 = 9,62L/s$$

A vazão máxima será $= 28,82 + 9,62 = 38,44$ L/s e a vazão média $= 16,01 + 9,62 = 25,63$ L/s. Para a proposta da concepção da ETE Compacta será adotada a Vazão Máxima horária de 38,44 L/s.

5.8. Estimativa de custos da Implantação da ETE, tratamentos mínimos necessários, características de funcionamento e manutenção.

Antes de realizar a estimativa do custo da ETE para a Universidade, foi realizada uma pesquisa em catálogos de empresas em busca de uma capacidade de tratamento que se enquadrasse na vazão de entrada da ETE, não sendo possível encontrar esse modelo, optou-se por adotar dois métodos para a estimativa de custos, o primeiro considerando ETE's já implantadas em cidades brasileiras, com uma população que se aproxima da população da Cidade Universitária, e o outro método o da Agência Nacional de Águas (ANA), em sua RESOLUÇÃO Nº 601, DE 25 DE MAIO DE 2015, que traz uma estimativa de custos mínimos para os diferentes tipos de tratamento de esgoto e características próprias dos empreendimentos, particularmente no que diz respeito ao seu porte (ou capacidade de tratamento) e à eficiência do processo de tratamento empregado.

A Tabela 08 traz ETE's já implantadas em cidades do Brasil, com custos que variam de acordo com a população e a vazão de tratamento, foi realizado uma estimativa do custo de

implantação, pela vazão de tratamento, com isso foi possível estimar, qual seria o custo de construção da ETE que atenderá a vazão calculada no item 5.7.

Tabela 08 - Custos de implantação de sistemas com Reator Anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) + pós-tratamento

UNIDADE	População (hab)	Vazão (l/s)	Custo de Implantação	Custo Imp./vaz.(R\$)
ETE Congonhas - Ponta Grossa – PR	33.161	54,30	2.184.327,09	R\$ 40.227,01
ETE Cara Cara - Ponta Gr.-PR	24.534	38,20	1.509.602,24	R\$ 39.518,38
ETE Caçadores - Cambé - PR	41.811	107,30	2.765.145,76	R\$ 25.770,23
ETE Almada Mon. – F. do Iguaçu – PR	47.585	61,13	1.920.517,51	R\$ 31.416,93
			Custo Médio de IMP./VAZ	R\$ 34.223,13

Fonte: Adaptado de POLIDO, 2013.

Para o método de cálculo foi usado as variáveis vazão e custo de implantação, após a verificação do custo médio, observou-se que 1L/s tem um custo de aproximadamente R\$ 34.223,13, com os dados encontrados para uma vazão de aproximada de 38,44 L/s para a Cidade Universitária, foi arredondando esse valor para 40,00 L/s, multiplicando esse valor pelo custo médio, chegou-se em um custo de aproximadamente R\$ 1.368.925,20 para a implantação da ETE. Vale ressaltar que esse custo pode sofrer modificações, considerado que as ETE's foram implantadas em anos anteriores a 2019.

A figura 10 apresenta a ETE compacta Congonha na cidade de Ponta Grossa no estado de Paraná a mesmo é composta de reator anaeróbico mais filtro biológico, ela faz parte de um conjunto de 09 ETE's que fazem parte do sistema de tratamento de esgoto da cidade.

Figura 10- Estação de tratamento Congonha em Ponta Grossa - Paraná



Fonte: SANEPAR, 2020.

A seguir será usado o método da ANA que considera o valor *per capita* de referência (R\$/hab), sendo possível observar uma variação maior do custo do tratamento de esgoto, quando comparado com o outro método adotado, pois o método fixa o valor de acordo com as variáveis de eficiência do tratamento versus uma população equivalente de uma cidade, não levando em consideração características de Universidade, haja visto que o consumo *per capita* é diferente se compararmos com uma cidade.

A eficiência de uma estação de tratamento de efluentes pode ser determinada medindo a concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) no efluente bruto e tratado, avaliando então a quantidade de matéria orgânica que está sendo removida durante o processo de tratamento. Portanto, quanto maior a DBO residual de um processo de tratamento de efluentes, maior é o impacto no corpo receptor, uma vez que demandará o oxigênio do meio para decomposição da matéria orgânica remanescente. Já o SST representa a concentração de sólidos presentes em uma amostra, podendo estar em suspensão ou decantados.

Na tabela 09 são considerados nove padrões de eficiência de tratamento que é de A a I, os dados são da ANA, e indica a relação entre os custos e a eficiência de remoção de poluente, apresentando indicadores como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Coliformes Termotolerantes (CF), Fósforo Total (PT), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), e para cada padrão de eficiência, os valores *per capita* são correlacionados com a população equivalente atendida.

Tabela 09 - Custo médio de implantação de uma ETE

Indicador	Padrões de Eficiência para Tratamento de Esgotos								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
DBO	30%	60%	75%	85%	85%	90%	90%	90%	90%
SST	30%	60%	75% **	85%	85%	90%	90%	90%	90%
CF					99,9%		99,9%		99,9%
PT								85%	85%
e/ou								e/ou	e/ou
NTK								85%	85%
Pop. Equivalente (hab.)	Valores <i>per capita</i> de referência (R\$/hab)								
até 10.000	40	70	110	150	160	190	200	230	230
de 10.001 a 20.000	40	50	90	140	140	180	180	200	220
de 20.001 a 50.000	30	40	80	110	120	150	160	190	200
de 50.001 a 100.000	10	40	80	110	110	140	150	180	190
de 100.001 a 200.000	10	40	80	110	110	140	150	180	190
acima de 200.000	10	40	80	110	110	140	150	180	190

Fonte: ANA, Resolução N° 601, 2015.

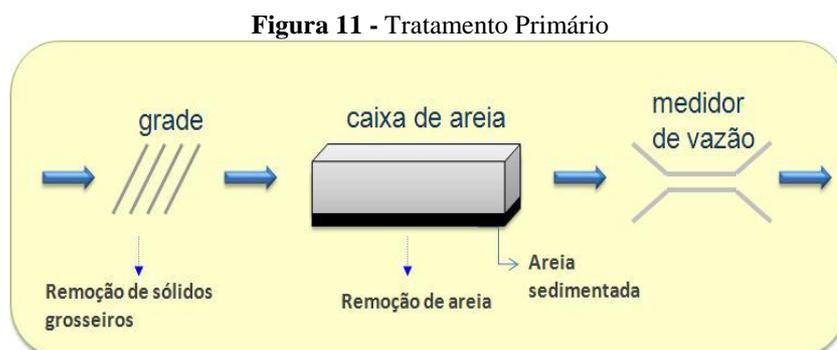
** A ANA, a seu critério, poderá considerar 60% no caso de lagoas de estabilização produtoras de algas.

Adotando o critério de uma população equivalente de 20.001 a 50.000 habitantes, por se enquadrar em uma população que aproxima-se da Universidade, e um padrão de eficiência de indicador C que segundo Oliveira (2006), representa um tratamento secundário de eficiência entre baixa e intermediária na remoção de DBO (podendo ser adotado Reator Anaeróbico de fluxo ascendente UASB, seguidos de alguns tipos de pós-tratamentos, tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios). Este indicador atende o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 430/2011), que recomenda a eficiência mínima de remoção de 20% sólidos em suspensão, totais após desarenação e o DBO com remoção mínima de 60%.

Para os cálculos foi adotado o valor de R\$ 80,00 por habitantes multiplicando esse custo pela quantidade de pessoas (34.584), chegou-se a um valor de aproximadamente R\$ 2.766.720,00, um valor maior que o encontrado anteriormente, quando foi considerado a vazão de entrada do tratamento.

Optou-se por considerar uma média dos dois custos apresentados para a estimativa do custo da ETE, o valor aproximado de implantação será uma média de R\$ 2.067.822,60, vale ressaltar que esse valor é uma estimativa usando dois métodos diferentes. A implantação de uma estação de tratamento envolve um estudo mais detalhado de alternativas que envolvam otimização de processos, fatores econômicos e ambientais, é um campo vasto para pesquisas em algumas Universidades, chegando até o desenvolvimento de sistemas próprios que se adequam a demanda de tratamento local.

No tratamento primário (ver Figura 11), temos a remoção de sólidos grosseiros que não irão fazer parte do tratamento de esgoto, para essa remoção pode-se usar grades grossas de limpeza manual ou mecanizada, caixas de areia de limpeza manual, desareador de limpeza mecanizada, ou até mesmos um conjunto de componentes, contendo uma grade, desareador e uma calha Parshall para medição da vazão.



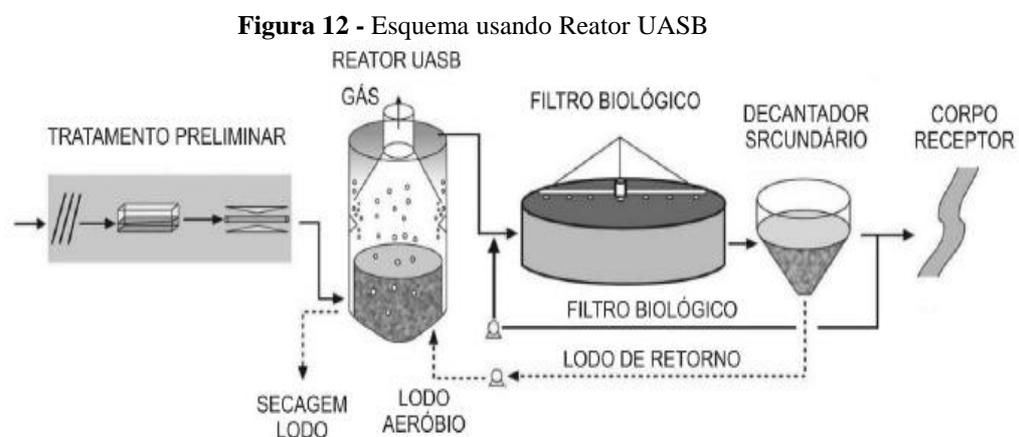
Fonte: VON SPERLING, 2005.

Para o esquema de tratamento podemos dividi-lo em dois, o tratamento primário e um secundário com o uso de reatores UASB, seguidos de alguns tipos de pós-tratamento, tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios.

No tratamento secundário é onde ocorre a remoção de matéria orgânica e eventuais nutrientes, há vários esquemas para essa fase de tratamento, no entanto, adotou-se o uso de reatores UASB, que a seguir será discriminado com mais detalhes o seu funcionamento.

Um dos motivos para a escolha dessa opção de tratamento com o uso de reatores UASB, é que ele está contemplado em Norma, além de diminuir a área de ocupação das estações de tratamento, é uma tecnologia baseada em um reator anaeróbico de fluxo ascendente, composto com um tratamento biológico baseado na decomposição anaeróbica da matéria orgânica, a biomassa cresce dispersa no meio, como a concentração de biomassa no reator é bastante elevada, o volume requerido para os reatores anaeróbios demanda de lodo é bastante reduzido.

O pós-tratamento já incluído na previsão dos custos abordados anteriormente, podem ser seguidos de filtros, decantadores e leitos de secagem como mostrado no esquema da figura 12.



Fonte: VON SPERLING, 2005.

O processo final de desinfecção está sendo acrescentado e não está previsto nos valores apresentados anteriormente, no entanto, é um processo importante para a eficiência do tratamento, antes do efluente chegar em um corpo coletor, que pode ser um córrego ou riacho. O processo de desinfecção poderá ser através da adoção de reações com compostos a base de cloro, radiação ultravioleta ou até mesmo por ozonização, vale ressaltar que o processo de desinfecção não está contemplado nos custos apresentados anteriormente.

Para o dimensionamento dos reatores foram adotados dados já encontrados no dimensionamento da vazão de entrada da ETE, utilizou-se um tempo de detenção de 6 horas

levando-se em consideração uma temperatura ambiente superior a 25 °C, os demais dados encontram-se na tabela 10.

Tabela 10 - Dados usados para dimensionamento dos reatores

Nome/Descrição da variável Dados iniciais	Variável	Valor	Unidade
Tempo de detenção dos esgotos no reator	θ	6	h
População de final de plano	P	34.584	hab
Vazão média de final de plano	Q méd	25,63	L/s
Vazão máxima de final de plano	Q máx	38,44	L/s

Fonte: Adaptado pelo Autor, 2020.

Arredondando-se o valor da vazão máxima para 40 L/s, e transformando a vazão máxima em m³/h encontrou-se o valor de aproximadamente 144 m³/h, com esse valor é possível calcular o volume útil dos reatores através da fórmula:

$$V_{\text{útil}} = Q_{\text{máx}} * \theta$$

Encontrou-se o $V_{\text{útil}} = 144 * 6 = 864 \text{ m}^3$, para o volume útil encontrado e seguindo a recomendação da NBR 12209, para que a profundidade útil do UASB entre 4 m e 6 m. Serão adotados 4 reatores e o volume de cada reator será:

$$V_{\text{reator}} = \frac{864}{4} = 216 \text{ m}^3$$

Foi adotada a forma cilíndrica para os reatores, e seguindo as recomendações da NBR 12209/2011 para uma altura de 4 metros, logo as dimensões encontradas para cada reator é:

Raio: 4,15 m

Altura: 4 m

Volume: 216 m³

Os reatores devem ocupar uma área de aproximadamente 400 m², considerando uma área de circulação de 2 m entre os reatores, área essa que poderá ser usada para manutenção dos equipamentos.

Ao se instalar uma ETE é fundamental prever o serviço de manutenção do sistema, para que a eficiência e a segurança se mantenham ao longo dos anos, garantindo as exigências legais dos órgãos ambientais.

O lodo é um resíduo resultante do processo de tratamento de esgoto usando reatores UASB, ele resulta da decomposição da matéria orgânica, há algumas utilidades e descartes adequados para esse tipo de produto, uma das possibilidades é a aplicação do lodo na agricultura, é uma das formas que é considerada como uma das mais adequadas em termos

técnicos, econômicos e ambientais, desde que convenientemente aplicada, para que ocorra uma correta aplicação desse material é necessário que aconteça uma operação de secagem térmica que proporcione ao material as características necessárias em termos de segurança e praticidade.

Nem todo o lodo produzido poderá ser aplicado na agricultura, aqueles originados na ETE's localizadas em áreas de maior concentração industrial, e portanto com concentrações de metais pesados acima dos limites deverão ser destinados a aterro sanitário exclusivo.

Outra sugestão seria o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a área da Engenharia Civil, usando o lodo na fabricação de concreto não estrutural, tijolos e cerâmica vermelha. Antes da utilização é necessário realizar uma caracterização química do lodo, pois pode variar de acordo com a qualidade da água bruta, sendo necessário também um estudo dos componentes químicos que compõe o lodo.

Assim com a reutilização do efluente tratado em usos menos nobres dentro do Campus, como irrigação de áreas verdes, campos de futebol e lavagens em geral. Além de diminuir os custos e usos de água dentro das instalações da UFMA.

Uma ETE em funcionamento deve receber, periodicamente, uma inspeção geral, que inclui as medições referentes ao seu desempenho, tais como nível de PH (Potencial Hidrogeniônico), OD (Oxigênio Dissolvido), sólidos sedimentáveis, turbidez, cloro residual e temperatura. A parte operacional do sistema também deve ser acompanhada, com vistas a manter o funcionamento adequado da ETE, além da verificação dos parâmetros como BDO, SST dentre outros.

Os processos de manutenções podem variar de acordo com os equipamentos que compões a ETE, podendo ser composta de reatores, decantadores dentre outros componentes, necessitando assim de um operador que acompanhe o processo primário e secundário, e acompanhe os indicadores, que atestam como está o funcionamento dos processos de tratamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os levantamentos dos dados sobre esgotamento sanitário da cidade de São Luís, é perceptível que a cidade necessita de uma maior atenção dos órgãos de fiscalizadores e da comunidade civil, visto a importância das obras de saneamento no âmbito socioambiental e sanitário.

A maior dificuldade encontrada durante a construção do diagnóstico se refere à dificuldade de acesso a informações ou a incongruência dos dados encontrados. A congruência

das informações em conjunto com a veracidade dos dados é fundamental para a criação de um bom diagnóstico do serviço de esgotamento sanitário da cidade.

A prestadora de serviço (CAEMA), tem grande responsabilidade nos níveis de poluição dos principais mananciais do município, já que, regimentalmente, a concessionária tem por objetivo planejar, promover e executar as políticas de Saneamento Básico.

A pesquisa apresentou uma proposição de um sistema de rede de coleta de esgoto, mitigando assim o prejuízo à saúde da população local, através de uma melhor destinação dos esgotos gerados no Campus Bacanga. A escolha da área de pesquisa esteve diretamente ligada com a busca da melhoria da qualidade de vida da comunidade ao redor da Universidade, sendo o trabalho de grande importância para a comunidade acadêmica.

Uma das contribuições do trabalho é a proposição da implantação da rede coletora, e a melhoria nos serviços de saneamento básico e dos índices de saúde pública, atendendo aos padrões mínimos de qualidade, sendo definidos pela legislação específica do setor, com a finalidade de garantir a sustentabilidade dos recursos naturais.

Mesmo não sendo um dos focos do desenvolvimento do trabalho, foi realizado uma estimativa de custos da implantação de uma ETE, para a estimativa do custo de implantação foi adotado dois métodos o primeiro considerando ETE's já implantadas em cidades brasileiras, com uma população que se aproximava da população da Cidade Universitária, e o outro método o da Agência Nacional de Águas (ANA), que traz uma estimativa de custos mínimos para os diferentes tipos de tratamento de esgoto, além dos tratamentos mínimos necessários, características de funcionamento e manutenção da ETE.

Com os dados apresentados no desenvolvimento do trabalho é possível verificar que o custo da ETE é irrisório, considerando os benefícios gerados não só dentro da Universidade, mas também para o meio ambiente. O custo de implantação vai além do valor de um empreendimento, trazendo assim benefício ambiental e social para a comunidade acadêmica e para a comunidade local.

Como propostas para trabalhos futuros, sugere-se um estudo mais detalhado sobre o consumo *per capita* de água na Instituição de Ensino Superior, para que os dados sobre o consumo de água seja mais fidedigno possível, além de uma proposta de uma ETE compacta que atenda a vazão gerada pela instituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR-9648** – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas- **NBR 9649** - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 12209/2011**- Projeto de Estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ANA – Agência Nacional de Águas, **ATLAS ESGOTOS** - Despoluição das Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acessado em: 20 de julho de 2019.
- ANA – Agência Nacional de Águas, **RESOLUÇÃO Nº 601, DE 25 DE MAIO DE 2015**- Aprova o Regulamento do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES para o exercício de 2015 e dá outras providências. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2015/601-2015.pdf/>>. Acessado em: 25 de julho de 2019.
- ANJOS NETO, S. P. **Aspectos históricos e diagnóstico técnico operacional do sistema de esgotos sanitários de São Luís**. São Luís: [s.n], 2006.
- BARROS, Antonio Evaldo Almeida *et al.* **Plano de Desenvolvimento Institucional**. 2017. 124 p. Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2009. Disponível em: <<http://www.ufma.br/portalUFMA/arquivo/V32SYwv2aRuRTuf.pdf>>. Acesso em: 7 março. 2020.
- BRASIL. **Lei Nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 17 julho. 2019.
- CAEMA – **Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão**. Disponível em:<<http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/>>. Acessada em: 06 de julho de 2019.
- CRUZ, I. C et al. **Problemas Socioambientais Urbanos e Rurais Projeto Abandonado: Microbacia do Bacanga São Luís** – MA. UFMA: 2009, p.7.
- FILHO,B.N.F.de. **Esgotamento Sanitário: malefícios e benefícios à população usuária. Caxias**: Instituto Superior de Teologia Aplicada (INTA), 2010. 65 p.: il.
- FUNASA - **Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento**, Brasília, Ministério da Saúde, 373 p. ,2007.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios** – Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em:<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98965.pdf>>. Acessada em: 06 de julho de 2019.

JÚNIOR, J. C. S.; FERREIRA, I. V. L.; BARBOZA, M. G.. **Consumo per capita de água em Instituição de Ensino Superior: estudo de caso**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018, Maceió-AL, ano 2018, n. 75ª SOEA, p.4, 24 ago.2018. Disponível:<https://www.confec.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/88_cpdc3%20A1eides.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2020.

JUNIOR, Marcio Antônio Bezerra de Almeida *et al.* **Diagnóstico dos impactos ambientais provocados pelo lançamento de esgotos no Rio Piarcó em Pombal PB**. Revista Geo Sertões, (Unageo/CFP-UFCG), v. 2, ed. 3, 2017. DOI ISSN 2525-5703. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoes/index>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

MACHADO, BORJA e MORAES, **Desafios e Oportunidades para Implantação de uma das Propostas do Pemapes: O Sistema Combinado**. p. 234-250, 2013 – ISSN: 2317-563X 234, Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA) Gesta, v. 1, n. 2 – 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil**. Edição: Janeiro de 2017. Disponível em:<https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/panorama_plano_s_municipais_de_saneamento_basico.pdf>. Acesso em: 27 março 2020.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto Sanitário** : Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 2ª Edição Revista, Atualizada e Ampliada. 2011.

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. 2006. 214p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE) Disponível em <www.who.int/portuguese/publications/pt>:. Acesso em: 29 jul. 2020.

POLIDO, L. H. **Proposta de projeto e estimativa de custos de uma estação de tratamento de esgoto para o Campus Ecoville da UTFPR**. 2013. Tese (Programa de Pós-Graduação, em Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Resolução CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005.

QUEIROZ, F. G. **Componentes de Sistemas de Esgotamento Sanitário**, Instituto Politécnico, Belo Horizonte, 2017.

SANEPAR - **Companhia de Saneamento do Paraná**. Disponível em :<<http://site.sanepar.com.br/imprensa/galeria/estacao-de-tratamento-de-esgoto-congonhas-ponta-grossa>>. Acessado em: 14 de julho de 2020.

SNIS – **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS: **23º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p. : il.

SNIS – **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.: il.

SNIS – **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Série Histórica, painel de informações sobre saneamento. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acessado em: 28 de junho de 2020.

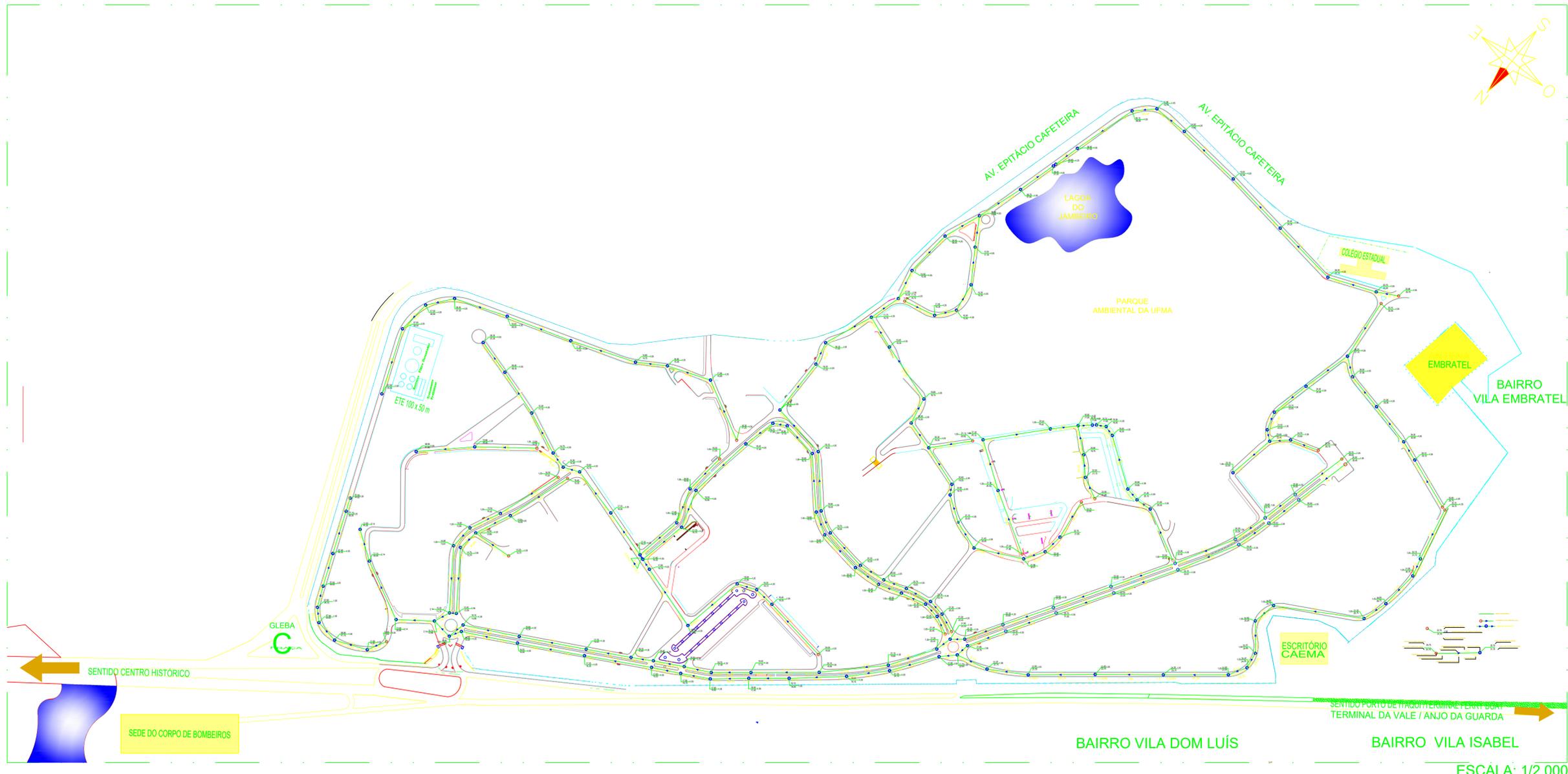
TRATA BRASIL. **Novo Ranking do Saneamento Básico evidencia: melhores cidades em saneamento investem 4 vezes mais que as piores cidades no Brasil**. Disponível em:< http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking2019/PRESS_RELEASE___Ranking_do_Saneamento___NOVO.pdf>. Acessado em: 27 de Maio de 2020.

TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Esgoto Sanitário. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1999.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.R. **Contribuição de Águas Pluviais em Sistemas de Esgotos Sanitários. Estudo de Caso da Cidade de Franca, Estado de São Paulo**. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina. Setembro, 2003.

UFMA, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, **Guia do Estudante, curiosidades e expectativas**. PROEN, Pró Reitoria de Ensino. Disponível em: <<http://www.ufma.br/portaUFMA/arquivo/V32SYwv2aRuRTuf.pdf>>. Acesso em: 27 março 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Volume 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte, 1995.



REVISÕES		
Nº	DATA	DESCRIÇÃO
01	xxxxxx	

		Universidade Federal do Maranhão	
		Local: SÃO LUIS - MA Cidade: UNIVERSITÁRIA - BACANGA	Objeto do Serviço Técnico: PROPOSTA DE SANITIZAÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO DO CAMPUS BACANGA
Área Técnica: SANEAMENTO BÁSICO	Etapa: PROJETO BÁSICO	Disciplina: PLANTA BAIXA	
Data: JUNHO/2020	Escala: 1/2.000	Responsável Técnico: PROJETO	Revisão: 00
		Folha: 01/01	

ESCALA: 1/2.000

PLANILHA DE PROJETO ESGOTO

TRECHO	EXTENSÃO (m)	LI	QdI	Tinf	TxI (K2)	TX (L/s.m)	VAZÃO MONTANTE (L/s)		VAZÃO TRECCHO (L/s)		VAZÃO JUSANTE (L/s)		VAZÃO PROJETO (L/s)		DECLIVIDADE TERRENO (n/m)	DECLIVIDADE MÍNIMA (m/m)	DECLIVIDADE PROJETO (m/m)	COTA DO TERRENO			COTA DO COLETOR			PROFUNDIDADE DO COLETOR	PROFUNDIDADE DA SINGULARIDADE (m/m)	Q/RAIZ(lp)		LÂMINA YD (TABELADO)		DIÂMETRO (mm)	VRAIZ(lj) (TABELADO)	VELOCIDADE FINAL (m/s)	β (TABELADO)	Rh (m)	TENSAO TRATIVA (m/s)	VELOCIDADE CRITICA (m/s)	VELOCIDADE FINAL < VELOCIDADE CRITICA
							INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL								
							INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL				INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL								
1-1	80	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0	0,172	0,172	1,500	0,0375	0,0045	0,0375	35,75	34,70	0,9	1,05	0,00775	0,153	0,15	4,51	0,873	0,0946	0,0142	5,321	2,237	ATENDE										
1-2	27,23	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,248	0,084	0,332	1,500	0,0349	0,0045	0,0349	32,75	31,70	0,9	1,05	0,00803	0,157	0,15	4,58	0,855	0,0969	0,0145	5,071	2,264	ATENDE										
1-3	56,76	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,332	0,176	0,508	1,500	0,0352	0,0045	0,0352	31,80	30,75	0,9	1,05	0,00799	0,155	0,15	4,54	0,852	0,0957	0,0144	5,058	2,250	ATENDE										
1-4	38,65	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,508	0,120	0,627	1,500	0,0673	0,0045	0,0673	29,80	28,75	0,9	1,05	0,00578	0,133	0,15	3,16	0,820	0,0831	0,0125	8,385	2,097	ATENDE										
1-5	100	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,627	0,310	0,937	1,500	0,0040	0,0045	0,0045	27,20	26,15	0,9	1,05	0,02225	0,255	0,15	6,15	0,415	0,1491	0,0224	1,017	2,809	ATENDE										
1-6	34,9	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,937	0,108	1,045	1,500	0,0096	0,0045	0,0096	26,80	25,75	0,9	1,05	0,01618	0,22	0,15	5,61	0,520	0,1312	0,0197	1,892	2,635	ATENDE										
1-7	47,41	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,045	0,147	1,192	1,500	0,0169	0,0045	0,0169	26,50	25,45	0,9	1,05	0,01155	0,186	0,15	5,08	0,660	0,1113	0,0170	2,860	2,445	ATENDE										
1-8	24,25	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,192	0,075	1,267	1,500	0,0124	0,0045	0,0124	25,70	24,65	0,9	1,05	0,01349	0,201	0,15	5,32	0,592	0,1211	0,0182	2,247	2,532	ATENDE										
1-9	29,3	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,267	0,091	1,357	1,500	0,0137	0,0045	0,0137	25,40	24,35	0,9	1,05	0,01284	0,196	0,15	5,24	0,612	0,1184	0,0178	2,425	2,503	ATENDE										
1-10	95,4	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,357	0,295	1,653	1,653	0,0084	0,0043	0,0084	25,00	23,95	0,9	1,05	0,01805	0,233	0,15	5,8	0,531	0,138	0,0207	1,736	2,702	ATENDE										
1-11	100	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,653	0,310	1,962	1,962	0,0080	0,00401	0,0080	24,20	23,15	0,9	1,05	0,02194	0,257	0,15	6,13	0,548	0,1501	0,0225	1,801	2,818	ATENDE										
1-12	98,2	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,962	0,304	2,266	2,266	0,0081	0,00374	0,0081	23,40	22,35	0,9	1,05	0,02511	0,275	0,15	6,37	0,575	0,159	0,0239	1,943	2,901	ATENDE										
1-13	61	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	2,266	0,189	2,455	2,455	0,0066	0,00361	0,0066	22,60	21,55	0,9	1,05	0,03032	0,303	0,15	6,71	0,543	0,1723	0,0258	1,695	3,020	ATENDE										
1-14	48,29	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	2,455	0,149	2,605	2,605	0,0104	0,0035	0,0104	22,20	21,15	0,9	1,05	0,02560	0,277	0,15	7,71	0,785	0,16	0,0240	2,485	2,910	ATENDE										
2-1	86	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,000	0,266	0,266	1,500	0,0349	0,0045	0,0349	21,70	20,65	0,9	1,05	0,00803	0,156	0,15	4,56	0,852	0,0963	0,0144	5,039	2,257	ATENDE										
2-2	55,58	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,266	0,172	0,438	1,500	0,0284	0,0045	0,0284	20,50	19,45	0,9	1,05	0,00890	0,164	0,15	4,7	0,792	0,1008	0,0151	4,298	2,310	ATENDE										
2-3	54,12	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,438	0,168	0,606	1,500	0,0096	0,0045	0,0096	24,92	23,87	0,9	1,05	0,01530	0,373	0,15	5,73	0,562	0,2033	0,0305	2,930	3,280	ATENDE										
2-4	96,6	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,606	0,299	0,905	1,500	0,0031	0,0045	0,0045	24,40	23,35	0,9	1,05	0,02225	0,258	0,15	6,15	0,415	0,1501	0,0225	1,023	2,618	ATENDE										
2-5	100	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,905	0,310	1,214	1,500	0,0080	0,0045	0,0080	24,10	23,05	0,9	1,05	0,01677	0,224	0,15	5,67	0,507	0,1333	0,0200	1,600	2,656	ATENDE										
2-6	78,35	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,214	0,243	1,457	1,500	0,0077	0,0045	0,0077	23,30	22,25	0,9	1,05	0,01714	0,226	0,15	5,7	0,499	0,1343	0,0201	1,543	2,666	ATENDE										
2-7	78,5	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,457	0,243	1,700	1,700	0,0051	0,0043	0,0051	22,70	21,65	0,9	1,05	0,02381	0,268	0,15	6,28	0,448	0,1556	0,0233	1,189	2,870	ATENDE										
2-8	60	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,700	0,186	1,886	1,886	0,0083	0,0041	0,0083	22,30	21,25	0,9	1,05	0,02066	0,249	0,15	6,02	0,550	0,1461	0,0219	1,826	2,781	ATENDE										
2-9	20,27	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	1,886	0,063	1,948	1,948	0,0049	0,0040	0,0049	21,80	20,75	0,9	1,05	0,02774	0,289	0,15	6,55	0,460	0,1657	0,0249	1,226	2,961	ATENDE										
2-10	26,74	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	4,553	0,083	4,636	4,636	0,0056	0,0027	0,0056	21,70	20,65	0,9	1,05	0,06190	0,444	0,15	8,17	0,612	0,2309	0,0346	1,943	3,496	ATENDE										
2-11	75,51	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	4,636	0,234	4,870	4,870	0,0053	0,0026	0,0053	21,55	20,50	0,9	1,05	0,06691	0,467	0,15	8,34	0,607	0,2391	0,0359	1,900	3,557	ATENDE										
2-12	63,47	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	4,870	0,196	5,066	5,066	0,015	0,003	0,015	21,15	20,10	0,9	1,05	0,04141	0,357	0,15	7,34	0,898	0,1965	0,0295	4,412	3,225	ATENDE										
2-13	84,42	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,066	0,261	5,327	5,327	0,013	0,003	0,013	20,20	19,15	0,9	1,05	0,04667	0,38	0,15	7,58	0,865	0,2062	0,0309	4,030	3,303	ATENDE										
2-14	59,13	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,327	0,183	5,511	5,511	0,010	0,002	0,010	19,10	18,05	0,9	1,05	0,05470	0,415	0,15	7,92	0,798	0,2201	0,0330	3,350	3,413	ATENDE										
2-15	56,58	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,511	0,175	5,686	5,686	0,011	0,002	0,011	18,50	17,45	0,9	1,05	0,05521	0,417	0,15	7,92	0,816	0,2209	0,0331	3,514	3,419	ATENDE										
2-16	44,08	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,686	0,136	5,822	5,822	0,002	0,002	0,002	17,90	16,85	0,9	1,05	0,11877	0,664	0,15	9,53	0,467	0,2907	0,0436	1,048	3,922	ATENDE										
2-17	43,57	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,822	0,135	5,957	5,957	0,005	0,002	0,005	17,80	16,75	0,9	1,05	0,08792	0,546	0,15	8,93	0,605	0,2638	0,0396	1,816	3,736	ATENDE										
2-18	100	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	5,957	0,310	6,267	6,267	0,003	0,002	0,003	17,60	16,55	0,9	1,05	0,12533	0,691	0,15	9,62	0,481	0,295	0,0443	1,106	3,951	ATENDE										
2-19	100	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	6,267	0,310	6,576	6,576	0,0080	0,0023	0,0080	17,35	16,30	0,9	1,05	0,07352	0,49	0,15	8,54	0,764	0,2468	0,0370	2,962	3,614	ATENDE										
2-20	84,05	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	6,576	0,260	6,836	6,836	0,0059	0,0022	0,0059	16,55	15,50	0,9	1,05	0,08864	0,544	0,15	8,92	0,688	0,2632	0,0395	2,349	3,732	ATENDE										
2-21	18,93	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	6,836	0,059	6,895	6,895	0,0079	0,0022	0,0079	16,05	15,00	0,9	1,05	0,07746	0,499	0,15	8,61	0,766	0,2497	0,0375	2,968	3,635	ATENDE										
3-1	86	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,000	0,266	0,266	1,500	0,0372	0,0045	0,0372	15,90	14,85	1,15	1,3	0,00778	0,154	0,15	4,53	0,874	0,0952	0,0143	5,313	2,245	ATENDE										
3-2	55,58	9620	13,16	0,0001	1,5	0,00215	0,266	0,172	0,438	1,500	0,0198	0,0045	0,0198	29,10	28,05	0,9	1,05	0,01066	0,18	0,15	4,98	0,701	0,1097	0,0165	3,257	2,409	ATENDE										
3-3	54,12																																				

