



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CAMPUS BALSAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**GENISSON BARROS DA SILVA**

**ESTUDO E CONCEPÇÃO DA REDE DE COLETA DE  
ESGOTO DO BAIRRO FLORA RICA DA CIDADE DE  
BALSAS – MA**

**BALSAS-MA  
2019**

Genisson Barros da Silva

Estudo e Concepção da Rede de Coleta de Esgoto do Bairro Flora Rica da  
Cidade de Balsas – Ma.

Monografia referente ao Trabalho de  
Conclusão de Curso, submetido à  
Coordenação de Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Maranhão  
como parte dos requisitos necessários  
para obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientador: Me. Vinicius Farias de  
Albuquerque

Balsas – MA  
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

BARROS DA SILVA, GENISSON.

ESTUDO E CONCEPÇÃO DE UMA REDE DE COLETA DE ESGOTO NO  
BAIRRO FLORA RICA NA CIDADE DE BALSAS - MA / GENISSON  
BARROS DA SILVA. - 2019.

88 p.

Orientador(a): VINICIUS FARIAS DE ALBUQUERQUE.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,  
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2019.

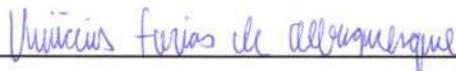
1. BALSAS. 2. ESTUDO E CONCEPÇÃO. 3. SISTEMA DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO. 4. SOLUÇÕES. I. FARIAS DE  
ALBUQUERQUE, VINICIUS. II. Título.

Genisson Barros da Silva

Estudo e Concepção de Uma Rede de Coleta de Esgoto no Bairro Flora Rica na Cidade de Balsas – MA.

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Aprovado em 12, Julho de 2019:**



Prof (a). Me. Vinicius Farias de Albuquerque – Orientador



Prof(a). Me. Claudicéia Silva Mendes



Secretário de Infraestrutura de Balsas. Alfredo Alves Costa Neto - Examinador externo

Balsas-MA

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por acompanhar-me e iluminar-me em todas as minhas ações, sempre me guiando para os melhores caminhos em todos os momentos.

A minha esposa, Ana Lara e minha filha Cecillia, por estarem ao meu lado e me apoiarem em todos os momentos e em qualquer dificuldade.

A minha mãe, Lucileide, por ser uma grande mulher que sempre lutou e batalhou para que o meu futuro fosse o melhor possível.

A meu pai, Genival, por ser um grande homem, que sempre me amparou em todos os momentos na minha vida, sempre me apoiando a realizar os meus sonhos;

Ao professor, Msc. Vinicius de Farias Albuquerque, orientador deste trabalho, pela sua experiência, pelo seu conhecimento e pela sua técnica repassada;

Aos meus amigos que estiveram comigo em todos os momentos, trazendo apoio e carinho para todos os momentos vividos sendo eles bons e ruins.

A todos os docentes do curso de Bacharelado em Engenharia Civil por todo conhecimento passado, por todos os conselhos e por todas as experiências que me ajudaram bastante nessa caminhada;

E a todos que me ajudaram de alguma forma para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

## RESUMO

As cidades brasileiras se desenvolveram de maneira desproporcional, entre o seu uso e ocupação do solo e a implantação de atividades de saneamento básico, onde se destaca que em boa parte destas cidades ainda não possuem um sistema esgotamento sanitário implantado. A ausência deste sistema está relacionada a causas de várias doenças que afetam a população. Este fato indica o desconforto e a baixa qualidade de vida da sociedade nas cidades brasileiras. Em Balsas, cidade situada no sul do Maranhão, a situação não é diferente. Neste contexto, o presente trabalho visa contribuir com esta situação elaborando um estudo e concepção de uma rede de esgoto no Bairro Flora Rica na cidade de Balsas Maranhão, a fim de que o mesmo seja implantado e sirva de exemplo para os demais bairros da cidade. Após a realização de uma revisão bibliográfica sobre o tema, para o andamento do trabalho foi necessário obter informações básicas sobre o bairro, sendo elas, características populacionais, área do território e principalmente o levantamento topográfico da região. Com os levantamentos obtidos foi realizado o estudo e a concepção do traçado de rede no intuito de estabelecer a eficiência como principal fator. Depois de elaborado o traçado foi criada uma planilha de cálculo adquirindo o dimensionamento das tubulações que compõem a rede de esgoto. Logo em seguida obteve-se 2 soluções para a locação da estação de tratamento. Os critérios utilizados para a escolha de tal solução a ser implantada foi baseado na eficiência e capacidade de funcionamento da rede. Com a análise da teoria revisada, das metodologias aplicadas e os resultados obtidos foi possível observar os impactos positivos que a implantação deste trabalho irá causar para uma comunidade e que o mesmo servindo de exemplo para a implantação em toda a cidade, mudando esta realidade do município.

*Palavras chave:* Sistema de Esgotamento Sanitário, Estudo e Concepção, Soluções, Balsas.

## **ABSTRACT**

Brazilian cities have disproportionately developed their use and occupation of land and the implementation of basic sanitation activities. Where it is emphasized that in most of these cities they do not yet have an established sanitary sewage system. The absence of this system is related to causes of several diseases that affect the population. This fact indicates the discomfort and the low quality of life of the population of Brazilian cities. In Balsas, a city in the south of Maranhão, the situation is no different. In this context, the present work aims to contribute to this situation by elaborating a study and conception of a sewage network in the Flora Rica Neighborhood in the city of Balsas Maranhão, so that it can be implanted and serve as an example for the other districts of the city. After carrying out a literature review on the subject, it was necessary to obtain basic information about the neighborhood, with population characteristics, area of the territory and mainly the survey of the region. With the surveys obtained, the study and the design of the network layout were carried out in order to establish efficiency as the main factor. After the drawing was drawn up, a spreadsheet was created, acquiring the dimensioning of the pipes that make up the sewage network. Soon afterwards, 2 solutions were obtained for the treatment station's location. The criteria used to choose such a solution to be implemented was based on the efficiency and capacity of the network. With the analysis of the revised theory, the methodologies applied and the results obtained it was possible to observe the positive impacts that the implantation of this work will cause for a community and that the same serving as example for the implantation in all the city, changing this reality by all the municipality.

Key words: Sanitary sewage system, Study and Design, Solutions, Ferries.

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Rua sem pavimentação e com problemas de infraestrutura.....	15
<b>Figura 2</b> - Escoamento de esgoto das ruas para o Rio Balsas.....	15
<b>Figura 3</b> - Lançamento de esgoto diretamente ao córrego.....	16
<b>Figura 4</b> - Lançamento de esgoto diretamente nas ruas .....	17
<b>Figura 5</b> - Tubulações de esgoto direcionadas para as ruas.....	17
<b>Figura 6</b> - Detalhamento de um poço de visita .....	25
<b>Figura 7</b> - Detalhamento de um Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL) .....	25
<b>Figura 8</b> - Detalhamento de um Terminal de Limpeza (TL).....	26
<b>Figura 9</b> - Modelo de aparelho Garmin GPSMAP 73 .....	27
<b>Figura 10</b> - Relação y/D .....	38
<b>Figura 11</b> - Localização do município de Balsas no Maranhão. ....	41
<b>Figura 12</b> - Pontos extremos Bairro Flora Rica.....	42
<b>Figura 13</b> - Localização do Bairro Flora Rica na cidade de Balsas - Ma.....	42
<b>Figura 14</b> - Mapa das ruas do Bairro Flora Rica.....	43
<b>Figura 15</b> - Locação dos pontos registrados .....	57
<b>Figura 16</b> - Curvas de nível para o bairro Flora Rica.....	58
<b>Figura 17</b> - Desníveis dos trechos entre os pontos.....	60
<b>Figura 18</b> - Divisão das Sub-bacias e coletores tronco do Bairro Flora Rica ...	61
<b>Figura 19</b> - Solução 1 .....	76
<b>Figura 20</b> - Solução 2 .....	78

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	11
1.2.1	Objetivo Geral .....	11
1.2.2	Objetivos específicos .....	12
<b>1.3</b>	<b>Justificativa</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Histórico do esgotamento sanitário</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Esgotamento sanitário no Brasil</b> .....	19
<b>2.3</b>	<b>Sistema de esgotamento Sanitário - Definições</b> .....	20
<b>2.4</b>	<b>Métodos de sistemas de esgoto</b> .....	21
<b>2.5</b>	<b>Partes de um sistema de esgotamento sanitário</b> .....	22
2.5.1	Elementos da rede coletora.....	22
2.5.2	Interceptores .....	22
2.5.3	Estação de tratamento .....	23
2.5.4	Emissário.....	23
2.5.5	Corpo Receptor .....	23
2.5.6	Órgãos Acessórios.....	24
<b>2.6</b>	<b>Levantamento topográfico da Região</b> .....	27
<b>2.7</b>	<b>Estudo e Concepção de traçado de rede</b> .....	28
<b>2.8</b>	<b>Cálculo Populacional</b> .....	29
<b>2.9</b>	<b>Cálculo de vazões das contribuições totais</b> .....	30
<b>2.10</b>	<b>Taxa de Contribuição Linear</b> .....	31
<b>2.11</b>	<b>Taxa de Contribuição Linear inicial e final</b> .....	32
<b>2.12</b>	<b>Vazão de contribuição inicial e final (L/s)</b> .....	33
<b>2.13</b>	<b>Vazões de contribuição de Montante e Jusante</b> .....	33
<b>2.14</b>	<b>Declividade Mínima</b> .....	34
<b>2.15</b>	<b>Declividade do Terreno</b> .....	34
<b>2.16</b>	<b>Declividade da profundidade do coletor</b> .....	35
<b>2.17</b>	<b>Dimensionamento da rede e verificações</b> .....	36
2.17.1	Cálculo diâmetro:.....	36
2.17.2	Verificação da relação $y/D$ .....	38
2.17.3	Velocidade .....	39
2.17.4	Tensão Trativa .....	39
2.17.5	Dimensionamento de Interceptores.....	40

2.18	Caracterização da área de estudo: .....	40
3	<b>METODOLOGIA</b> .....	44
3.1	Escolha do Bairro .....	44
3.2	Levantamento Topográfico .....	44
3.3	Definição do método de levantamento topográfico: .....	46
3.4	Elaboração das Curvas de Nível.....	46
3.5	Definição das sub-bacias .....	47
3.5	Calculos Populacionais do bairro: .....	48
3.6	Cálculo de Vazões .....	50
3.7	Dimensionamento da Rede através da Planilha de Cálculo .....	51
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	57
4.1	Mapeamento do Bairro com o auxílio do GPS Garmin: .....	57
4.2	Curvas de Nível .....	58
4.3	Desníveis e Sub-bacias .....	59
4.2	População inicial do Bairro:.....	62
4.3	População final (após 20 anos) do bairro: .....	62
4.4	Consumo per capta ( $q_i$ , $q_f$ ): .....	65
4.5	Volume de água consumido, inicial: .....	65
4.6	Volume de água consumido, final:.....	65
4.7	Vazão média de esgoto, inicial ( $Q_{d,i}$ ):.....	65
4.8	Vazão média de esgoto, final ( $Q_{d,f}$ ):.....	66
4.9	Taxa de contribuição Linear inicial e final: .....	66
4.10	Dimensionamento da Rede através da Planilha de Cálculo .....	66
4.11	Detalhamento da Rede.....	74
4.12	Levantamento Básico de materiais e escavação .....	74
4.13	Soluções para a locação da estação de tratamento de esgoto.....	74
4.13.1	Solução 1 .....	74
4.13.2	Solução 2.....	77
4.13.3	Solução determinada para o projeto .....	79
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	80
5.1	Considerações Finais .....	80
5.2	Perspectivas para trabalhos futuros .....	82
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	83
	<b>APÊNDICE</b> .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um conjunto de ações realizadas pelo ser humano a fim de garantir condições de salubridade e melhoria da qualidade e expectativa de vida da população.

De acordo com a Lei Federal nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007, Art 3º, item I, considera o saneamento básico como um “conjunto de serviços, instalações operacionais e infraestruturas. Cujas funções são estabelecer o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, realizados de maneira adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente”.

A Lei Federal nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007, Art 2º, item I, determina como princípio fundamental a universalização do acesso ao saneamento básico, propiciando à população este acesso de acordo com suas necessidades e aumentando a eficácia das ações e resultados .

Contudo este direito por mais que seja garantido por lei não vem sendo adotado em boa parte das cidades brasileiras. Onde a grande maioria da população destas cidades ainda não possuem serviços básicos como o de coleta, transporte e tratamento de esgoto.

Este fato é ocasionado nestas cidades devido ao crescimento desordenado, aumento populacional, desenvolvimento industrial e a ausência de planejamento voltado para o conceito de esgotamento sanitário.

Dentre estas cidades, em Balsas Maranhão a situação não é diferente no qual apenas 18% dos esgotos são destinados adequadamente. Estas destinações ocorrem principalmente por soluções individuais como fossas sépticas e por uma rede de coleta e tratamento de esgoto instalado para o Conjunto Habitacional Bairro Veneza (IBGE, 2017). Enquanto as outras soluções são lançar os esgotos ao céu aberto, sendo em um manancial diretamente ou nas ruas onde escoará até aos mesmos mananciais.

O incentivo das políticas públicas voltadas para esta área do saneamento pode mudar esta realidade tanto de Balsas como para as demais

idades brasileiras e conseqüentemente melhorar a qualidade de vida da população.

Estas melhorias da qualidade de vida de uma sociedade podem ocorrer em diversos setores, tais como: melhoria na saúde, economia, no âmbito social e entre outros.

A melhoria na saúde ocorre devido à redução no índice de doenças epidemiológicas tendo em vista que a implantação de saneamento dificulta a proliferação de patógenos responsáveis pela disseminação destas doenças.

Esta melhoria na saúde causa impactos positivos na economia pública, devido a uma redução dos gastos nesta área. Outro fator redutor de custos é a diminuição dos gastos no processo de tratamento de água para distribuição, devido aos mananciais estarem menos poluídos, por causa do tratamento do esgoto que antes era lançado diretamente.

Além na redução de custos, há uma valorização na região em que será implantado o saneamento, motivado pela melhora na higienização da região. As ruas limpas, sem odores, sem a presença de esgoto a céu aberto, no qual facilita o percurso dos pedestres e favorecendo a infraestrutura das ruas são características de melhoras no âmbito social assim como também a preservação do meio ambiente e entre outros fatores positivos que fazem a região se tornarem atrativo.

A presença dessas melhorias são indicadores básicos do nível de desenvolvimento de uma comunidade, município, estado e país. E nas cidades brasileiras estas ações infelizmente são pouco implantadas, onde, se nota que as mesmas desenvolveram-se desproporcionalmente entre a implantação de saneamento e o uso e ocupação do solo, ocasionando problemas sociais gravíssimos, aumentando os índices de doenças e, com isso, reduzindo a qualidade de vida da sociedade.

Entendendo a situação das cidades brasileiras e os inúmeros benefícios que podem ocorrer às suas comunidades devido à implantação de um sistema de esgotamento sanitário, fica clara a necessidade de estudos na área de saneamento básico, precipuamente voltado para área esgotamento sanitário.

Logo, a finalidade deste trabalho é realizar um estudo e concepção de uma rede de esgoto para o Bairro Flora Rica na cidade de Balsas Maranhão. O

mesmo poderá ser apresentado aos gestores públicos da cidade, no sentido de contribuir como um passo para a elaboração do projeto para a localidade que será analisada e tornar possível a implantação nos demais bairros.

Na elaboração do estudo e concepção, deve-se identificar e quantificar todos os fatores que estão relacionados ao sistema, tais como: conhecimentos dos dados populacionais, dados climáticos, pré-dimensionamento da rede e utilizar as melhores alternativas levando em conta os fatores técnicos, econômicos e ambientais, além de idealizar todos os serviços que serão executados para a elaboração do projeto (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Após elaborar tais ações, se projeta o traçado de rede do sistema de esgoto sanitário, onde, segundo a ABNT NBR 9648 (ABNT, 1986), é constituído por diversos componentes tais como: ligações prediais, coletores de esgoto, coletor principal, coletores tronco, órgãos acessórios, interceptor, estação de tratamento, emissário e o corpo receptor. Realizando assim o processo de captação, transporte, tratamento e destinação adequada do esgoto.

O conjunto destas ações, melhorias, análises e aplicações destes componentes indicam os principais fatores necessários para a projeção e aplicação de um sistema de esgotamento sanitário em uma região. Tais indicadores é a base para elaboração deste trabalho, buscando sempre estabelecer um projeto que irá obter eficiência, praticidade e menor custo possível.

## **1.2 Objetivos**

Neste trabalho será estabelecida a busca cujo foco esteja direcionado a apresentar, analisar e executar os objetivos determinados a seguir:

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo de concepção de uma rede de esgoto no bairro Flora Rica, na cidade de Balsas – Maranhão. A fim de elaborar um projeto eficiente, no sentido de que este sirva de exemplo e seja realizado e executado para os demais bairros da cidade.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Revisão Bibliográfica, incluindo, livros, artigos, dissertações, normas e outros meios de informação;
- Realizar um levantamento topográfico da região;
- Levantamento de dados referente ao bairro escolhido tais como: dimensões das ruas, quadras e perímetro do bairro;
- Obter os dados populacionais e projetá-los;
- Obter através de cálculos as taxas de contribuições, vazões, declividade, velocidades, diâmetro das tubulações;
- Verificar se todos os cálculos anteriormente obtidos estão nos padrões normativos;
- Elaborar uma planilha auxiliando em todos os cálculos e verificação realizados;
- Indicar a locação dos coletores de esgoto, coletores-tronco, órgãos acessórios, interceptores, estação de tratamento e corpo receptor;
- Definir o traçado e fazer o dimensionamento da rede para o local proposto de maneira eficiente, buscando o melhor rendimento da mesma com o menor custo de implantação e manutenção.
- Produzir um trabalho de fácil compreensão para servir como base bibliográfica para demais projetos científicos voltados para este tema.

### **1.3 Justificativa**

A não aplicação das atividades que englobam o saneamento básico podem ser a causa de inúmeras doenças que atingem a população brasileira. Segundo o Ministério da Saúde (2002), as principais doenças relacionadas à ausência de saneamento básico são: Diarreia, leptospirose, verminoses, cólera, difteria, dengue, zika, chikungunya, tifo, malária, hepatite, febre amarela, dermatite, doença do aparelho respiratório entre outras.

Tais doenças ocorrem devido à proliferação de vetores, ocasionadas pelas péssimas condições de moradias, interferindo na qualidade de vida da sociedade.

Estas doenças apresentam um alto risco para a saúde da população e em muitos casos levando-os ao óbito. No Brasil, tais doenças estão relacionadas a uma média de 13.449 mortes por ano, possuindo uma proporção de 1,31% do número de mortes em geral. Os custos causados por estas doenças atingem um total de R\$ 2.111.567.634,61 em média por ano, alcançando uma proporção 2,84% do total de gastos do Sistema Único de Saúde (IBGE, 2008 apud TEIXEIRA et al. 2014).

Dentre os diversos problemas na área da saúde, destaca-se a mortalidade infantil, que é um índice que contabiliza o número de óbitos em uma faixa etária de até cinco anos, estes números são utilizados como indicadores básicos de desenvolvimento de uma nação.

A diarreia é uma das doenças responsáveis pela elevação no número de mortalidade infantil. Segundo França et al. (2017), a diarreia é um estado clínico que ocorre devido a transmissão de vírus, bactérias e fungos por vetores que proliferam-se devido a ausência de saneamento básico.

No Brasil, no ano de 2015, segundo França et al. (2017), o número de óbitos em crianças com idade abaixo de cinco anos causadas por diarreia foram de 1.761, devido às condições insalubres de moradia, assim como também, a ausência de serviços básicos como água tratada e coleta, tratamento e destinação correta de esgoto, que é uma triste realidade em boa parte dos municípios do país.

A população da cidade de Balsas – MA, sofrem com os mesmo problemas na área da saúde das demais cidades brasileiras. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2017), no ano de 2014, dado mais atual, a cidade possuiu um índice de mortalidade infantil de 26,04 óbitos por mil nascidos vivos, estando longe dos melhores índices das demais cidades do estado. Quanto ao número de internações por diarreia, a cidade possui um dos maiores números de internações no estado.

Além da diarreia, a dengue e a chikungunya são outras doenças relacionadas à ausência de saneamento básico, que atingem a população da cidade de Balsas – MA. Segundo dados fornecidos pela Secretaria de Saúde, juntamente com a Vigilância Epidemiológica do município de Balsas - MA, foi observado que no ano de 2016 foram registrados 1.351 casos confirmados de pessoas com dengue, assim como também no ano de 2017 foram registrados 1.041 casos confirmados de pessoas com chikungunya.

Estes números indicam os transtornos que a população do município está sofrendo, assim como também, os gastos públicos na área da saúde elevam-se devido à quantidade excessiva de atendimentos.

. Devido a estes fatores se observa que a cidade de Balsas necessita que sejam melhoradas as atividades que englobam o saneamento básico. Dentre estas atividades destaca-se o sistema de esgotamento sanitário que é praticamente inexistente no município.

Sendo assim este trabalho será elaborado no sentido de dar o passo inicial para a implantação de uma rede de coleta, tratamento e destinação adequada de esgoto, em um bairro da cidade, no intuito de despertar a atenção do poder público para essa necessidade tão importante para população do município de Balsas.

O bairro da cidade adotado para a elaboração do trabalho é o Flora Rica, que é um bairro localizado as margens do Rio Balsas e também é delimitado pela Rodovia estadual MA 006. O mesmo possui características residenciais e com presença de alguns pontos comerciais, como farmácias, supermercados, bares e demais tipos de ocupação de solo.

O Flora Rica é um bairro no qual sua população é carente e necessitada de uma atenção especial dos órgãos públicos. O mesmo possui pouquíssima infraestrutura, com boa parte de suas ruas não pavimentadas, em péssimo estado e de difícil deslocamento, ilustrado na Figura 1.

**Figura 1** - Rua sem pavimentação e com problemas de infraestrutura



Fonte: Capturada pelo autor

Além do problema da infraestrutura das ruas, se nota uma grande quantidade de esgoto lançado diretamente nas ruas a céu aberto, conforme a Figura 2, facilitando a proliferação de patógenos, e este esgoto escoado diretamente para o Rio Balsas, que é o principal manancial responsável pela distribuição de água na cidade e também o principal ponto turístico da mesma.

**Figura 2** - escoamento de esgoto das ruas para o Rio Balsas



Fonte: Capturada pelo autor

Este esgoto escoa também para regiões mais baixas, onde se encontram corpos de água que percorrem todo o bairro sentido ao rio Balsas, e possui um grande número de residências as suas margens, tornando esta população sujeita a doenças epidemiológicas e demais problemas que interferem diretamente na qualidade de vida desta sociedade. Além de poluir o córrego, também ocorre a degradação do meio ambiente e toda fauna que nele existe Figura 3.

**Figura 3** - Lançamento de esgoto diretamente ao córrego



Fonte: Capturada pelo autor

O lançamento de esgoto direto as ruas, Figura 5 além de causar proliferação de patógenos e poluir os mananciais, o mesmo, pode acumular e dar início ao processo de erosões, conforme a Figura 4 afetando a infraestrutura das ruas, dificultando ainda mais a situação precária de moradia que este bairro possui.

**Figura 4 - Lançamento de esgoto diretamente nas ruas**



Fonte: Capturada pelo autor

**Figura 5 – Tubulações de esgoto direcionadas para as ruas**



Fonte: Capturada pelo autor

O projeto de um traçado de uma rede de coleta, tratamento e destinação correta de esgoto sendo implantando irá mudar a situação precária na qual este bairro se encontra. Pois, com a coleta de esgoto o mesmo não irá ser lançado diretamente a céu aberto, melhorando a infraestrutura das ruas, evitando a poluição de mananciais importantes, assim como também,

reduzindo a proliferação de patógenos, com isso diminuindo o número de casos de doenças epidemiológicas.

Do ponto de vista econômico, a implantação de uma rede de coleta de esgoto, irá aumentar a valorização desta área, tornando o bairro um atrativo comercial, devido à limpeza e infraestrutura na qual será imposta, assim como também, uma melhora significativa do ponto de vista social, tendo em vista em ser um bairro que se localiza as margens do Rio Balsas, abrindo espaço para a exploração de áreas de lazer as margens, pois com o tratamento do esgoto, diminuirá o a poluição do rio, melhorando a qualidade da água do mesmo, tornando-o um maior atrativo para o lazer da sociedade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para uma melhor compreensão do trabalho apresentado foi elaborado um referencial teórico abrangendo de forma geral todo o conteúdo necessário para facilitar o entendimento e a importância do trabalho.

### **2.1 Histórico do esgotamento sanitário**

O homem desde a antiguidade compreendeu que água contaminada e lixos em exposição estavam relacionados a inúmeras enfermidades. A partir daí surgiram medidas como forma de higienização e limpeza tornando o ambiente saudável para a sociedade (Barros, 2014).

As primeiras atividades voltadas para o manejo do esgoto foram realizadas em Nippur, na Babilônia. Contudo, por toda Idade Média estas ações ficaram estagnadas, resultando em proliferações de doenças que disseminaram 1/3 da população europeia e demais continentes, a peste negra foi a mais devastadora, sendo esta uma das maiores epidemias da história (Barros, 2014).

Somente no ano de 1815, em Londres, foi permitido direcionar os esgotos domésticos nas galerias de águas pluviais, conhecido como Sistema Único de Esgotamento unitário. Este tipo de sistema foi utilizado na época por grandes cidades em diversos países (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Em 1879 nos Estados Unidos foi implantado este sistema, porém foi contestada a maneira de execução. Pois era realizada a coleta, contudo, não havia o tratamento, causando a poluição de importantes mananciais. A partir daí o esgoto passou a ser tratado (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

### **2.2 Esgotamento sanitário no Brasil**

O esgotamento sanitário no Brasil é uma atividade básica fornecida pelos órgãos públicos, que infelizmente ainda evolui lentamente, assim como as demais atividades essenciais, como, distribuição de água tratada e coleta de resíduos sólidos. No ano 2008, o Brasil ocupava a sétima maior economia no mundo, porém, apenas 46% dos domicílios do país realizavam o despejo dos

seus esgotos em uma rede coletora. No mesmo ano 20% da população não possuía água distribuída por uma rede de abastecimento, assim como também a metade dos municípios depositam seus resíduos sólidos ao céu aberto. Tais fatores indicam a necessidade de uma atenção maior na implantação destas atividades básicas para a população (IBGE, 2008 apud TEIXEIRA et al. 2014).

No país, as cidades se desenvolveram de maneira desenfreada e sem planejamento, com isso, o meio ambiente tornou-se vulnerável e muito degradado, onde, todo um habitat é alterado e muitas vezes extinto. Devido a isto, ocorrem inúmeros impactos ambientais e dentre estes se relevam os problemas relacionados a saneamento básico (SOUZA, 2002).

Souza (2002) afirma que, a maneira como as cidades no país se desenvolvem agravam diversos problemas sendo eles sociais, econômicos e ambientais, o adensamento populacional ocorre de maneira aleatória e as classes menos favorecidas são as mais afetadas pela ausência de saneamento básico e a aplicação do mesmo é uma forma eficiente de diminuir esta diferença socioeconômica existente no país.

### **2.3 Sistema de esgotamento Sanitário - Definições**

Segundo a ABNT NBR 9648 (ABNT, 1986, p. 1), um sistema de esgoto sanitário é “um 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”.

De acordo com ABNT NBR 9648 (ABNT, 1986, p.1) o esgoto sanitário “é composto por esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição parasitária”. Esta mesma norma define estes constituintes:

- Esgoto doméstico é definido como “o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”;
- Esgoto industrial é definido como “o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos”;

- Água de infiltração é definida como “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema de esgoto e que penetra nas canalizações”;
- Contribuição pluvial parasitária é definida como “parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário”.

## **2.4 Métodos de sistemas de esgoto**

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (1999), os sistemas de esgotos urbanos podem ser divididos em três métodos, tais como: Sistema de esgotamento unitário que é um sistema que capta esgotos domésticos e industriais, águas de infiltração e águas pluviais; Sistema de esgotamento separador parcial, onde a rede capta parcialmente as águas pluviais e a transporta-as juntamente com os esgotos residuais; Sistema separador absoluto, onde ocorre a separação na coleta e transporte do esgoto doméstico e industrial das águas pluviais e de infiltração em redes independentes.

O método adotado no Brasil é o Sistema separador absoluto em que possui alguns benefícios em relação ao sistema unitário. Pois, a coleta de esgoto e águas pluviais sendo realizada separadamente acarreta em uma menor dimensão das tubulações reduzindo o custo de implantação da rede (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999), o sistema separador absoluto possui vantagens comparadas ao sistema unitário tais como: O sistema unitário necessita que seus condutos possuam grandes seções devido as grandes vazões, dificultando a implantação; O mesmo sistema dificulta o tratamento das contribuições já que tanto esgotos como águas pluviais são lançados nos mesmos condutos; Países tropicais há uma grande incidência de chuvas em certos períodos, exigindo da rede uma estrutura mais vigorosa.

## **2.5 Partes de um sistema de esgotamento sanitário**

A Lei 11.445 de, 5 de Janeiro de 2007, no Artigo 3º, item I, tópico b, indica que esgotamento sanitário “é constituído pelas atividades, infraestruturas operacionais de coleta transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente”.

### **2.5.1 Elementos da rede coletora**

Realizar tais atividades é de responsabilidade da rede coletora de esgoto, que de acordo a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986), é constituída pelos seguintes elementos: Ligação predial, coletor de esgoto, coletor principal coletor tronco. A mesma norma conceitua estes elementos:

- Ligação predial é conceituada como “trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto”;
- Coletor de esgoto é conceituado como “tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento”;
- Coletor principal é conceituado como “coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia”;
- Coletor tronco é conceituado como “tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuições de esgoto de outros coletores”;

Todos estes condutos são responsáveis por transportar as contribuições e lançá-las nos interceptores

### **2.5.2 Interceptores**

.Conforme a ABNT NBR 12207 (ABNT, 1992), o interceptor é uma tubulação de grande porte e de extensos comprimentos, onde sua principal função é receber as contribuições e transportá-las até as estações de tratamento, provocando a defasagem das contribuições amortecendo as vazões máximas, evitando o congestionamento das contribuições.

A concepção dos interceptores deve ser realizada posteriormente a concepção do traçado da rede, buscando-se aplicá-los nos talvegues, assim como também em regiões não urbanizadas, pois diminuiria o custo devido à desapropriação e facilitaria o acesso, instalação e manutenção dos mesmos (TSUTIYA, 1999).

### **2.5.3 Estação de tratamento**

As contribuições que são transportadas pelos interceptores são levadas para a próxima etapa, que é a realização do processo de tratamento. Este processo é garantido por meio da Resolução CONAMA nº 430, de 13 de Maio de 2011, Art. 2º que determina “a disposição de efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências”.

Esta etapa é realizada na estação de tratamento, que de acordo com ABNT NBR 12209 (ABNT, 2011) é definida como “o conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento”.

### **2.5.4 Emissário**

O emissário tem por função transportar o efluente tratado da estação de tratamento até o corpo receptor (BEZERRA, 2011). De acordo com a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) o emissário “é uma tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante”.

### **2.5.5 Corpo Receptor**

O corpo receptor de a ABNT NBR 9648 (ABNT, 1986) é conceituado como “qualquer coleção de água ou solo que recebe lançamento de esgoto em estágio final”.

A Resolução CONAMA nº 430, 13 de Maio de 2011, Art. 21 condiciona o padrão dos efluentes a serem lançados nos corpos receptores:

- Ph entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40° C, sendo que a variação de do corpo receptor não deverá exercer a 3° C no limite da zona de mistura;
- Demanda Química de Oxigênio – DBO 5 dias, 20° C: máximo de 120 mg/L, sendo este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de esfluente de sistema de tratamento com eficiência mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico.

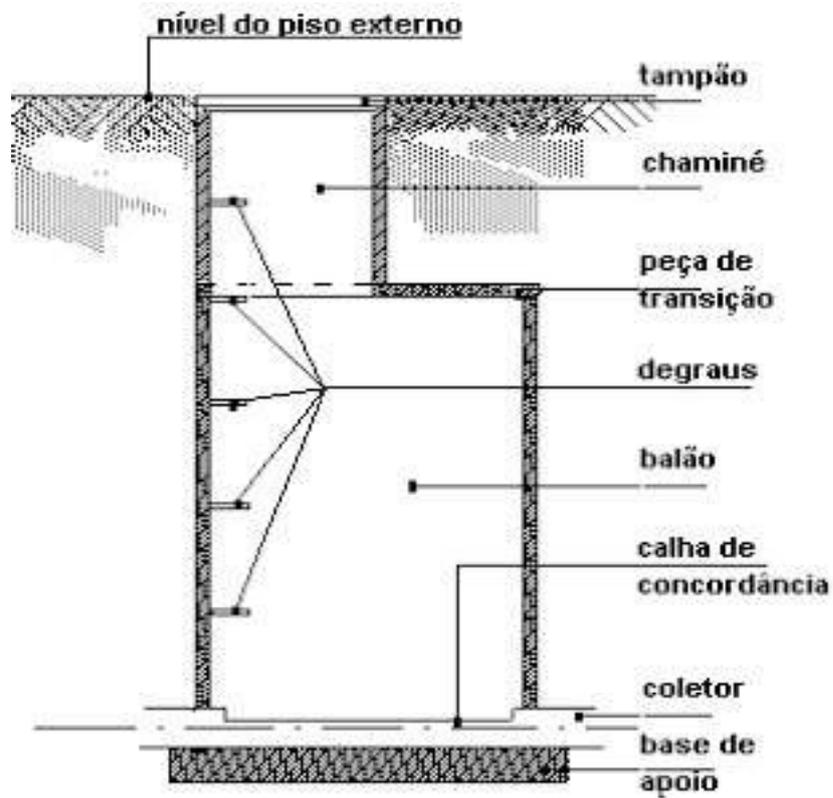
### **2.5.6 Órgãos Acessórios**

Na rede coletora de esgoto, onde possui a presença de todos estes condutos são necessários que haja os órgãos acessórios, que são responsáveis por tornar possível o acesso e manutenção na rede, devido a isto os mesmos não podem estar separados por uma distância maior que 100 metros.

Os órgãos acessórios conforme a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) podem ser: Poço de visita (PV), podendo ser acessado internamente para manutenção, tubo de inspeção e limpeza (TIL), não é acessível internamente, porém possui abertura para que seja realizada a manutenção, terminais de limpeza (TL) e a caixa de passagem (CP).

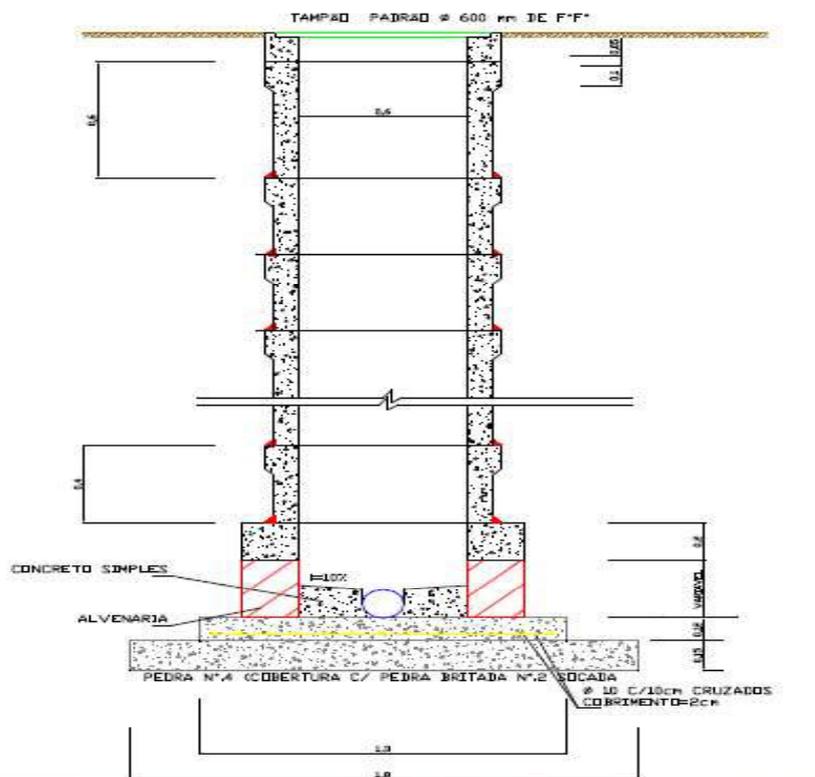
Os Poços de visita, Figura 6, são instalados em regiões onde há a possibilidade de ocorrer congestionamento de sedimentos podendo interromper o escoamento. Esses locais são: Curvas e junções na tubulação e mudança de declividade. Os terminais de Limpeza (TL), Figura 8, podem substituir o PV no início de coletores. Os terminais de Inspeção e Limpeza (TIL), Figura 7, podem substituir o PV nas atividades anteriormente citadas, porém, com profundidades menores que 3 metros (NUVOLARI, 2011).

**Figura 6** - Detalhamento de um poço de visita



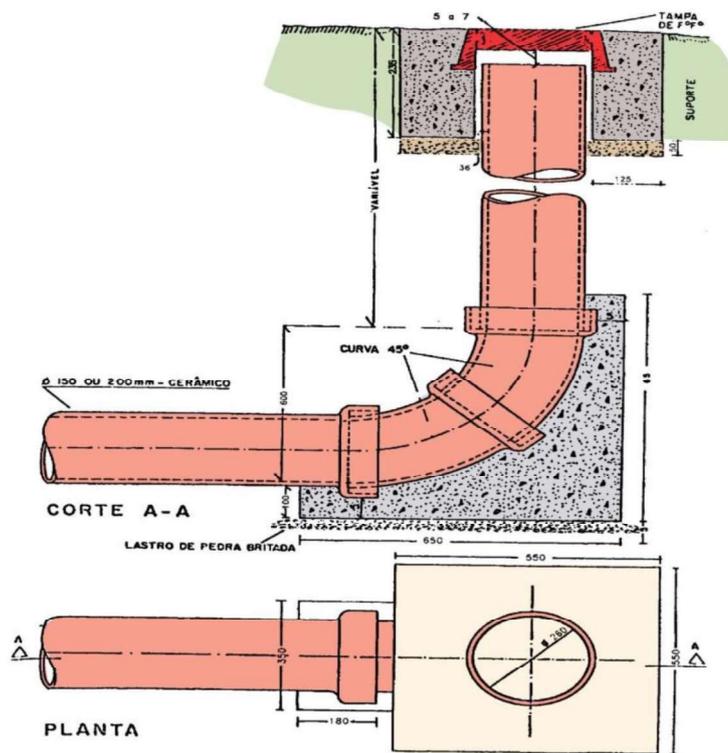
Fonte: (NUVOLARE, 2011)

**Figura 7** - Detalhamento de um Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL)



Fonte: (CASTRO, 2011)

**Figura 8** - Detalhamento de um Terminal de Limpeza (TL)



Fonte: (CASTRO, 2011)

Os órgãos acessórios possuem a função de contribuir na manutenção da rede coletora, pois há uma presença considerável de sólidos orgânicos compostos nos esgotos e estes sólidos em alguns pontos singulares das tubulações podem causar entupimento das mesmas (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Os sedimentos responsáveis pela obstrução dos condutos fazem parte dos sólidos contidos na própria composição do esgoto. Pois, segundo Nuvolari (2011), o esgoto possui em sua composição 99,87% de água, 0,04% de sólidos sedimentáveis, 0,02% de sólidos não sedimentáveis e 0,07% de substâncias dissolvidas, indicando que suas propriedades físicas são idênticas as da água.

Para entender a localização na qual será assentado cada tipo de coletor assim como também, cada tipo de órgão acessório irá depender dos resultados obtidos através do reconhecimento da região e do levantamento topográfico do mesmo.

## 2.6 Levantamento topográfico da Região

As formas utilizadas para a obtenção de um levantamento topográfico podem ser de várias maneiras e com diversos equipamentos. Alguns instrumentos ópticos tais como o teodolito e a estação total, são os mais utilizados atualmente (GOMES, 2001).

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um equipamento que trabalha através da obtenção de sinais emitidos por satélites e transformam as informações recebidas em coordenadas. A precisão, dinamização e baixo custo são as marcas dos levantamentos topográficos obtidos através do GPS (GOMES, 2001).

O aparelho de GPS do modelo GPSMAP 78 fabricado pela empresa Garmin é um instrumento eficaz e apropriado para tais funções, onde conforme o seu manual de fabricação possui uma precisão de 3,5 metros, ilustrado na Figura 9.

**Figura 9** - Modelo de aparelho Garmin GPSMAP 73



Fonte: Manual Gps Garmin

O levantamento Topográfico é uma etapa essencial para a realização do projeto. Através desta etapa torna-se possível realizar o estudo e concepção de traçado de rede.

### **2.7 Estudo e Concepção de traçado de rede:**

O estudo e concepção de traçado de rede consistem em elaborar um traçado de rede levando em conta todos os fatores que fazem parte do sistema. Onde, na fase de pré-dimensionamento é necessário adotar as melhores alternativas.

Para traçar a rede coletora é importante realizar um estudo das bacias e sub-bacias da área, análise do modelo de traçado de rede, identificar características dos materiais utilizados, localizar os coletores tronco, interceptores e estações de tratamento. Também é importante identificar as alternativas de traçado, estudo técnico-econômico das alternativas analisadas, pré-dimensionamento das tubulações e outros materiais constituintes do sistema. Além disso, identificar a presença de corpos de água, rodovias, ferrovias, desapropriação e áreas de preservação ambiental na área de implantação da rede (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

O estudo do traçado de rede a ser implantado depende da topografia do terreno. Os tipos de traçados a serem mais utilizados são: Perpendicular, que é utilizado quando a região possui corpos de água, onde os coletores-tronco são perpendiculares a estes corpos; Leque, é utilizado em terrenos acidentados, onde os coletores tronco estão situados nos talvegues e os secundários incidem aos coletores-tronco, causando um formato de leque; Radial, é utilizado quando a região possui uma superfície predominantemente plana (TSUTIYA, 1999).

Após a realização do estudo e concepção de um traçado de rede deve-se dar início ao cálculo populacional, estimativa da mesma e dimensionamento da rede.

## 2.8 Cálculo Populacional

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento da rede devem levar em conta um importante fator que é a população contribuinte para tal projeto. Sobre este fator é necessário ter conhecimento dos contribuintes iniciais que irão utilizar o sistema no período inicial de projeto, assim como também a população final, esta será uma estimativa de quanto será o número de contribuintes que utilizarão a rede quando a mesma atingir seu tempo de atividade útil em sua plena capacidade;

A população para este projeto é estimada por no mínimo 20 anos, pois será o tempo de funcionamento útil do projeto. Este tempo é estimado para que não ocorra um problema de mau dimensionamento, ocasionando um subdimensionamento sobre a rede devido ao aumento populacional, causando transtornos para a população.

Para realizar a estimativa da população é preciso obter o coeficiente de crescimento anual Equação 2 e em seguida calcular a Equação 1.

### Equação 1 - Estimativa populacional

$$P_t = P_o (1 + K_a)^{(t_2 - t_o)} \quad (1)$$

### Equação 2 - Cálculo do coeficiente Ka ou taxa de crescimento anual

$$K_a = (P_2 - P_o) \left[ \frac{1}{(t_2 - t_1)} \right] - 1 \quad (2)$$

Onde:

$P_t$  = População estimado

$P_o$  = População inicial

$P_2$  = População mais recente

$t_0$  = Ano inicial – (Primeiro ano em relação as valores de população captados.

$t_2$  = Ano mais recente

## 2.9 Cálculo de vazões das contribuições totais

Utilizando os dados populacionais obtidos torna-se possível realizar os cálculos das vazões de contribuições.

Quantificar as vazões das contribuições de esgoto em um município onde não existe uma rede de esgoto executada torna-se uma ação mais difícil. Devido a isto se obtém esta quantificação destas vazões, através do cálculo do volume de água consumida pela comunidade.

O volume de água consumido pela população inicial e final é calculado através da Equação 3 e Equação 4.

### Equação 3 - Volume de água inicial consumido (l/s)

$$V, i = q_{per, capta} \times P_o \quad (3)$$

### Equação 4 - Volume de água final consumido (l/s)

$$V, f = q_{per, capta} \times P_t \quad (4)$$

O coeficiente de retorno é fator que realiza a proporção de quanto do volume de água consumida se tornará esgoto, este coeficiente varia de 0,5 a 0,9, cuja variação ocorre devido às características da região analisada, como áreas residenciais com uma quantidade excessiva de jardins, afetaria no consumo de água, porém a mesma não se tornaria esgoto (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

A vazão inicial é a contribuição em que a rede é responsável por realizar o escoamento referente à população inicial da área onde será projetada. Esta vazão é calculada através da Equação 5. Já a vazão final é a contribuição em que a rede é responsável por realizar o escoamento referente à população final e é calculada através da Equação 6.

**Equação 5** - Vazão média inicial  $Q_{d,i}$  (L/s)

$$Q_{d,i} = \frac{C \times P_i \times q_i}{86.400} \quad (5)$$

**Equação 6** - Vazão média final  $Q_{d,f}$  (L/s)

$$Q_{d,f} = \frac{C \times P_f \times q_f}{86.400} \quad (6)$$

Onde:

C = coeficiente de retorno;

P<sub>i</sub> e P<sub>f</sub> = População inicial e final do plano (hab);

q<sub>i</sub> e q<sub>f</sub> = consumo de água efetivo e de final de plano (L/hab . dia)

## 2.10 Taxa de Contribuição Linear

A taxa de contribuição linear é a proporção entre vazão de esgoto contribuída à rede com majorações, sobre o comprimento total da mesma, sendo esta em litros por segundo a cada metro (l/s.m).

No cálculo da taxa de contribuição linear leva-se em conta coeficientes utilizados para estabelecer as situações mais críticas, projetando assim uma rede que funcionará idealmente diante das condições mais adversas possíveis (NUVOLARE, 2011).

De acordo com a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) os coeficientes são: k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> e k<sub>3</sub>. Onde k<sub>1</sub> determina a vazão máxima diária. K<sub>2</sub> é o coeficiente de vazão máxima horária e k<sub>3</sub> está relacionado à mínima vazão horária. Cujos valores são de 1,5, 1,2 e 0,5 respectivamente.

Além dos coeficientes outro fator importante é a taxa de infiltração que ocorre com o aumento do nível do lençol freático, ligações clandestinas e presença de águas pluviais. As infiltrações são causadas por falhas na execução da rede e nas propriedades dos materiais aplicados. Estas falhas consistem na má execução nas juntas das tubulações, passagem pela parede

dos tubos de má qualidade e falhas nos órgãos acessórios mal executados. Devido a estas ocorrências a taxa infiltração pode quantificar até 1 litro por segundo a cada quilômetro de contribuição da rede (NUVOLARE, 2011).

### 2.11 Taxa de Contribuição Linear inicial e final

A taxa de contribuição linear, por metro de tubulação inicial é a proporção de vazão para população inicial e final com o comprimento total da rede, obtendo uma contribuição por metro, conforme a Equação 7 e Equação 8 respectivamente.

**Equação 7** - Taxa de contribuição linear inicial  $T_{x,i}$  (L/s . m)

$$T_{x,i} = \frac{C \times k1 \times k2 \times Vi}{L_{total} \times 86400} + TI \quad (7)$$

**Equação 8** - Taxa de contribuição linear final  $T_{x,f}$  (L/s . m)

$$T_{x,f} = \frac{C \times k1 \times k2 \times Vf}{L_{total} \times 86400} + TI \quad (8)$$

Onde:

C = Coeficiente de retorno

K1 = Coeficiente de contribuição

K2 = Coeficiente de contribuição

Vi = Volume de água consumido para população inicial

Vf = Volume de água consumido para população final

TI = Taxa de infiltração

Ltotal = Comprimento total da rede

## 2.12 Vazão de contribuição inicial e final (L/s)

A vazão de contribuição é o produto da taxa de contribuição linear sendo esta inicial e final juntamente com o comprimento de cada trecho da rede. Esta vazões são calculadas de acordo com Equação 9 e Equação 10.

**Equação 9** - Vazão de contribuição inicial (L/s)

$$Q_{cont, ini} = Tx, i \times L, trecho \quad (9)$$

**Equação 10** - Vazão de contribuição final (L/s)

$$Q_{cont, fin} = Tx, i \times L, trecho \quad (10)$$

Para o bom funcionamento do sistema é necessário atentar-se as algumas condições hidráulicas tais como: Projetar uma vazão máxima para não sobrecarregar a rede, assim como também uma vazão mínima promovendo a auto limpeza e impedindo o encrostamento dos sedimentos compostos no esgoto. Além de evitar condições ácidas dando origem de sulfetos e gás sulfídrico que podem comprometer alguns materiais que compõem a rede.

Segundo a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) tem como recomendação para as vazões de contribuições não serem menores que 1,5 litros por segundo, para garantir um escoamento mínimo contínuo, auxiliando na auto limpeza das tubulações.

## 2.13 Vazões de contribuição de Montante e Jusante

As vazões de montante inicial e final são as somas das contribuições oriundas de trechos anteriores que estão interligados no mesmo órgão acessório a montante do trecho atual.

Em casos onde o trecho seja o início de uma tubulação, isto implica que não há contribuições anteriores, sendo assim, a vazão será nula, mas de acordo com a norma, esta vazão em nível de calculo deverá ser no mínimo de 1,5 litros por segundo.

As vazões de jusante inicial e final é a soma das vazões de montante juntamente com a vazão de contribuição recebida ao longo do trecho, de acordo com a Equação 11. Caso esta vazão seja menor que 1,5, deverá ser usado o valor mínimo conforme a norma.

**Equação 11** - Vazão de Jusante (L/s)

$$Q, \text{jusante} = Q, \text{montante} + Q, \text{contribuição} \quad (11)$$

## 2.14 Declividade Mínima

A declividade mínima é um fator importante tanto para garantir a autolimpeza ou arraste e o custo de implantação do sistema. A autolimpeza é realizada com o auxílio da declividade que necessita de uma inclinação mínima, conforma a Equação 12, que assegure que ocorrerá escoamento constante evitando a sedimentação das partículas sólidas na superfície das tubulações. A declividade econômica consiste em não utilizar uma declividade maior que a necessária (NUVOLARE, 2011).

**Equação 12** - Cálculo da declividade mínima  $I_{mín}$  (m/m)

$$I_{mín} = 0,0055 \times Q_{cont, ini}^{-0,47} \quad (12)$$

## 2.15 Declividade do Terreno

A declividade do terreno está relacionada com as diferenças entre as cotas nas extremidades de um trecho em relação com o comprimento do mesmo. É obtido através da Equação 13 (NUVOLARI, 2011).

**Equação 13** - Cálculo da declividade do terreno (m/m)

$$I_0 = \frac{(Ct, mon) - (Ct, jus)}{L}$$

(13)

## 2.16 Declividade da profundidade do coletor

A ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) estabelece como uma profundidade mínima de 0,65 metros para um coletor que está assentado no passeio da via e 0,90 metros para um coletor que está assentado no leito da via.

Em alguns casos nem sempre é utilizado somente o recobrimento mínimo, pois, pode-se necessitar de um acréscimo na escavação, aumentando a profundidade do coletor sem alterar a declividade natural do terreno.

Este acréscimo é utilizado quando no encontro de tubulações há trechos com cotas diferentes ou diâmetros diferentes, a fim de manter o encontro destas tubulações na mesma cota. Para realizar esta ação é necessário mudar a profundidade destes coletores.

Outro caso no qual é alterada a profundidade do coletor, ocorre quando a declividade natural do terreno é menor que a mínima ou desfavorável ao sentido do escoamento desejado para o projeto. Devido a isto, é realizado um aprofundamento na escavação a fim de estabelecer uma declividade favorável ao escoamento desejado para o projeto e maior que a declividade mínima estabelecida.

Esta declividade é calculada através da Equação 14.

**Equação 14** - Cálculo da declividade da profundidade da tubulação (m/m)

$$I_{o, tub} = \frac{(Ct, mon - Ct, fundo, tub, mon) - (Ct, jus - Ct, fundo, tub, jus)}{L} \quad (14)$$

Onde:

Ct,mon = cota terreno de montante (m);

Ct,jus = cota terreno de jusante (m);

Ct,fundo,tubo,mon = cota de montante do fundo do tubo (m);

Ct,fundo,tubo,jus = cota de jusante do fundo do tubo (m);

L = comprimento da tubulação no trecho determinado (m);

## 2.17 Dimensionamento da rede e verificações

Para realizar o dimensionamento da rede de esgoto é necessário calcular o diâmetro ou estipulá-lo e verificar a relação da altura da lâmina de esgoto com a seção da tubulação, a velocidade e a tensão trativa:

### 2.17.1 Cálculo diâmetro:

Segundo Nuvolari (2011) o cálculo do diâmetro para vazão máxima pode ser realizado através da Equação 15.

**Equação 15** - Diâmetro máximo da tubulação (mm)

$$DN, máx = 0,3145 \times \left( \frac{Qf}{I_0^2} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Além de ser obtido através do cálculo do diâmetro o mesmo pode ser atribuído. Pois, com a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) é recomendado adotar o diâmetro mínimo de 100 milímetros. Porém a SABESP NTS 025 (NTS, 025), recomenda adotar como diâmetro mínimo de 150 milímetros. Ou seja, utilizando ambas as dimensões como diâmetro mínimo estará perante a norma e quanto maior o diâmetro menor será a relação y/D garantindo uma melhor segurança no funcionamento da rede.

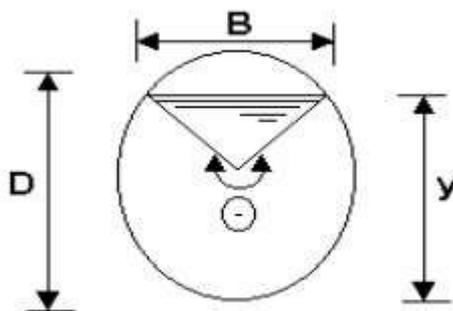
Tabela 1 - Dimensionamento e verificação de tubulações

Y/D	0,050	0,100	0,125	0,150	0,175	0,200	0,225	0,250	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400	0,425	0,450	0,475	0,500	0,525	0,550	0,575	0,600	0,625	0,650	0,675	0,700	0,725	0,750	0,800	0,850	
a	0,9021	1,2870	1,4455	1,5908	1,7264	1,8546	1,9769	2,0944	2,2081	2,3186	2,4265	2,5322	2,6362	2,7389	2,8405	2,9413	3,0416	3,1416	3,2416	3,3415	3,4427	3,5443	3,6470	3,7510	3,8557	3,9646	4,0751	4,1888	4,4286	4,6924	
f(e)	0,0302	0,1312	0,2092	0,3054	0,4193	0,5502	0,6976	0,8607	1,0386	1,2304	1,4353	1,6521	1,8798	2,1174	2,3635	2,6171	2,8769	3,1416	3,4098	3,6801	3,9511	4,2213	4,4890	4,7527	5,0104	5,2605	5,5009	5,7295	6,1416	6,4744	
Rh/D	0,033	0,064	0,078	0,093	0,107	0,121	0,134	0,147	0,159	0,171	0,182	0,193	0,204	0,214	0,224	0,233	0,242	0,250	0,258	0,265	0,272	0,278	0,283	0,288	0,293	0,296	0,299	0,302	0,304	0,303	
0,150	0,0002	0,0011	0,0017	0,0025	0,0034	0,0045	0,0057	0,0071	0,0085	0,0101	0,0118	0,0136	0,0155	0,0174	0,0194	0,0215	0,0237	0,0258	0,0280	0,0303	0,0325	0,0347	0,0369	0,0391	0,0412	0,0432	0,0452	0,0471	0,0505	0,0532	
0,200	0,0016	0,0068	0,0109	0,0159	0,0219	0,0287	0,0364	0,0449	0,0542	0,0642	0,0749	0,0862	0,0981	0,1105	0,1234	0,1366	0,1502	0,1640	0,1780	0,1921	0,2063	0,2204	0,2346	0,2481	0,2615	0,2746	0,2871	0,2991	0,3206	0,3380	
0,250	0,0049	0,0124	0,0198	0,0289	0,0397	0,0521	0,0660	0,0815	0,0983	0,1165	0,1358	0,1544	0,1733	0,1924	0,2118	0,2314	0,2511	0,2708	0,2904	0,3099	0,3292	0,3483	0,3672	0,3859	0,4043	0,4224	0,4401	0,4574	0,4743	0,4908	
0,300	0,0137	0,0288	0,0449	0,0625	0,0814	0,1014	0,1224	0,1444	0,1674	0,1914	0,2162	0,2418	0,2681	0,2950	0,3224	0,3503	0,3786	0,4073	0,4363	0,4655	0,4948	0,5242	0,5536	0,5830	0,6123	0,6415	0,6706	0,6995	0,7282	0,7567	
0,375	0,0084	0,0366	0,0584	0,0852	0,1170	0,1535	0,1947	0,2402	0,2898	0,3434	0,4005	0,4610	0,5246	0,5908	0,6595	0,7303	0,8028	0,8767	0,9515	1,0269	1,1026	1,1779	1,2526	1,3262	1,3981	1,4679	1,5350	1,5988	1,7138	1,8067	
0,400	0,0100	0,0435	0,0694	0,1012	0,1390	0,1824	0,2312	0,2853	0,3442	0,4078	0,4757	0,5476	0,6231	0,7018	0,7834	0,8675	0,9536	1,0413	1,1302	1,2198	1,3096	1,3992	1,4879	1,5753	1,6607	1,7436	1,8233	1,8991	2,0356	2,1460	
0,450	0,0137	0,0595	0,0949	0,1386	0,1902	0,2497	0,3166	0,3905	0,4713	0,5583	0,6513	0,7497	0,8530	0,9608	1,0725	1,1876	1,3054	1,4255	1,5472	1,6699	1,7929	1,9155	2,0369	2,1566	2,2735	2,3870	2,4961	2,5998	2,7866	2,9378	
0,500	0,0181	0,0788	0,1257	0,1835	0,2520	0,3307	0,4192	0,5172	0,6242	0,7394	0,8626	0,9928	1,1297	1,2724	1,4204	1,5728	1,7289	1,8880	2,0492	2,2116	2,3745	2,5388	2,6977	2,8562	3,0111	3,1614	3,3058	3,4432	3,6909	3,8909	
0,600	0,0295	0,1282	0,2045	0,2985	0,4097	0,5377	0,6817	0,8411	1,0149	1,2024	1,4026	1,6145	1,8370	2,0691	2,3097	2,5575	2,8114	3,0701	3,3322	3,5963	3,8612	4,1232	4,3868	4,6444	4,8953	5,1407	5,3757	5,5990	6,0018	6,3270	
0,700	0,0445	0,1934	0,3084	0,4502	0,6180	0,8111	1,0283	1,2687	1,5310	1,8138	2,1157	2,4353	2,7710	3,1212	3,4840	3,8579	4,2408	4,6310	5,0253	5,4248	5,8243	6,2225	6,6172	7,0058	7,3858	7,7544	8,1088	8,4457	9,0531	9,5439	
0,800	0,0685	0,2761	0,4404	0,6428	0,8824	1,1580	1,4682	1,8114	2,1858	2,5924	3,0432	3,5370	4,0639	4,6245	5,2188	5,8462	6,5074	7,1928	7,9033	8,6397	9,4030	10,1932	11,0104	11,8546	12,7257	13,6236	14,5482	15,5005	16,5822	17,6945	
0,900	0,0859	0,3780	0,6029	0,8800	1,2080	1,5853	2,0100	2,4798	2,9924	3,5452	4,1353	4,7600	5,4162	6,1005	6,8098	7,5405	8,2890	9,0516	9,8243	10,6063	11,3884	12,1692	12,9394	13,6993	14,4396	15,1517	15,8449	16,5088	17,1695	18,654	
1,000	0,1151	0,5006	0,7985	1,1654	1,5999	2,0996	2,6620	3,2842	3,9631	4,6952	5,4769	6,3042	7,1732	8,0796	9,0189	9,9856	10,978	11,988	13,011	14,043	15,077	16,108	17,130	18,136	19,119	20,073	20,991	21,863	23,436	24,706	
1,200	0,1872	0,8140	1,2984	1,8951	2,6016	3,4142	4,3287	5,3406	6,4445	7,6349	8,9060	10,251	11,664	13,138	14,666	16,239	17,851	19,494	21,158	22,835	24,517	26,193	27,854	29,490	31,090	32,642	34,133	35,552	38,105	40,174	
1,500	0,3395	1,4758	2,3541	3,4361	4,7170	6,1903	7,8485	9,6831	11,685	13,843	16,148	18,587	21,149	23,821	26,591	29,444	32,367	35,344	38,362	41,403	44,452	47,491	50,504	53,470	56,370	59,183	61,888	64,459	69,096	72,840	
1,750	0,5120	2,2262	3,5510	5,1832	7,1152	9,3376	11,839	14,606	17,625	20,881	24,357	28,037	31,902	35,933	40,110	44,414	48,823	53,314	57,866	62,454	67,053	71,638	76,181	80,655	85,030	89,274	93,353	97,232	104,23	109,87	
2,000	0,7311	3,1784	5,0659	7,4001	10,159	13,332	16,930	20,854	25,164	29,813	34,776	40,029	45,547	51,302	57,266	63,411	69,706	76,110	82,617	89,167	95,733	102,28	108,77	115,15	121,40	127,46	133,28	138,82	148,81	156,87	
0,150	1,69	3,04	3,40	3,73	4,05	4,34	4,61	4,86	5,10	5,33	5,54	5,74	5,93	6,11	6,28	6,43	6,58	6,71	6,84	6,95	7,05	7,15	7,23	7,30	7,36	7,42	7,45	7,50	7,48		
0,200	2,21	3,46	3,98	4,45	4,89	5,30	5,68	6,04	6,37	6,69	6,99	7,26	7,53	7,77	8,01	8,22	8,43	8,62	8,79	8,96	9,11	9,24	9,36	9,47	9,57	9,65	9,72	9,77	9,82	9,80	
0,250	2,68	4,19	4,82	5,40	5,93	6,42	6,88	7,32	7,72	8,10	8,46	8,80	9,12	9,42	9,70	9,95	10,21	10,44	10,65	10,85	11,03	11,20	11,34	11,48	11,59	11,69	11,77	11,83	11,90	11,87	
0,300	3,11	4,86	5,59	6,26	6,88	7,45	7,99	8,49	8,96	9,40	9,82	10,21	10,58	10,93	11,26	11,56	11,85	12,11	12,36	12,59	12,80	12,99	13,16	13,32	13,45	13,57	13,66	13,73	13,81	13,78	
0,375	3,51	5,49	6,31	7,07	7,77	8,41	9,02	9,59	10,12	10,62	11,09	11,53	11,95	12,34	12,71	13,06	13,38	13,68	13,96	14,22	14,46	14,67	14,87	15,04	15,19	15,32	15,42	15,51	15,59	15,56	
0,400	4,08	6,37	7,33	8,20	9,01	9,76	10,47	11,12	11,74	12,32	12,87	13,38	13,87	14,32	14,75	15,15	15,53	15,87	16,20	16,50	16,77	17,02	17,25	17,45	17,63	17,78	17,90	17,99	18,09	18,06	
0,450	4,25	6,65	7,65	8,56	9,41	10,19	10,93	11,61	12,26	12,86	13,43	13,97	14,48	14,95	15,40	15,82	16,21	16,57	16,91	17,22	17,51	17,77	18,01	18,22	18,40	18,56	18,69	18,78	18,89	18,85	
0,500	4,61	7,19	8,27	9,26	10,18	11,03	11,82	12,56	13,26	13,91	14,53	15,11	15,66	16,17	16,66	17,11	17,53	17,93	18,29	18,63	18,94	19,22	19,48	19,71	19,90	20,07	20,21	20,32	20,43	20,39	
0,600	5,58	8,71	10,02	11,22	12,33	13,36	14,32	15,22	16,06	16,85	17,60	18,31	18,97	19,59	20,18	20,73	21,24	21,72	22,16	22,57	22,95	23,29	23,60	23,87	24,11	24,32	24,49	24,61	24,75	24,70	
0,700	6,18	9,65	11,11	12,44	13,66	14,80	15,87	16,86	17,80	18,68	19,51	20,29	21,02	21,71	22,36	22,97	23,54	24,07	24,56	25,01	25,43	25,81	26,15	26,46	26,72	26,95	27,14	27,28	27,43	27,37	
0,800	6,75	10,55	12,14	13,60	14,94	16,18	17,34	18,43	19,46	20,42	21,32	22,18	22,98	23,73	24,44	25,11	25,73	26,31	26,84	27,34	27,80	28,21	28,59	28,92	29,21	29,46	29,66	29,82	29,98	29,92	
0,900	7,31	11,42	13,14	14,71	16,16	17,50	18,76	19,94	21,05	22,09	23,07	23,99	24,86	25,67	26,44	27,16	27,83	28,46	29,04	29,58	30,07	30,52	30,92	31,28	31,60	31,86	32,08	32,25	32,43	32,37	
1,000	7,84	12,25	14,09	15,78	17,33	18,78	20,13	21,39	22,58	23,69	24,74	25,73	26,66	27,54	28,36	29,13	29,85	30,53	31,15	31,73	32,26	32,74									

### 2.17.2 Verificação da relação y/D

A relação y/D é a proporção da altura da lâmina do esgoto juntamente com o diâmetro da tubulação, serve como verificação se tal diâmetro será capaz de realizar o transporte da vazão que nele percorre. Para redes de esgoto esta razão não deve ser maior que 0,75, caso isto ocorra deverá rever o diâmetro da tubulação, assim como também a declividade da mesma.

Figura 10 - Relação y/D



Fonte: (NUVOLARE, 2011)

Para obter esta relação, deve-se realizar o cálculo da Equação 16, com o resultado se deve buscar na primeira parte Tabela 1. Deve-se buscar a linha que indica o diâmetro da tubulação e identificar o valor aproximado do resultado obtido anteriormente. No topo da coluna da célula onde encontre o valor aproximado indica o resultado da relação y/D.

**Equação 16** - Coeficiente para obtenção da relação y/D

$$Coef = \frac{Q, jusante, final}{\sqrt{I_0, Tub}} \quad (16)$$

Após realizar a verificação da proporção y/D, deve-se realizar o cálculo da velocidade e verificar se a mesma está no padrão normativo.

### 2.17.3 Velocidade

Segundo a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) a velocidade máxima do escoamento é de 5 m/s. Devido a esta recomendação deve-se realizar o cálculo da velocidade e verificar se a mesma está nos padrões permitidos.

Para obter a velocidade deve-se buscar na segunda parte da Tabela 1, na linha do diâmetro da tubulação e na mesma coluna da relação  $y/D$ , anteriormente obtido. Na célula encontrada estará o valor do coeficiente utilizado na Equação 17 para a obtenção do valor da velocidade.

**Equação 17** - Cálculo da Velocidade de escoamento na tubulação (m/s)

$$V = \frac{\text{Coef. obtido da tabela}}{\sqrt{I_{o, Tub}}} \quad (17)$$

Após realizar o cálculo da velocidade, deve-se realizar a verificação acima citada. Caso a verificação não seja aprovada, é necessário realizar a modificação do diâmetro ou aumentar a declividade de fundo da tubulação.

Após a obtenção dos resultados e verificações anteriormente citados, deve-se calcula e verificar a tensão trativa.

### 2.17.4 Tensão Trativa

A tensão trativa tem por objetivo estabelecer aumentar a garantia da autolimpeza, pois nem sempre um fluxo constante é capaz de velocidades verificadas são capazes de realizar o transporte seguro dos sedimentos (NUVOLARI, 2011).

A ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) recomenda como tensão mínima de 1 *Pascal*, sendo este a condição mínima para que ocorra uma autolimpeza eficaz nas tubulações.

Para obter a tensão trativa deve-se buscar na Tabela 1 a terceira linha e a coluna onde está localizado o valor da relação  $y/D$ , também obtido anteriormente. A célula obtida será o valor do coeficiente  $\beta$ , utilizado para o cálculo da tensão trativa  $\sigma$  (Pa).

**Equação 18** - Cálculo da Tensão Trativa (Pa)

$$\sigma = 9800 \times I_{o, tub} \times \beta \times \frac{D}{1000} \quad (18)$$

**2.17.5 Dimensionamento de Interceptores**

Para a realização do dimensionamento do interceptor deve-se realizar os mesmos passos utilizados para o dimensionamento da rede coletora, mas conforme a ABNT NBR 12207 (ABNT, 1992) há alteração na maneira de calcular a declividade mínima, utilizando a Equação 19 e o valor mínimo da tensão trativa passa a ser 1,5 Pascal.

**Equação 19** - Declividade mínima do interceptor

$$I_{mín} = 0,0035 \times Q_{cont, ini}^{-0,47} \quad (19)$$

**2.18 Caracterização da área de estudo:**

A cidade de Balsas está localizada no sul do estado do Maranhão, indicado na Figura 11, cuja população estimada para o ano de 2018 é 93.826 habitantes. Há uma distância de aproximadamente 850 quilômetros da capital do estado São Luís. A área territorial urbana e rural do município é a maior do estado, possuindo um total de 13.141,757 km<sup>2</sup>. A densidade demográfica da cidade é de 6,36 hab/km<sup>2</sup>, sendo ela relativamente baixa devido à extensa área territorial do município por causa da distância da cidade aos povoados. O índice de escolarização das crianças da faixa etária entre 6 e 14 anos é de 94,4% e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, IDHM, é de 0,687. Dados de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE, 2017).

**Figura 11** - Localização do município de Balsas no Maranhão.



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

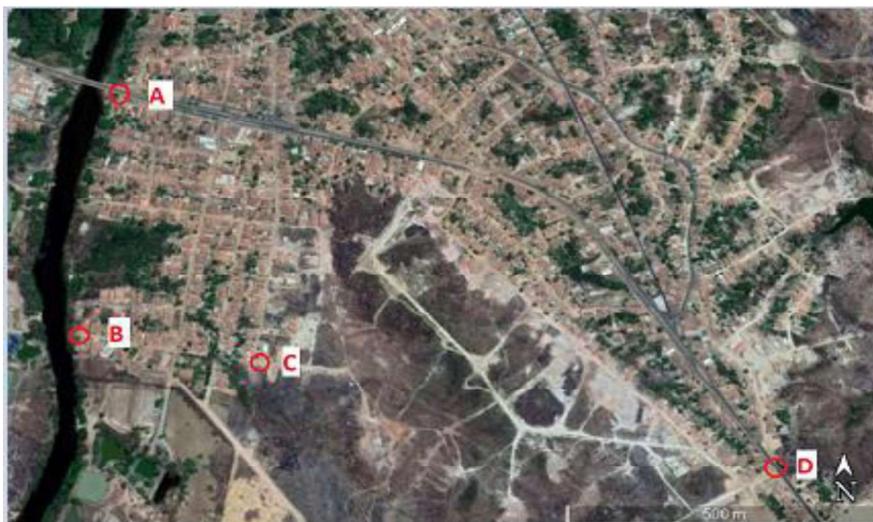
As características econômicas do município são baseadas na agricultura, devido ao cultivo de monoculturas tais como: soja, milho, milheto, sorgo, algodão e entre outros cultivos. Devido a estas características econômicas, o município é terceira maior economia do estado, e a renda *per capita* é do valor de R\$ 25.591,91. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2017).

O município de Balsas é delimitado pelos municípios: Riachão, São Raimundo das Mangabeiras, Fortaleza dos Nogueiras, Tasso Fragoso, Alto Parnaíba, Nova Colinas, Sambaíba e Carolina.

Dentre as características geográficas do município se destacam os recursos hídricos da região, onde rios importantes escoam pelo território do município. Dentre estes rios observam-se: O Rio Balsas, que é o principal afluente do Rio Parnaíba, assim como também, é principal responsável pela distribuição de água para a cidade; Rio Maravilha; Rio Cachoeira; Rio Cocal; Rio Balsinha e entre outros menores córregos que escoam pela região.

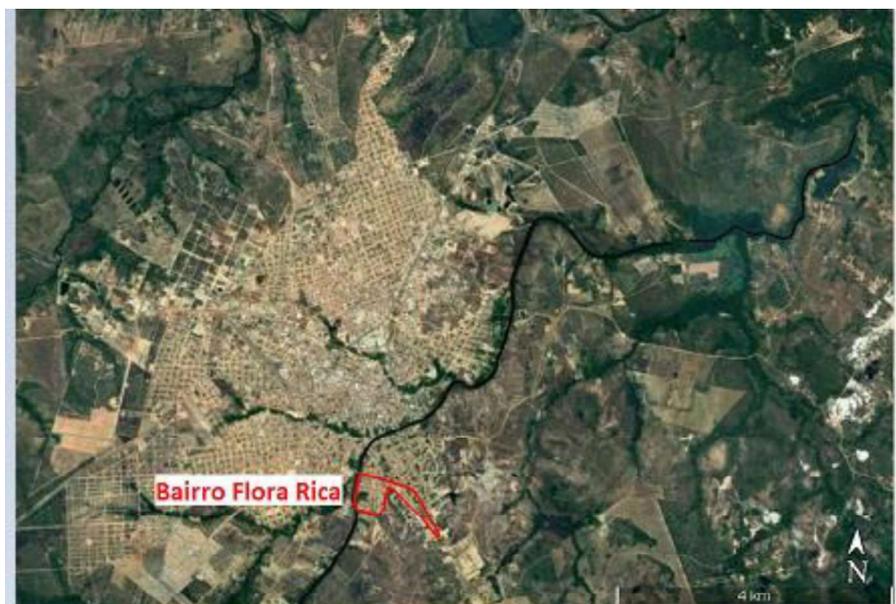
A cidade de Balsas possui mais de 30 bairros dentro do seu perímetro urbano. O Flora Rica é um deles e foi o bairro adotado para que seja elaborado este trabalho, o mesmo está detalhado conforme a Figura 14.

O bairro Flora Rica, de acordo com os pontos coletados com o auxílio de aparelho de GPS portátil, do modelo Garmin GPSMAP 73, possui seus pontos extremos com as seguintes coordenadas: Ponto A: S 7° 32' 24" e O 46° 02' 20"; Ponto B: S 7° 32' 40" e 46° 02' 19"; Ponto C: S 7° 32' 41 e O 46° 02' 21"; Ponto D: S 7° 32' 49" e O 46° 01' 45". Conforme a Figura 12.

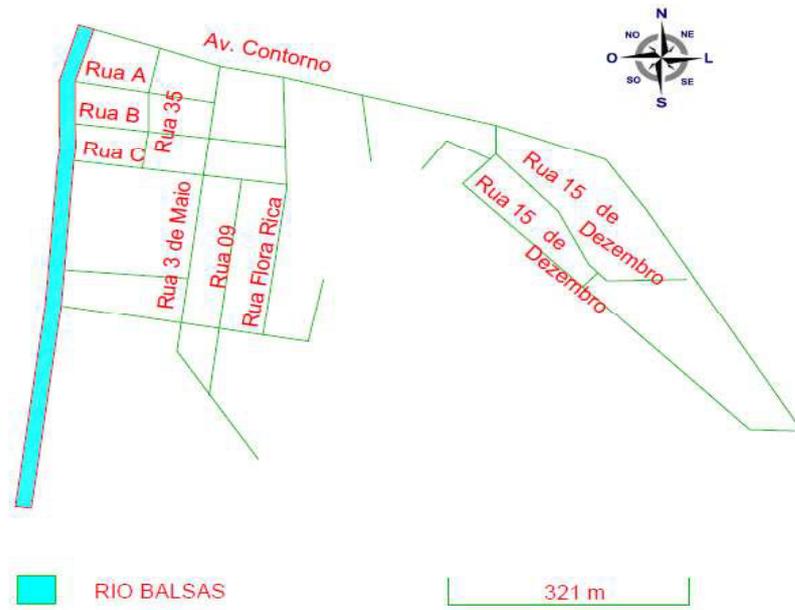
**Figura 12** - Pontos extremos Bairro Flora Rica

Fonte: *Google Earth*, com alterações.

É um bairro localizado na região sudeste da cidade, e encontra-se na saída do território urbano sentido município Alto Parnaíba. O bairro é margens do Rio Balsas, conforme a Figura 13, assim como também é delimitado pela rodovia estadual MA 006. O mesmo possui uma área territorial de 320.872,37 m<sup>2</sup> ou 0,321 km<sup>2</sup> e possuem os bairros Trezidela, Nova Trezidela e Bacaba como bairros vizinhos.

**Figura 13** - Localização do Bairro Flora Rica na cidade de Balsas - Ma

Fonte: *Google Earth*, com alterações.

**Figura 14** - Mapa das ruas do Bairro Flora Rica

Fonte: Elaborado pelo autor.

### **3 METODOLOGIA**

Para elaboração do trabalho é necessário realizar uma análise completa obtendo os dados e características da comunidade tais como: localização, população, infraestrutura existente, análise do sistema de abastecimento de água, de esgoto, galeria de águas pluviais, condições sanitárias, índice estatísticos de saúde (TSUTIYA, 1999).

#### **3.1 Escolha do Bairro**

A metodologia utilizada para a escolha do bairro consistiu na presença de um corpo hídrico receptor, localizado as margens deste bairro, com boa capacidade de dissolução do esgoto tratado.

Outro fator analisado foi à idealização dos impactos positivos, causados devido à implantação de um traçado de rede, que futuramente possa ser executado melhorando a qualidade de vida para tal região.

Os impactos analisados foram no sentido de entender a necessidade da região para uma futura implantação de um sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto.

Devido tais impactos, foi buscado um bairro com uma população de característica economicamente carente, com pouquíssima infraestrutura, saneamento básico mínimo e com péssimas condições de moradia.

Através destas características foi possível identificar uma região que possui tais necessidades. Nesta região foi realizada uma análise aprofundada em diversos sentidos, tais como o seu perfil topográfico, lançamentos de esgotos nas ruas, poluição de mananciais que nela escoam e a qualidade de vida da comunidade que nela povoa.

#### **3.2 Levantamento Topográfico**

No dia 10 do mês de Maio do ano de 2019 foi realizada uma visita de campo. Através desta visita tornou-se possível analisar a topografia do terreno e estudar como seriam as melhores concepções para o traçado de rede.

Nesta mesma data foi realizado um levantamento topográfico de toda área do bairro. Este levantamento foi realizado com auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que é uma ferramenta que utiliza uma tecnologia de localização por satélite, do tipo portátil, do modelo Garmin GPSMAP 73.

Para dar início ao levantamento com o auxílio do GPS, foi necessário após o mesmo ser iniciado, aguardar o aparelho sintonizar-se com o maior número de satélites possíveis, a fim de obter uma melhor calibração do mesmo, conforme o manual do seu fabricante.

Após realizar a calibração do aparelho, foi iniciada a geração de pontos. Cada ponto é gerado através do pressionamento do botão "ENTER" do aparelho de GPS. Para cada pressionamento foi gerado informações tais como a cota altimétrica e a numeração que cada ponto passaria a ter.

A localização do ponto gerado significa que naquela posição é necessária a instalação de um órgão acessório, estes órgãos acessórios estão localizados nos pontos extremos de um trecho, ou seja, a cada dois pontos gerados pelo aparelho foram obtidos um trecho e dois órgãos acessórios consequentemente.

Para definir a posição ideal de cada órgão acessório, utilizou-se as recomendações ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) e SABESP NTS 025 (SABESP, 2006). Através das recomendações geraram-se os pontos nos seguintes casos: Início de um trecho; distância mínima de 100 metros entre os pontos; encontro de trechos e mudanças significativas de altitude. Assim finalizando o processo de geração dos pontos para dar início a leitura dos mesmos.

Durante a análise dos dados observou-se que extensão de alguns trechos estava acima de 100 metros, sendo esta uma das recomendações normativas que não podem ser desrespeitadas, e notou-se também que um ponto foi coletado na parte de cima de uma ponte. Porém, o ponto deve ser coletado na superfície do solo, indicando a cota real do mesmo. Devido a estes fatores, necessitou-se de outra visita na área do bairro.

Nesta visita foram capturados novos pontos na metade dos trechos com comprimento acima de 100 metros, geraram-se também pontos com menor

distância para um melhor detalhamento de uma rua e também foi gerado um novo ponto embaixo da ponte, indicando a cota real do solo naquele local.

### **3.3 Definição do método de levantamento topográfico:**

Os dados topográficos do bairro Flora Rica foram obtidos de três maneiras: Através dos dados fornecidos pelo *software Google Earth Pro*. O mesmo é capaz de fornecer as cotas altimétricas em qualquer parte da área do bairro; Através de um levantamento topográfico de toda a cidade em arquivo CAD, fornecido pela empresa do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Balsas – MA (SAAE) e também pelo levantamento topográfico com o auxílio do aparelho GPS.

Ao analisar todos os levantamentos obtidos, observou-se que o último possuía uma maior variação de cotas entre os pontos gerados. Ou seja, nos demais levantamentos havia grandes faixas de curvas de níveis com as mesmas cotas, indicando que o terreno entre estas curvas seja plano. Porém, na visita de campo notou-se que o terreno possuía consideráveis variações de cotas altimétricas e estas variações foram indicadas no último levantamento. Devido a isto foi utilizado o levantamento obtido com auxílio do aparelho GPS, como o mais confiável para elaboração deste projeto.

### **3.4 Elaboração das Curvas de Nível**

Para obter as curvas de nível foi preciso realizar algumas etapas, tais como: importar o arquivo gerado pelo aparelho de GPS, contendo as informações topográficas da área do bairro, para um software específico e manipulando estes dados até obter as curvas de nível.

A importação das informações contidas no aparelho de GPS foi realizada com a utilização do *software Track Maker* que é um aplicativo responsável por receber os arquivos do aparelho.

Após importar os arquivos é necessário realizar manipulações com os mesmos. Devido a isto, transferiram-se os dados para o *Source Map*, que é um aplicativo responsável por manipular os dados obtidos pelo aparelho.

A manipulação dos dados consistiu além de selecionar os pontos gerados durante a visita, assim como também, criar os trechos entre os pontos e verificar as cotas de montante e jusante, ou seja, a cota do órgão acessório localizado no início do trecho e a cota do órgão acessório no fim do trecho e o comprimento dos mesmos.

Após realizar todas as manipulações foi realizada a exportação do arquivo para o *software Auto Cad* no formato DXF, onde tornou-se possível analisar as declividades naturais para cada trecho.

Para obter as curvas de nível utilizou-se o arquivo em DXF no *software Topocal*. Neste aplicativo foi necessário executar as triangulações entre os pontos obtidos no aparelho de GPS, e logo em seguida foi gerado as curvas de nível.

### **3.5 Definição das sub-bacias**

Após analisar as curvas de nível e as informações das cotas para cada ponto tornou-se possível obter as declividades de cada trecho, indicando os fluxos naturais de cada um e assim possibilitando a percepção das sub-bacias e os talwegues presentes em toda extensão do bairro.

Ao analisar os novos pontos gerados depois da outra visita, juntamente com os anteriormente capturados, notou-se que para a topografia da área não foi possível realizar o escoamento de maneira natural com o auxílio da força da gravidade, devido à diferença de cota entre os pontos, sendo esta diferença contrária ao fluxo natural desejado. Devido a este fato, tornou-se necessário aumentar a profundidade de escavação no intuito de manter o escoamento na forma natural sem a utilização de uma estação elevatória (EE).

Através destes aumentos na profundidade foi possível controlar a declividade do terreno, tornando possível realizar um escoamento contínuo sem a necessidade de bombeamento.

### 3.5 Cálculos Populacionais do bairro:

#### 3.5.1 Área do bairro

Através do mapeamento anteriormente realizado obteve-se também os pontos extremos do bairro. Estes pontos foram exportados do GPS para o *software Auto Cad*, onde, tornou-se possível calcular a área territorial do bairro.

#### 3.5.2 Densidade Populacional

Através da Tabela 2, tornou-se possível obter a densidade populacional conforme as características da comunidade e padrão dos lotes.

**Tabela 2:** Densidades populacionais típicas em função do uso do solo

USO DO SOLO	DENSIDADE POPULACIONAL	
	(hab/ha)	(hab/km <sup>2</sup> )
<b>Áreas residenciais</b>		
Residências unifamiliares: lotes grandes	12 a 36	1200 a 3600
Residências unifamiliares: lotes pequenos	36 a 90	3600 a 9000
Residências multifamiliares: lotes pequenos	90 a 250	9000 a 25000
Apartamentos	250 a 2500	25000 a 250000
<b>Áreas Comerciais sem predominância de prédios</b>	36 a 75	3600 a 7500
<b>Áreas industriais</b>	12 a 36	1200 a 3600

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (1999).

#### 3.5.3 População Inicial

Com a obtenção da densidade populacional e área do bairro, foi calculado através da Equação 20 a população inicial do bairro, ou seja, a população atual do mesmo.

**Equação 20** - População Inicial do Bairro

$$\text{População Inicial} = \text{Densidade populacional} \left( \frac{\text{hab}}{\text{km}^2} \right) \times \text{Área do Bairro (km}^2\text{)} \quad (20)$$

### 3.5.4 População final (estimada para 20 anos) do bairro:

A população final é a população estimada com o mesmo período de vida útil da rede de esgoto.

Para realizar a projeção da população do bairro, foi preciso primeiramente realizar o cálculo da taxa de crescimento anual para da cidade (Ka), conforme a Equação 2, e utilizar a mesma taxa de crescimento para a população do bairro.

**Tabela 3:** Crescimento populacional, município Balsas - Ma

População	População (1991)	% do Total (1991)	População (2000)	% do Total (2000)	População (2010)	% do Total (2010)
População total	41.648	100,00	60.163	100,00	83.528	100,00
População residente masculina	20.354	48,87	29.831	49,58	41.574	49,77
População residente feminina	21.294	51,13	30.332	50,42	41.954	50,23
População urbana	30.633	73,55	50.144	83,35	72.771	87,12
População rural	11.015	26,45	10.019	16,65	10.757	12,88

Fonte: PNUD, Ipea e FJP

Com o Auxílio da Tabela 2 foi obtido os dados populacionais da cidade de Balsas – MA e inseridos na Equação 2, obtendo assim a taxa de crescimento anual do bairro Flora Rica.

$$Ka = (P2 - P0) \left[ \frac{1}{(t2-t1)} \right] - 1 \quad (2)$$

Com a obtenção da taxa de crescimento anual do bairro, calculou-se a população final do bairro através da Equação 1.

$$Pn = P0 (1 + Ka)^{(tn-to)} \quad (1)$$

### 3.6 Cálculo de Vazões

Para obter as vazões foram realizados cálculos a seguir.

#### 3.6.1 Consumo per capita inicial e final ( $q_i$ , $q_f$ )

Após obter as populações inicial e final, é necessário obter o consumo *per capita* que é o consumo de água por habitante.

A empresa responsável pelo fornecimento de água na cidade não possui um controle do volume de água que é consumido pelos habitantes. Devido a este fato foi utilizado o consumo *per capita* de água para domicílios simples estimado de acordo com a SABESP NST 181 (SABESP, 2007).

#### 3.6.2 Volume de água consumido, inicial:

Este volume é calculado através da Equação 3.

$$V, i = q_{per, capita} \times P_o \quad (3)$$

#### 3.6.3 Volume de água consumido, final:

Este volume é calculado através da Equação 4.

$$V, f = q_{per, capita} \times P_t \quad (4)$$

#### 3.6.4 Taxa de contribuição Linear inicial e final:

A taxa de contribuição linear é quantidade média de esgoto que será lançado para a rede de tubulações a cada metro. Ou seja, esta taxa é uma relação entre o volume total de efluentes transportados e o comprimento total do traçado da rede.

O comprimento total da rede foi obtido após ter sido realizado o somatório do comprimento de todos os trechos do bairro.

#### Taxa de contribuição Linear, inicial:

É calculado utilizando a volume inicial, de acordo com a Equação 7.

$$Tx,i = \frac{C \times V,i * k1 * k2}{86.400 \times L, total, trechos} + TI \quad (7)$$

**Taxa de contribuição Linear, final:**

É calculado utilizando a volume final, de acordo com a Equação 8.

$$Tx,f = \frac{C \times V,f * k1 * k2}{86.400 \times L, total dos trechos} + TI \quad (8)$$

### 3.7 Dimensionamento da Rede através da Planilha de Cálculo

A Planilha de cálculo foi elaborada pelo *software Microsoft Office Excel*, e serve como base para obtenção dos resultados utilizados neste trabalho e ao mesmo tempo verificar se os mesmos estão de acordo com a norma. A mesma foi elaborada com 19 colunas, Tabela 4, dentre estas foram divididas em explanar algumas informações tais como: dados dos trechos, vazões, dados topográficos e verificação dos resultados.

**Tabela 4** - Colunas referente a planilha de cálculo

DADOS DO TRECHO			VAZÕES							DADOS TOPOGRÁFICOS					DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
TRECHO	Orgão Acessório mont/ jus	Extensão (m)	Vazão. Linear inicial (l/s)	Vazão Linear fin. (l/s)	Vazão Mont. Ini./ mín. (l/s)	Vazão Mont. fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. Ini. / mín. (l/s)	Vazão Jus. fin. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Mín. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetr o do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo	Vf / lo		$\beta$
																Lâmina Liq (v/do)	Vf		$\sigma$

Fonte: Elaborada pelo autor do trabalho.

**Coluna 1:**

Na coluna 1 está contida a numeração de identificação de cada trecho.

A primeira numeração corresponde a sub-bacia na qual aquele trecho está contido e a segunda numeração é correspondente a sequencia de cálculo que deve ser respeitada para obter o acumulado de vazões corretamente.

Exemplo: Trecho 3.5 – Este trecho faz parte da sub – bacia 3 e deve ser o quinto trecho a ser calculado, dentre os mesmos desta sub – bacia.

**Coluna 2:**

Na coluna 2 está contida a identificação dos órgão acessórios que estão localizados nos extremos de cada trecho.

Cada trecho possui um órgão acessório na sua posição inicial ao escoamento, ou seja, de montante, assim como também possui outro órgão acessório na sua posição final ao escoamento, sendo esta de jusante.

Os critérios utilizados para a determinação do tipo de órgão acessório foi realizada de acordo com (NUVOLARI, 2011) os terminais de limpeza podem ser instalados no inicio de um trecho que não possui contribuições a montante. Os Terminais de inspeção e limpeza substituem os PVs para profundidades menores que três metros, já em profundidades maiores foram adotados a colocação dos PVs.

**Coluna 3:**

Nesta coluna é explanado o comprimento de cada trecho da rede em metros.

**Coluna 4:**

Nesta coluna é obtido o valor da vazão de contribuição conforme a população inicial de projeto no trecho, em litros por segundo.

Este resultado é calculado através da multiplicação entre a taxa de contribuição linear para população inicial de projeto e o comprimento do trecho, conforme a Equação 7

**Coluna 5:**

Nesta coluna é obtido o valor da vazão de contribuição conforme a população final de projeto, em litros por segundo.

Este resultado é calculado através da multiplicação entre a taxa de contribuição linear para população final de projeto e o comprimento do trecho, conforme a Equação 8.

**Coluna 6 e 7:**

Nestas colunas são obtidas as vazões de montante inicial e final para cada trecho. Estas vazões são correspondentes as contribuições oriundas de trechos anteriores a montante.

Nestas colunas também são realizadas as verificações das vazões mínimas, pois, conforme a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) esta vazão não pode ser menor que 1,5 litros por segundo.

**Colunas 8 e 9:**

São obtidas as vazões de jusante para cada trecho. Estas são correspondentes a somatória das vazões de montante e de contribuição do trecho.

Nestas colunas também são realizadas as verificações das vazões mínimas, da mesma forma que foram realizadas nas colunas 6 e 7.

As vazões de jusante calculada são obtidas através da Equação 11.

**Colunas 10, 11, 12, 13:**

Estas colunas estão relacionadas aos dados topográficos e verificações de declividade dos trechos.

Na coluna 10 e 11 são explanadas as cotas de montante e jusante, ou seja, a cota de início e fim do trecho. O fluxo de escoamento que é realizado de maneira natural por força da gravidade ocorre sempre no sentido da maior cota para a menor cota, ou seja, a de jusante.

A declividade mínima, coluna 12, é uma condição mínima para o valor da declividade real do terreno. Esta condição é calculada através da Equação 12.

A declividade real terreno é calculada através da Equação 13. Nos casos em que a declividade do terreno foi menor que a mínima, a célula da tabela permaneceu incolor, nos casos contrários a célula ficou preenchida na cor verde, indicando que a condição foi cumprida.

#### **Coluna 14:**

Foi adotado o diâmetro mínimo para a tubulação, de acordo com a SABESP NTS 025 (NTS, 025), sendo este de DN 150 mm. No caso da altura da lâmina do esgoto ultrapassou os 75% da seção da tubulação, utilizou-se o próximo diâmetro comercial, sendo este de DN 200 mm.

#### **Coluna 15 e 16:**

Através desta coluna são explanadas as cotas da profundidade das tubulações, sendo elas de montante e jusante.

Como o bairro não possui ruas com tráfego intenso, optou-se por utilizar a rede pelo leito das avenidas, onde requer um recobrimento mínimo de 0,90 metros conforme a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986). Este recobrimento mínimo é acrescentado à seção do diâmetro da tubulação, obtendo a profundidade da total de escavação.

Em alguns casos observou-se que o trecho possuía cotas contrárias ao escoamento desejado pelo projeto ou até mesmo sem variação de cotas, sendo este plano. Com isso foi realizado o cálculo da profundidade de escavação necessária para estabelecer uma declividade a favor do escoamento para os demais trechos, usando como base a declividade mínima.

Na coluna 16 é realizado o cálculo da nova declividade levando em conta as cotas explanadas na coluna 15, conforme a Equação 14. Esta nova declividade foi utilizada para os demais cálculos e verificações adiante.

**Coluna 17:**

Nesta coluna foi realizado o cálculo da altura da lâmina de esgoto em relação à seção da tubulação. Assim como também foi verificado se esta relação está de acordo com ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986) sendo que esta proporção não pode ser maior que 75%.

Através da Equação 16 e analisando a Tabela 1 foi possível determinar a proporção  $y/D$ .

Caso esta proporção seja maior que 0,75 deve-se aumentar o diâmetro e buscar a nova razão.

**Coluna 18:**

Nesta coluna foi realizado o cálculo da velocidade ( $v$  em m/s) de escoamento na tubulação. Assim como também foi verificado se esta velocidade não ultrapassou o valor máximo de 5 m/s conforme a ABNT NBR 9649 (ABNT, 1986).

Analisando a Tabela 1 e através da Equação 17, tornou-se possível obter a velocidade de escoamento da tubulação de cada trecho.

**Coluna 19:**

Nesta coluna foi realizada o cálculo da tensão trativa ( $\sigma$  em Pa), assim como também verificou-se se esta tensão era maior que 1 Pa, Conforme a norma acima citada.

Analisando a Tabela 1 e através da Equação 18 tornou-se possível obter a tração trativa para a tubulação de cada trecho da rede.

**Cálculo para interceptor**

O cálculo para interceptor segue os mesmos passos acima citado, modificando apenas os cálculos da declividade, que é realizado através da Equação 19 e a verificação da tensão trativa passa a ser maior que 1,5 Pa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Mapeamento do Bairro com o auxílio do GPS Garmin:

Após importar os pontos do GPS para o *software Map Source*, obteve-se o mapeamento dos principais pontos ao longo do bairro. A disposição de tais pontos no mapa foi realizada através do *software Google Earth Pro* de acordo com a Figura 15.

**Figura 15** - Localização dos pontos registrados



Fonte: *Google Earth*, com alterações.

## 4.2 Curvas de Nível

Após exportar os arquivos do software *Map Source* para o *Topocal* tornou-se possível obter as curvas de nível de toda extensão do bairro. Estas curvas obtidas estão ilustradas através da .

Figura 16.

Figura 16 - Curvas de nível para o bairro Flora Rica



Fonte: *Google Earth*, com alterações.

### 4.3 Desníveis e Sub-bacias

Com os resultados obtidos, tornou-se possível identificar as cotas altimétricas para cada ponto, podendo realizar uma análise da declividade para cada trecho. Ou seja, o trecho entre dois pontos terá o sentido de escoamento natural através da declividade entre cotas do seu terreno, este escoamento natural ocorre no sentido da cota mais alta para a cota mais baixa.

O mapeamento destes desníveis entre os trechos do bairro foi ilustrado de acordo com a Figura 18.

Através destes desníveis obtidos foram divididas as sub-bacias por onde serão realizados os escoamentos. Por esta divisão notou-se a divisão para seis sub-bacias, assim como também a localização dos coletores troncos. Realizando uma captação quase completa da contribuição de todo o bairro

As sub-bacias estão ilustradas através da Figura 19.

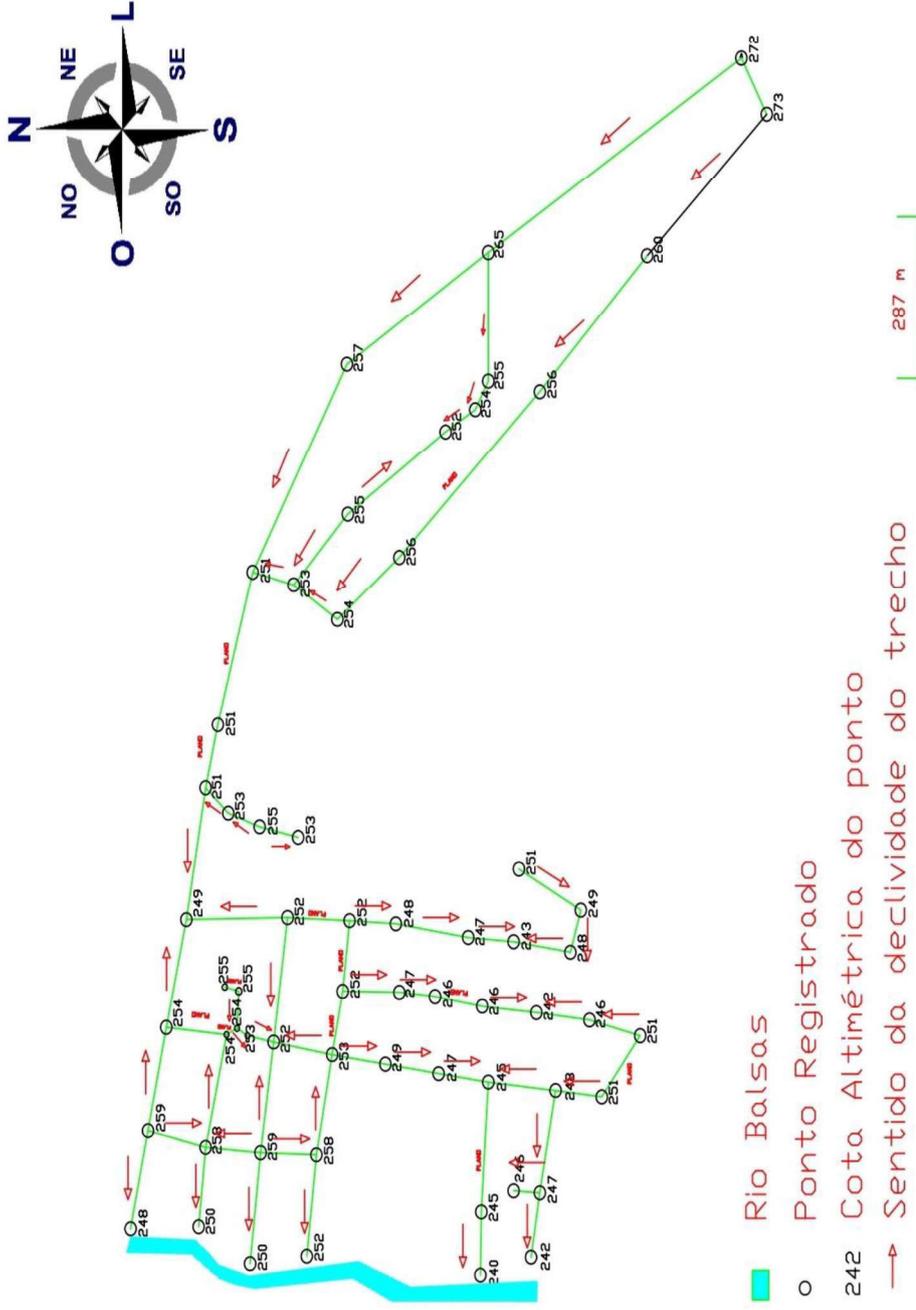
Um dos trechos do bairro não poderá ser atendido, pois o nível das cotas altimétricas das residências estão muito abaixo do nível da Rodovia Estadual MA – 006, conforme a Figura 17.

**Figura 17** - Residências Abaixo do Nível da Rodovia MA - 006



Fonte: Capturada pelo autor deste trabalho

Figura 18 - Desníveis dos trechos entre os pontos



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 19 - Divisão das Sub-bacias e coletores tronco do Bairro Flora Rica



Fonte: Google Earth, com alterações.

#### 4.2 População inicial do Bairro:

A área do bairro foi calculada a partir da captação dos pontos extremos do bairro através de aparelho de GPS, no qual o arquivo gerado foi exportado para o *software Auto CAD*, onde se tornou possível calcular a área do bairro.

**Área territorial do bairro = 320872,3738 m<sup>2</sup> ou 0,3208723738 km<sup>2</sup>.**

Conforme a Tabela 2, analisando as características da comunidade e a ocupação do solo, observou-se que as residências são na grande maioria unifamiliares e os lotes predominantemente pequenos. Com isso foi utilizado o maior número de habitantes por hectare possível, sendo assim 90 habitantes por hectare e conseqüentemente 9000 habitantes por quilometro quadrado.

Através da Equação 20 obteve-se a população inicial do bairro.

$$\text{População Inicial} = \text{Densidade populacional} \left( \frac{\text{hab}}{\text{km}^2} \right) \times \text{Área do Bairro (km}^2) \quad (20)$$

$$\text{População Inicial} = 2888 \text{ habitantes}$$

#### 4.3 População final (após 20 anos) do bairro:

Com o auxílio da Equação 2, obteve-se o coeficiente Ka.

$$Ka = (P2 - P0) \left[ \frac{1}{(t2-t1)} \right] - 1 \quad (2)$$

$$\text{Ka} = 3,34\% \text{ ao ano}$$

Ou seja, desde o ano de 2000 em Balsas a sua população cresce em uma proporção de 3,34% ao ano. Esta mesma taxa será utilizada para estimar a população final do bairro, conforme a Equação 1.

$$Pn = P0 (1 + Ka)^{(tn-to)} \quad (1)$$

Como esta estimativa é realizada em forma de projeção geométrica tanto o  $P_n$  e o  $t_n$  irão aumentar uma unidade até atingir o ano estimado, com isso obtiveram-se as projeções de todos os anos até atingir o prazo estipulado. Conforme a Tabela 5.

Através desta tabela foi obtida a população final estimada para o Bairro Flora Rica.

**População final, (20 anos) = 5567 habitantes**

**Tabela 5:** Estimativa Populacional do Bairro Flora Rica

<b>Ano</b>	<b>População Total (hab)</b>
<b>2020</b>	2984
<b>2021</b>	3084
<b>2022</b>	3187
<b>2023</b>	3293
<b>2024</b>	3403
<b>2025</b>	3516
<b>2026</b>	3634
<b>2027</b>	3755
<b>2028</b>	3880
<b>2029</b>	4010
<b>2030</b>	4143
<b>2031</b>	4282
<b>2032</b>	4424
<b>2033</b>	4572
<b>2034</b>	4724
<b>2035</b>	4882
<b>2036</b>	5045
<b>2037</b>	5213
<b>2038</b>	5387
<b>2039</b>	<b>5567</b>
<b>Ano estimado</b>	<b>Habitantes</b>

#### 4.4 Consumo per capita ( $q_i$ , $q_f$ ):

A empresa responsável pelo fornecimento de água na cidade não possui um controle do volume de água que é consumido pelos habitantes. Devido a este fato foi utilizado o consumo *per capita* de água para domicílios simples conforme a SABESP NST 181 (SABESP, 2007). E foi obtido um volume de consumo entre 70 e 120 litros por dia a cada pessoa, utilizou-se o maior volume.

**Consumo *per capita* = 120 L / dia . pessoa**

#### 4.5 Volume de água consumido, inicial:

Este volume foi obtido através da Equação 3:

$$V, inicial = Consumo per capita \times População inicial \quad (3)$$

$$V, inicial = 346.560 \frac{l}{dia} \text{ ou } 346,56 \frac{m^3}{dia}$$

#### 4.6 Volume de água consumido, final:

Este volume foi obtido através da Equação 4:

$$V, final = Consumo per capita \times População final \quad (4)$$

$$V, inicial = 668.040 \frac{l}{dia} \text{ ou } 668,04 \frac{m^3}{dia}$$

#### 4.7 Vazão média de esgoto, inicial ( $Q_{d,i}$ ):

O cálculo desta vazão é realizado através da Equação 5:

$$Q_{d,i} = \frac{C \times P_i \times q_i}{86.400} \quad (5)$$

$$Q_{d,i} = 3,21 \frac{l}{s}$$

#### 4.8 Vazão média de esgoto, final (Qd,f):

O cálculo desta vazão é realizado através da Equação 6:

$$Qd,f = \frac{C \times Pf \times qf}{86.400} \quad (6)$$

$$Qd,f = 6,17 \frac{l}{s}$$

#### 4.9 Taxa de contribuição Linear inicial e final:

Para obter a taxa de contribuição linear inicial, utilizou-se a Equação 7:

$$Tx,i = \frac{C \times k1 \times k2 \times Vi}{Ltotal \times 86400} + TI \quad (7)$$

$$Tx,i = 0,0015 \text{ L/s.m}$$

Para obter a taxa de contribuição linear final, utilizou-se a Equação 8:

$$Tx,f = \frac{C \times k1 \times k2 \times Vf}{Ltotal \times 86400} + TI \quad (8)$$

$$Tx,f = 0,0027 \text{ L/s.m}$$

#### 4.10 Dimensionamento da Rede através da Planilha de Cálculo

Após a realizar os cálculos anteriores tornou-se possível, preencher a planilha e analisar todos dados e verificações referente ao dimensionamento da rede de esgoto.

Tabela 6 - Tabela de Cálculo do dimensionamento da sub - bacia 1

TRECHO	DADOS DO TRECHO			VAZÕES											DADOS TOPOGRÁFICOS						DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19								
	Orgão Acessório mont / jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. In. / mín. (l/s)	Vazão Mont. / fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. In. / mín. (l/s)	Vazão Jus. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Min. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (y/do)	Vf / lo	$\beta$								
1.1	TIL 1	99	0,1471	0,265	0	0	0,1471	0,265	259	254	0,0045	0,0505	150	258	0,0515	0,0066	4,45	0,093								
	TIL 2				1,5	1,5	1,5	1,5						252,9	0,15	1,01	7,04									
1.2	TIL 2	70	0,1040	0,188	0,1471	0,265	0,2511	0,453	254	253	0,0045	0,0143	150	252,9	0,0143	0,0125	5,3	0,121								
	TIL 4				1,5	1,5	1,5	1,5						251,9	0,20	0,63	2,541									
1.3	TIL 1	68	0,1010	0,182	0	0	0,1010	0,182	259	258	0,0045	0,0147	150	258	0,0147	0,0124	5,30	0,121								
	TIL 3				1,5	1,5	1,5	1,5						257	0,20	0,64	2,616									
1.4	TIL 9	63	0,0936	0,169	0	0	0,0936	0,169	259	258	0,0045	0,0159	150	258	0,0159	0,0119	5,30	0,121								
	TIL 3				1,5	1,5	1,5	1,5						257	0,20	0,67	2,823									
1.5	TIL 3	98	0,1456	0,263	0,1946	0,351	0,3403	0,613	258	253	0,0045	0,0510	150	257	0,0520	0,0066	4,45	0,093								
	TIL 4				1,5	1,5	1,5	1,5						251,9	0,15	1,02	6,975									
1.6	TIL 4	13	0,0193	0,035	0,5914	1,066	0,6107	1,101	254	254	0,0045	0,0000	150	251,9	0,0385	0,0076	4,45	0,093								
	TIL 6				1,5	1,5	1,5	1,5						251,4	0,15	0,87	5,258									
1.7	TIL 1	17	0,0253	0,046	0	0	0,0253	0,046	255	255	0,0045	0,0000	150	253,9	0,0294	0,0087	5,3	0,121								
	TIL 5				1,5	1,5	1,5	1,5						253,4	0,20	0,91	5,231									
1.8	TIL 5	34	0,0505	0,091	0,0253	0,046	0,0758	0,137	255	254	0,0045	0,0294	150	253,9	0,0735	0,0055	4,45	0,093								
	TIL 6				1,5	1,5	1,5	1,5						251,4	0,15	1,21	10,0522									
1.9	TIL 6	15	0,0223	0,040	0,6865	1,238	0,7087	1,278	254	253	0,0045	0,0667	150	251,4	0,0133	0,0130	6,04	0,147								
	TIL 7				1,5	1,5	1,5	1,5						251,2	0,25	0,70	2,8812									
1.10	TIL 7	30	0,0446	0,080	0,7087	1,278	0,7533	1,358	253	252	0,0045	0,0333	150	251,9	0,0333	0,0082	5,3	0,121								
	TIL 8				1,5	1,5	1,5	1,5						250,9	0,20	0,97	5,929									
1.11	TIL 9	97	0,1441	0,260	0	0	0,1441	0,260	259	252	0,0045	0,0722	150	258	0,0732	0,0055	4,45	0,93								
	TIL 8				1,5	1,5	1,5	1,5						250,9	0,15	1,20	100,066									
1.12	TIL 10	69	0,1025	0,185	0	0	0,1025	0,185	253	252	0,0045	0,0145	150	251,9	0,0145	0,0125	5,3	0,121								
	TIL 8				1,5	1,5	1,5	1,5						250,9	0,20	0,64	2,57783									
1.13	TIL 8	60	0,0892	0,1607	1,0000	1,803	1,0891	1,963	252	249	0,0045	0,0500	150	250,9	0,0500	0,0088	5,3	0,121								
	TIL 11				1,5	1,802717	1,5	1,963						247,9	0,20	1,19	8,8935									
1.14	TIL 11	59	0,0877	0,1580	1,0891	1,963	1,1768	2,121	249	248	0,0045	0,0169	150	247,9	0,0169	0,0163	6,04	0,147								
	PV 3				1,5	1,963435	1,5	2,121						246,9	0,25	0,79	3,66254									

MICRO - BACIA 1

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 7 - Tabela de Cálculo do dimensionamento da micro - bacia 2

1	DADOS DO TRECHO			VAZÕES					DADOS TOPOGRÁFICOS					DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRECHO	Orgão Acessório mont / jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. In. / mín. (l/s)	Vazão Mont. / fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. In. / mín. (l/s)	Vazão Jus. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Min. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (y/do)	Vf / lo	$\beta$
2.1	TIL 9	65	0,0966	0,174	0	0	0,0966	0,174	259	258	0,0045	0,0154	150	258	0,0154	0,0121	5,3	0,121
	TIL 12				1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	257	0,0531	0,20	0,66	2,73646			
2.2	TIL 12	96	0,1426	0,257	0,097	0,174	0,239	0,431	258	253	0,0045	0,0521	150	257	0,0531	0,0065	4,45	0,093
	TIL 10				1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	251,9	0,15	1,03	7,26272					
2.3	TIL 10	62	0,0921	0,166	0,239	0,431	0,331	0,597	253	252	0,0045	0,0161	150	251,9	0,0161	0,0118	5,3	0,121
	TIL 13				1,5	1,5	1,5	1,5	250,9	0,20	0,67	2,86887						
2.4	TIL 13	65	0,0966	0,1741	0,331	0,597	0,428	0,771	252	247	0,0045	0,0769	150	250,9	0,0769	0,0054	4,45	0,093
	TIL 14				1,5	1,5	1,5	1,5	245,9	0,15	1,23	10,5162						
2.5	TIL 14	41	0,0609	0,1098	0,428	0,771	0,4888	0,8813	247	246	0,0045	0,0244	150	245,9	0,0244	0,0096	5,3	0,121
	TIL 15				1,5	1,5	1,5	1,5	244,9	0,20	0,83	4,33829						
2.6	TIL 15	56	0,0832	0,1500	0,4888	0,8813	0,5720	1,0313	246	246	0,0045	0,0000	150	244,9	0,0179	0,0112	5,3	0,121
	TIL 16				1,5	1,5	1,5	1,5	243,9	0,20	0,71	3,17625						
2.7	TIL 16	62	0,0921	0,1661	0,5720	1,0313	0,6642	1,1973	246	242	0,0045	0,0645	150	243,9	0,0484	0,0068	4,45	0,093
	TIL 17				1,5	1,5	1,5	1,5	240,9	0,15	0,98	6,615						
2.8	TIL 17	73	0,1085	0,1955	0,0000	0,0000	0,1085	0,1955	251	250	0,0045	0,0137	150	249,9	0,0137	0,0128	5,3	0,121
	TIL 19				1,5	1,5	1,5	1,5	248,9	0,20	0,62	2,43658						
2.9	TIL 19	60	0,0892	0,1607	0,1085	0,1955	0,1976	0,3563	250	246	0,0045	0,0667	150	248,9	0,0667	0,0058	4,45	0,093
	TIL 18				1,5	1,5	1,5	1,5	244,9	0,15	1,15	9,114						
2.10	TIL 18	60	0,0892	0,1607	0,1976	0,3563	0,2868	0,5170	246	242	0,0045	0,0667	150	244,9	0,0667	0,0058	4,45	0,093
	TIL 17				1,5	1,5	1,5	1,5	240,9	0,15	1,15	9,114						

MICRO - BACIA 2

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 8 - Tabela de Cálculo do dimensionamento da micro - bacia 3

1	DADOS DO TRECHO			VAZÕES					DADOS TOPOGRÁFICOS					DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRECHO	Orgão Acessório mont / jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. Ini. / mín. (l/s)	Vazão Mont. fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. ini. / mín. (l/s)	Vazão Jus. fin. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Mín. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo	Vf / lo	β
3.1	TL 2	98	0,1456	0,2625	0,0000	0,0000	0,1456	0,2625	273	266	0,0045	0,0714	150	272	0,0714	0,0056	4,45	0,093
	TIL 20				1,5	1,5	1,5	1,5						265		0,15	1,19	9,765
3.2	TIL 20	94	0,1397	0,2518	0,1456	0,2625	0,2853	0,5143	266	260	0,0045	0,0638	150	265	0,0638	0,0059	4,45	0,093
	TIL 21				1,5	1,5	1,5	1,5						259		0,15	1,12	8,72617
3.3	TIL 21	99	0,1471	0,2652	0,2853	0,5143	0,4324	0,7795	260	258	0,0045	0,0202	150	259	0,0202	0,0106	5,3	0,121
	TIL 22				1,5	1,5	1,5	1,5						257		0,20	0,75	3,59333
3.4	TIL 22	79	0,1174	0,2116	0,4324	0,7795	0,5498	0,9911	258	256	0,0045	0,0253	150	257	0,0253	0,0092	5,3	0,121
	TIL 23				1,5	1,5	1,5	1,5						254,9		0,20	0,86	4,72819
3.5	TIL 23	74	0,1100	0,1982	0,5498	0,9911	0,6597	1,1893	256	255	0,0045	0,0135	150	254,9	0,0135	0,0129	5,3	0,121
	TIL 24				1,5	1,5	1,5	1,5						253,9		0,20	0,62	2,40365
3.6	TIL 24	87	0,1293	0,2330	0,6597	1,1893	0,7890	1,4224	255	255	0,0045	0,0000	150	253,9	0,0057	0,0198	6,04	0,147
	TIL 25				1,5	1,5	1,5	1,5						253,4		0,25	0,46	0
3.7	TIL 25	99	0,1471	0,2652	0,7890	1,4224	0,9361	1,6875	255	255	0,0045	0,0000	150	253,4	0,0051	0,0237	6,69	0,171
	TIL 26				1,5	1,5	1,5	1,68754						252,9		0,30	0,48	0
3.8	TIL 26	93	0,1382	0,2491	0,9361	1,6875	1,0743	1,9366	255	254	0,0045	0,0108	150	252,9	0,0108	0,0187	6,04	0,147
	TIL 27				1,5	1,687536	1,5	1,93665						251,9		0,25	0,63	2,32355
3.9	TL 27	60	0,0892	0,1607	1,0743	1,9366	1,1634	2,0974	254	253	0,0045	0,0167	150	251,9	0,0250	0,0133	6,04	0,147
	TL 32				1,5	1,936649	1,5	2,09737						250,4		0,25	0,96	3,6015
3.10	TL 3	61	0,0906	0,1634	0,0000	0,0000	0,0906	0,1634	265	261	0,0045	0,0656	150	264	0,0656	0,0059	4,45	0,093
	TIL 28				1,5	1,5	1,5	1,5						260		0,15	1,14	8,96459
3.11	TIL 28	89	0,1322	0,2384	0,0906	0,1634	0,2229	0,4018	261	254	0,0045	0,0787	150	260	0,0798	0,0053	4,45	0,093
	TIL 29				1,5	1,5	1,5	1,5						252,9		0,15	1,26	10,9061
3.12	TIL 29	40	0,0594	0,1071	0,2229	0,4018	0,2823	0,5089	254	253	0,0045	0,0250	150	252,9	0,0250	0,0095	5,3	0,121
	TIL 30				1,5	1,5	1,5	1,5						251,9		0,20	0,84	4,44675

MICRO-BACIA 3

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 9 - Tabela de Cálculo do dimensionamento da micro - bacia 3

TRECHO		DADOS DO TRECHO			VAZÕES					DADOS TOPOGRÁFICOS					DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Orgão Acessório mont/jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. ini. / mín. (l/s)	Vazão Mont. fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. ini. / mín. (l/s)	Vazão Jus. fin. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Mín. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (y/do)	Vf / lo	$\beta$	$\sigma$	
3.13	TIL 30	67	0,0996	0,1795	0,282 1,5	0,509 1,5	0,382 1,5	0,688 1,5	253	253	0,0045	0,0000	150	251,9 251,4	0,0075	0,0174	6,04	0,147	1,61261	0,25
	TIL 31																			
3.14	TIL 31	70	0,1040	0,1875	0,382 1,5	0,688 1,5	0,486 1,5	0,876 1,5	253	255	0,0045	-0,0286	150	251,4 250,9	0,0071	0,0177	6,04	0,147	1,5435	0,25
	PV 1																			
3.15	PV 1	91	0,1352	0,2438	0,486 1,5	0,876 1,5	0,621 1,5	1,120 1,5	255	253	0,0045	0,0220	150	250,9 250,4	0,0055	0,0202	6,04	0,147	1,18731	0,25
	TIL 32																			
3.16	TIL 32	49	0,0728	0,1313	1,784 1,5	3,217 1,5	1,857 1,5	3,348 1,5	253	251	0,0042	0,0408	150	250,4 249,9	0,0102	0,0331	7,26	0,194	2,91	0,35
	TIL 33																			
3.17	TIL 33	72	0,1070	0,1929	1,857 1,5	3,348 1,5	1,964 1,5	3,541 1,5	251	251	0,0041	0,0000	150	249,9 249,4	0,0069	0,0425	7,77	0,214	2,18458	0,40
	TIL 34																			
3.18	TIL 34	77	0,1144	0,2063	1,964 1,5	3,541 1,5	2,079 1,5	3,747 1,5	251	251	0,0040	0,0000	150	249,4 248,9	0,0065	0,0465	7,77	0,214	2,04273	0,40
	TIL 35																			
3.19	TIL 35	62	0,0921	0,1661	2,079 1,5	3,747 1,5	2,171 1,5	3,913 1,5	251	251	0,0039	0,0000	150	248,9 248,5	0,0065	0,0487	7,77	0,214	2,02955	0,40
	TIL 37																			
3.20	TIL 4	45	0,0669	0,1205	0,000 1,5	0,000 1,5	0,067 1,5	0,121 1,5	253	255	0,0045	-0,0444	150	251,9 251,6	0,0067	0,0184	6,04	0,147	1,4406	0,25
	PV 2																			
3.21	PV 2	39	0,0579	0,1045	0,067 1,5	0,121 1,5	0,125 1,5	0,225 1,5	255	253	0,0045	0,0513	150	251,6 250,9	0,0179	0,0112	5,3	0,121	3,19254	0,20
	TIL 36																			
3.22	TIL 36	35	0,0520	0,0938	0,125 1,5	0,225 1,5	0,177 1,5	0,319 1,5	253	251	0,0045	0,0571	150	250,9 248,5	0,0686	0,0057	4,45	0,093	9,3744	0,15
	TIL 37																			
3.23	TIL 37	63	0,0936	0,1688	2,348 1,5	4,232 1,5	2,441 1,5	4,401 1,5	251	250	0,0037	0,0159	150	248,5 248,2	0,0048	0,0638	8,96	0,265	2,65	0,55
	TIL 38																			
3.24	TIL 38	64	0,0951	0,1714	2,441 1,5	4,401 1,5	2,536 1,5	4,572 1,5	250	249	0,0036	0,0156	150	248,2 247,9	0,0047	0,0668	8,22	0,233	1,60552	0,45
	TIL 39																			
3.25	TIL 2	99	0,1471	0,2652	0,000 1,5	0,000 1,5	0,147 1,5	0,265 1,5	254	249	0,0045	0,0505	150	252,9 247,9	0,0505	0,0067	4,45	0,093	6,90455	0,15
	TIL 39																			

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 10 - Tabela de Cálculo do dimensionamento da micro - bacia 4

TRECHO	DADOS DO TRECHO			VAZÕES										DADOS TOPOGRÁFICOS						DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
	Orgão Acessório mont/ jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. Ini. / min. (l/s)	Vazão Mont. fin. / min. (l/s)	Vazão Jus. Ini. / min. (l/s)	Vazão Jus. fin. / min. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Min. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetr o do trecho DN	Profund. Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (Y/do)	Vf / lo Vf	$\beta$ $\sigma$					
4.1	TIL 39 TIL 40	68	0,1010	0,1821	2,683 2,683	4,838 4,838	2,784 2,784	5,020 5,020	249	250	0,0035	-0,0147	150	247,9 247,4	0,0074	0,0585 0,45	8,22 0,70	0,233 2,51846					
4.2	TIL 40 PV 3	48	0,0713204	0,128574176	2,784 2,784	5,020 5,020	2,856 2,856	5,148 5,148	250	252	0,0034	-0,0417	150	247,4 246,9	0,0104	0,0504 0,45	8,22 0,84	0,233 3,56781					
4.3	PV 3 PV 4	72	0,1070	0,193	4,033 4,033	7,270 7,270	4,140 4,140	7,463 7,463	252	252	0,0029	0,0000	150	246,9 246,4	0,0069	0,0896 0,55	8,96 0,75	0,265 2,70521					
4.4	TIL 13 PV 4	67	0,0996	0,1795	0,000 1,5	0,000 1,5	0,100 1,5	0,179 1,5	252	252	0,0045	0,0000	150	250,9 246,4	0,0672	0,0058 0,15	4,45 1,15	0,093 9,18201					
4.5	PV 4 TIL 41	53	0,0787	0,1420	4,239 4,239	7,642 7,642	4,318 4,318	7,784 7,784	252	248	0,0028	0,0755	150	246,4 245,9	0,0094	0,0801 0,55	8,96 0,87	0,265 3,675					
4.6	TIL 41 TIL 42	85	0,1263	0,2277	4,318 4,318	7,784 7,784	4,444 4,444	8,012 8,012	248	247	0,0028	0,0118	150	245,9 244,9	0,0118	0,0739 0,50	8,62 0,93	0,25 4,32353					
4.7	TIL 42 TIL 43	35	0,0520	0,0938	4,444 4,444	8,012 8,012	4,496 4,496	8,106 8,106	247	243	0,0027	0,1143	150	244,9 241,9	0,0857	0,0277 0,30	6,69 1,96	0,171 21,546					
4.8	TIL 5 TIL 45	82	0,1218	0,2196	0,000 1,5	0,000 1,5	0,122 1,5	0,220 1,5	251	249	0,0045	0,0244	150	249,9 247,9	0,0244	0,0096 0,20	5,3 0,83	0,121 4,38829					
4.9	TIL 45 TIL 44	42	0,0624	0,1125	0,122 1,5	0,220 1,5	0,184 1,5	0,332 1,5	249	248	0,0045	0,0238	150	247,9 246,9	0,0238	0,0097 0,20	5,3 0,82	0,121 4,235					
4.10	TIL 44 TIL 43	66	0,0981	0,1768	0,184 1,5	0,332 1,5	0,282 1,5	0,509 1,5	248	243	0,0045	0,0758	150	246,9 241,9	0,0758	0,0054 0,15	4,45 1,22	0,093 10,3568					

MICRO - BACIA 4

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 11 - Tabela de Cálculo do dimensionamento das micro - bacias 5 e 6

TRECHO	DADOS DO TRECHO			VAZÕES			DADOS TOPOGRÁFICOS				DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Orgão Acessório mont / jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. In. / mín. (l/s)	Vazão Mont. / fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. In. / mín. (l/s)	Vazão Jus. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Min. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. coletor Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (y/do)	Vf / lo	$\beta$
5.1	TIL 10	62	0,0921	0,1661	0,000	0,000	0,092	0,166	253	249	0,0045	0,0645	150	251,9	0,0645	0,0059	4,45	0,093
	TIL 46				1,5	1,5	1,5	1,5						247,9		0,15	1,13	8,82
5.2	TIL 46	62	0,0921	0,1661	0,092	0,166	0,184	0,332	249	247	0,0045	0,0323	150	247,9	0,0323	0,0084	5,3	0,121
	TIL 47				1,5	1,5	1,5	1,5						245,9		0,20	0,95	5,73774
5.3	TIL 48	57	0,0847	0,1527	0,184	0,332	0,269	0,485	247	242	0,0045	0,0877	150	245,9	0,0965	0,0048	4,45	0,093
	TIL 49				1,5	1,5	1,5	1,5						240,4		0,15	1,38	13,1913
5.4	TIL 50	73	0,1085	0,1955	0,000	0,000	0,108	0,196	251	248	0,0045	0,0411	150	249,9	0,0411	0,0074	5,3	0,121
	TIL 50				1,5	1,5	1,5	1,5						246,9		0,20	1,07	7,30973
5.5	PV 5	99	0,1471	0,2652	0,108	0,196	0,256	0,461	248	247	0,0045	0,0101	150	246,9	0,0303	0,0086	5,3	0,121
	TIL 6				1,5	1,5	1,5	1,5						243,9		0,20	0,92	5,39
5.6	PV 5	30	0,0446	0,0804	0,000	0,000	0,045	0,080	246	247	0,0045	-0,0333	150	244,9	0,0333	0,0082	5,3	0,121
	PV 5				1,5	1,5	1,5	1,5						243,9		0,20	0,97	5,929
5.7	TIL 51	62	0,0921	0,1661	0,300	0,541	0,392	0,707	247	242	0,0045	0,0806	150	243,9	0,0484	0,0068	4,45	0,093
	TIL 51				1,5	1,5	1,5	1,5						240,9		0,15	0,98	6,615
5.8	PV 7	61	0,0906	0,1634	0,392	0,707	0,483	0,871	242	240	0,0045	0,0328	150	240,9	0,0492	0,0068	4,45	0,093
	TIL 50				1,5	1,5	1,5	1,5						237,9		0,15	0,99	6,72344
5.9	TIL 48	78	0,1159	0,2089	0,000	0,000	0,116	0,209	248	242	0,0045	0,0769	150	246,9	0,0833	0,0052	4,45	0,093
	TIL 48				1,5	1,5	1,5	1,5						240,4		0,15	1,28	11,3925
5.10	TIL 53	99	0,1471	0,2652	0,000	0,000	0,147	0,265	245	242	0,0045	0,0303	150	242,9	0,0253	0,0094	5,3	0,121
	TIL 48				1,5	1,5	1,5	1,5						240,4		0,20	0,84	4,49167
5.11	TIL 53	80	0,1189	0,2143	0,000	0,000	0,119	0,214	245	240	0,0045	0,0625	150	242,9	0,0688	0,0057	4,45	0,093
	PV 7				1,5	1,5	1,5	1,5						237,4		0,15	1,17	9,39881
6.1	TIL 1	95	0,1412	0,2545	0,000	0,000	0,141	0,254	259	250	0,0045	0,0947	150	258	0,0958	0,0048	4,45	0,093
	TIL 54				1,5	1,5	1,5	1,5						248,9		0,15	1,38	13,0954
6.2	TIL 3	76	0,1129	0,2036	0,000	0,000	0,113	0,204	258	250	0,0045	0,1053	150	257	0,1132	0,0045	4,45	0,093
	TIL 55				1,5	1,5	1,5	1,5						248,4		0,15	1,50	15,4698
6.3	TIL 9	99	0,1471	0,2652	0,000	0,000	0,147	0,265	259	250	0,0045	0,0909	150	258	0,1020	0,0047	4,45	0,093
	TIL 56				1,5	1,5	1,5	1,5						247,9		0,15	1,42	13,9472
6.4	TIL 12	80	0,1189	0,2143	0,000	0,000	0,119	0,214	258	252	0,0045	0,0750	150	257	0,1200	0,0043	4,45	0,093
	PV 6				1,5	1,5	1,5	1,5						247,4		0,15	1,54	16,4052

MICRO - BACIA 5

MICRO - BACIA 6

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

Tabela 12 - Tabela de Cálculo do dimensionamento dos coletores tronco e interceptor

1	DADOS DO TRECHO			VAZÕES					DADOS TOPOGRÁFICOS				DIÂMETRO E VERIFICAÇÕES					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
TRECHO	Orgão Acessório mont / jus	Extensão (m)	Vazão de contrib. inicial (l/s)	Vazão de contrib. final (l/s)	Vazão Mont. In. / mín. (l/s)	Vazão Mont. / fin. / mín. (l/s)	Vazão Jus. In. / mín. (l/s)	Vazão Jus. fin. / mín. (l/s)	Cota Mon. (m)	Cota Jus. (m)	Decliv. Min. (m/m)	Decliv. Do terr. (m/m)	Diâmetro do trecho DN	Profund. Mon. / Jus (m)	Decliv. prof. Do coletor (m/m)	Qf / lo Lâmina Liq (Y/do)	Vf / lo	$\beta$
CT1	TIL 43	72	0,0000	0,0000	4,778	8,614	4,778	8,614	243	242	0,0026	0,0139	150	241,9	0,0139	0,0731	4,45	0,093
	TIL 17				4,778	8,614	4,778	8,614						240,9				
CT2	TIL 17	86	0,0000	0,0000	5,729	10,329	5,729	10,329	242	242	0,0024	0,0000	150	240,9	0,0058	0,1355	9,77	0,302
	TIL 48				5,729	10,329	5,729	10,329						240,4				
CT3	TIL 48	71	0,0000	0,0000	6,261	11,288	6,261	11,288	242	241	0,0023	0,0141	150	240,9	0,0141	0,0951	9,77	0,302
	TIL 57				6,261	11,288	6,261	11,288						239,9				
CT4	TIL 57	39	0,0000	0,0000	6,261	11,288	6,261	11,288	241	241	0,0023	0,0000	150	239,9	0,0128	0,0997	9,24	0,278
	TIL 58				6,261	11,288	6,261	11,288						239,4				
CT5	TIL 58	63	0,0000	0,0000	6,261	11,288	6,261	11,288	241	240	0,0023	0,0159	150	239,4	0,0079	0,1267	9,65	0,296
	TIL 59				6,261	11,288	6,261	11,288						238,9				
CT6	TIL 54	76	0,0000	0,0000	0,141	0,254	0,141	0,254	250	250	0,0045	0,0000	150	248,9	0,0066	0,0185	6,04	0,147
	TIL 55				1,5	1,5	1,5	1,5						248,4				
CT7	TIL 55	69	0,0000	0,0000	0,254	0,458	0,254	0,458	250	250	0,0045	0,0000	150	248,4	0,0072	0,0176	6,04	0,147
	TIL 56				1,5	1,5	1,5	1,5						247,9				
CT8	TIL 56	66	0,0000	0,0000	0,401	0,723	0,401	0,723	250	252	0,0045	-0,0303	150	248,9	0,0227	0,0099	6,04	0,147
	PV 6				1,5	1,5	1,5	1,5						247,4				
CT9	PV 6	62	0,0000	0,0000	0,520	0,938	0,520	0,938	252	243	0,0045	0,1452	150	247,4	0,0887	0,0050	4,45	0,093
	TIL 60				1,5	1,5	1,5	1,5						241,9				
CT10	TIL 60	71	0,0000	0,0000	0,520	0,938	0,520	0,938	243	240	0,0045	0,0423	150	241,9	0,0423	0,0073	5,3	0,121
	TIL 59				1,5	1,5	1,5	1,5						238,9				
CT11	TIL 59	72	0,0000	0,0000	6,781	12,225	6,781	12,225	240	240	0,0022	0,0000	150	238,9	0,0208	0,0847	9,47	0,288
	PV 7				6,781	12,225	6,781	12,225						237,4				
INT.	PV 7	1346	0,0000	0,0000	7,383	13,310	7,383	13,310	240	235	0,0014	0,0037	200	237,4	0,0026	0,2610	11,47	0,288
	TIL 73				7,383	13,310	7,383	13,310						233,9				

## COLETORES TRONCO

Int

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho.

#### **4.11 Detalhamento da Rede**

Após ter sido realizado todos os cálculos e verificações obtiveram-se todos os dados referentes ao dimensionamento da rede. Através destes dados tornou-se possível executar o detalhamento da rede contendo todas as informações necessárias para a implantação da mesma.

O detalhamento completo da rede, assim como também alguns cortes ilustrativos estão demonstrados nos apêndices.

#### **4.12 Levantamento Básico de materiais e escavação**

Após realizar os dados das tabelas anteriores, tornou-se possível elaborar as Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15.

#### **4.13 Soluções para a locação da estação de tratamento de esgoto**

Foram consideradas duas soluções para a implantação da estação de tratamento do Bairro Flora Rica.

##### **4.13.1 Solução 1**

A solução I tem como proposta indicar a implantação da estação de tratamento à jusante do aglomerado populacional às margens do Rio Balsas sendo este o corpo receptor.

Para esta solução o traçado de rede seria o mesmo e o interceptor terá seu início no PV7, o mesmo terá seu trecho percorrido pelas margens do rio e se interligar com o interceptor que recebe as contribuições referentes ao sistema de esgoto do Bairro Trezidela.

Contudo, para que ocorra o lançamento do esgoto do bairro Flora Rica para uma estação de tratamento a jusante do mesmo, haverá a necessidade da instalação de uma estação elevatória devido às diferenças de cotas, tornando a escavação uma solução inviável devido aos custos.

Para esta solução o interceptor terá como comprimento total de seu trecho de 2606 metros.

A estação de tratamento estará locada nas coordenadas:  $7^{\circ}31'43.20''\text{S}$  de latitude e  $46^{\circ} 1'35.36'' \text{ O}$  de Longitude.

O emissário será lançado à jusante da estação de tratamento.

A ilustração desta solução será apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Solução 1



Fonte: Google Earth, com alterações.

#### **4.13.2 Solução 2**

A solução II tem como proposta indicar a implantação da estação de tratamento à montante do bairro às margens do Rio Balsas sendo este o corpo receptor.

Para esta solução o traçado de rede seria o mesmo e o interceptor terá seu início no PV7, o mesmo terá seu trecho percorrido pelas margens do rio e não necessitará de recalque, pois as cotas são favoráveis ao escoamento desejado.

Para esta solução o interceptor terá como comprimento total de seu trecho de 1351 metros.

A estação de tratamento estará locada nas coordenadas  $7^{\circ}33'20.85''$  S de latitude e  $46^{\circ} 2'40.39''$  O de Longitude.

O emissário será lançado à montante da estação de tratamento. Esta solução está ilustrada conforme a Figura 21.

Figura 21 - Solução 2



Fonte: Google Earth, com alterações.

#### **4.13.3 Solução determinada para o projeto**

A implantação de uma estação elevatória implica que juntamente com a mesma deve-se instalar uma casa de máquinas, ligações elétricas, local protegido, máquina reserva, gerador de energia elétrica como garantia em casos de apagão.

Um sistema de esgoto operando através da força da gravidade implica em um funcionamento contínuo e sem interrupções.

Ao realizar a análise destes fatores, tornou possível escolher a solução mais viável. Conforme determinado nos objetivos deste trabalho, onde se buscou obter um projeto com os menores custos possíveis, devido a este fato optou-se utilizar a solução II como o modelo a ser adotado para a implantação da estação de tratamento assim como também o percurso do interceptor.

Na Tabela 12, já é representado o dimensionamento do interceptor levando em conta que o mesmo será localizado conforme a solução II. Devido a isto nesta tabela já possui o comprimento do total, diâmetro, velocidade, tensão trativa e as verificações de tais elementos que detalham o interceptor.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **5.1 Considerações Finais**

O trabalho realizado consistiu em utilizar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso e colocá-los em prática. O tema imposto neste trabalho tornou-se possível realizar a união de conceitos e aplicações na área da engenharia civil.

Os dados fornecidos pela vigilância sanitária juntamente com a secretaria de doenças epidemiológicas da cidade de Balsas – Ma, indicam o acontecimento de surtos de doenças que suas causas estão relacionadas a ausência de atividades que englobam o conceito de saneamento básico, devido a isto observa-se a necessidade da implantação de tais atividades para diminuir a incidência de tais surtos.

Com as visitas realizadas no bairro foi possível entender a realidade da infraestrutura do mesmo. Onde nota-se as ruas sem pavimentação em processo de erosão, grande quantidade de esgotos sendo lançados diretamente nas ruas sem tratamento algum, assim como também os mesmos escoam para córregos que desaguam no principal manancial da cidade, poluindo o mesmo e prejudicando o meio ambiente, além disso, este escoamento de esgoto pelas ruas pode congestionar e causar proliferação de patógenos relacionados a doenças epidemiológicas, trazendo inúmeros transtornos para a comunidade do Bairro Flora Rica e para o meio ambiente.

O projeto da rede de coleta de esgoto elaborado para o Bairro Flora Rica contou com a divisão de 6 sub-bacias e dimensionamento de coletores de esgoto, coletores tronco e interceptor. Além de realizar a locação de órgãos acessórios. Com tais fatores foi possível elaborar um detalhamento contendo todas as informações necessárias para a implantação e execução deste projeto.

Para estabelecer as declividades dos trechos notou-se que as cotas de alguns trechos eram desfavoráveis para o escoamento natural, devido a isto foi necessário aumentar a escavação a fim de estabelecer condições ideais ao escoamento e tornar a rede com maior segurança e eficiência.

Na elaboração deste trabalho foi possível observar uma noção de como será atuar no mercado de trabalho como engenheiro civil. Pois, para a resolução do mesmo foi necessário buscar soluções, inovações, estabelecer o bem estar social com a melhor eficiência possível, sendo estes os principais deveres de um profissional da área da engenharia.

A localização da estação de tratamento foi realizada através das condições impostas pelo objetivo deste trabalho, que é obter uma rede que predomine a eficiência. Com a escolha da solução 2 foi possível estabelecer uma rede eficiente com escoamento totalmente natural sem a necessidade de instalação de uma estação elevatória.

Este projeto é um trabalho que via contribuir para mudar as condições de vida de uma comunidade, indicando a importância que a engenharia civil tem para o desenvolvimento da mesma, buscando sempre o crescimento proporcional ao bem estar e uma melhoria na qualidade de vida para todos. Além de contribuir com o meio ambiente, diminuindo a contaminação de importantes mananciais.

Analisando esta realidade, nota-se que a elaboração do traçado de uma rede de coleta e tratamento de esgoto, pode ser apresentada aos órgãos públicos e o mesmo ser implantado. Esta implantação irá mudar a situação precária na qual o bairro se encontra, pois, sem esgotos nas ruas, a infraestrutura das mesmas irá melhorar, assim como também a diminuição de odores e doenças epidemiológicas e, com o tratamento do esgoto, haverá uma diminuição na poluição do Rio Balsas, que é o responsável por fornecer a água para a distribuição de boa parte da cidade, melhorando a qualidade da água distribuída e diminuindo os custos de seu tratamento.

Com os resultados obtidos na elaboração deste trabalho foi possível admitir que adotando uma rede de esgoto sem a utilização de uma estação elevatória é a solução economicamente mais viável, assim como também a de menos riscos de transtornos. Por estes motivos, esta solução foi a adotada para a elaboração deste trabalho.

A união de conceitos citados neste trabalho juntamente com a metodologia utilizada resultou em contribuições para a sociedade, meio ambiente e órgãos públicos. Estas contribuições são fatores que indicam a satisfação com os resultados obtidos, assim como também, se torna possível

contribuir ainda mais, através de idealizações de futuros projetos a serem realizados a fim de complementar este trabalho.

## **5.2 Perspectivas para trabalhos futuros**

Mesmo depois da abordagem de diversas informações e métodos realizados neste trabalho, pode-se haver complementações, com o objetivo de aprofundar e detalhar este tema, resultando em maiores benefícios para a sociedade.

As sugestões para trabalhos futuros podem ser:

- Realizar o dimensionamento da estação de tratamento e detalhar os métodos de operação da mesma;
- Dimensionar do emissário;
- Analisar o dimensionamento das estações elevatórias e as condições ideais para a sua implantação;
- Realizar um levantamento orçamentário de todos os custos que envolvem a implantação desta rede de esgoto;
- Produzir um estudo sobre o nível de contaminação dos lençóis freáticos devido às fossas sépticas implantadas sem planejamento;
- Realizar a mesma metodologia utilizada neste trabalho e aplicar para os demais bairros da cidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12207**: Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13639**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BARROS, Rodrigo. **História do Saneamento Básico**. 2014. Disponível em: <<http://www.rodoinside.com.br>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

BEZERRA, Alessandro de Araújo. **Dimensionamento Hidráulico de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário Usando o Critério de Atendimento Crítico**. 2011.

BRASIL. Decreto-lei nº **11.445**, de 5 de Janeiro de 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NTS 181**: Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro - Primeira Ligação. 4 ed. São Paulo, 2017.

CONAMA, Resolução **N. 430**, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Brasil, 2011.

FRANÇA, Elisabeth Barboza et al. Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de Carga Global de Doença. **Revista Brasileira de epidemiologia**, Belo Horizonte (MG), v. 20, p. 46-60, 2017.

GOMES, Thiago Silva. **O Uso do Levantamento Topográfico Planimétrico para o SICAD**. 2001.

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa por informações básicas municipais**. Municípios 2017. Balsas, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. **Pesquisa por informações básicas municipais Saneamento**. Municípios 2017. Balsas, 2019.

NETTO, Azevedo; SILVA, José; HESS, Max Lothar. **Tratamento de águas Residuárias**, Separata da Revista DAE. 1970. 218p.

NUVOLARI, Ariovaldo. (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º Ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2011.

PMB/SESAU – PREFEITURA MUNICIPAL DE BALSAS. SECRETARIA DE SAÚDE – VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2019. **Plano de Contingência para enfrentamento de epidemia por Arboviroses do município de Balsas**. Balsas: PMB.

SOUZA, Maria Salete. Meio ambiente urbano e saneamento básico. **Mercator**, v. 1, n. 1, 2002.

TEIXEIRA, Júlio César et al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, 2014.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, 1999.

## APÊNDICE

**Tabela 13 - Levantamento básico de Tubos PVC**

LEVANTAMENTO BÁSICO DE TUBOS PVC				
<u>ITEM</u>	<u>COMP. TOTAL DE TRECHOS (M)</u>	<u>N. TUBOS (UNID - 6 M)</u>	<u>TAXA DE PERDA 10%</u>	<u>DESCRIÇÃO DO MATERIAL</u>
1.1	5890	982	1081	TUBO PVC PARA ESGOTO DN 150 mm x 6 Metros
1.2	1346	225	248	TUBO PVC PARA ESGOTO DN 200 mm x 6 Metros

**Tabela 14 - Levantamento Básico de Órgãos Acessórios**

LEVANTAMENTO BÁSICO DE ORGÃOS ACESSÓRIOS		
<u>ITEM</u>	<u>QNTD.</u>	<u>DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO</u>
2.1	1	POÇO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, D = 60CM E 110CM, <b>PROF = 2,60 M</b> , INCLUINDO DEGRAU
2.2	2	POÇO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, D = 60CM E 110CM, <b>PROF = 3,50 M</b> , INCLUINDO DEGRAU
2.3	2	POÇO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, D = 60CM E 110CM, <b>PROF = 4,50 M</b> , INCLUINDO DEGRAU
2.4	2	POÇO DE VISITA PARA REDE DE ESG. SANIT., EM ANEIS DE CONCRETO, D = 60CM E 110CM, <b>PROF = 5,6 M</b> , INCLUINDO DEGRAU
2.5	60	TERMINAL DE INSPEÇÃO E LIMPEZA PARA PROFUNDIDADES MÁX 3,00M
2.6	6	TERMINAL DE LIMPEZA PARA PROFUNDIDADES MÁX 3,00 M

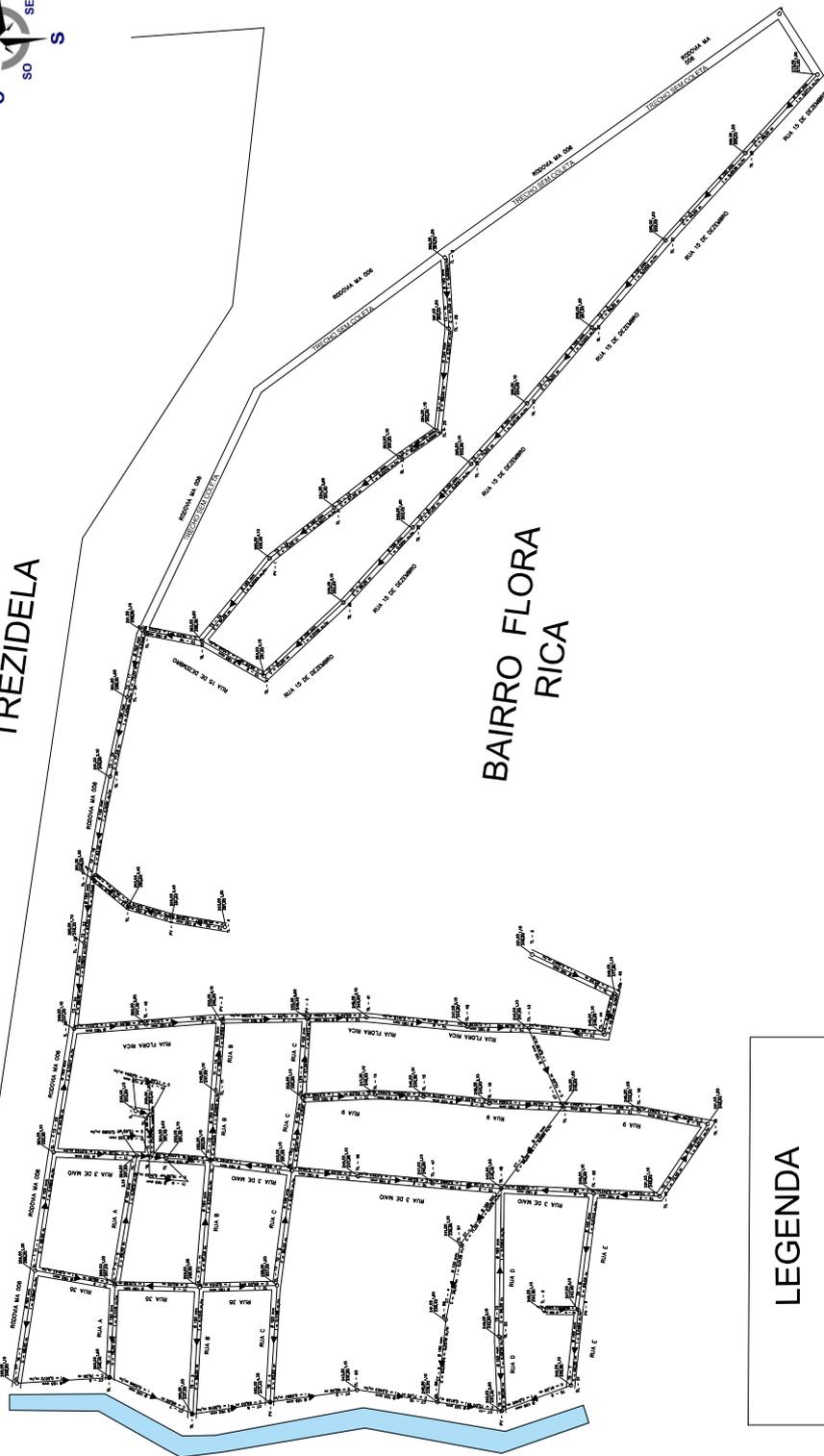
**Tabela 15 - Levantamento Básico Para Escavação**

LEVANTAMENTO BÁSICO DE ESCAVAÇÃO		
<u>ITEM</u>	<u>M³</u>	<u>DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO</u>
3.1	5040	ESCAVAÇÃO DE VALA NÃO ESCORADA, MATERIAL 1A, PROFUNDIDADE ATE <b>1,5 M</b> COM ESVADEIRA HIDRÁULICA 105 HP
3.2	3285	ESCAVAÇÃO DE VALA NÃO ESCORADA, MATERIAL 1A, PROFUNDIDADE ATE <b>2,5 M</b> COM ESVADEIRA HIDRÁULICA 105 HP
3.3	2010	ESCAVAÇÃO DE VALA NÃO ESCORADA, MATERIAL 1A, PROFUNDIDADE ATE <b>3,5 M</b> COM ESVADEIRA HIDRÁULICA 105 HP
3.4	2205	ESCAVAÇÃO DE VALA NÃO ESCORADA, MATERIAL 1A, PROFUNDIDADE ACIMA DE <b>4,5 M</b> COM ESVADEIRA HIDRÁULICA 105 HP



BAIRRO  
TREZIDELA

BAIRRO FLORA  
RICA



RIO BALSAS

APENDICE

LEGENDA

NOME DO COLETOR  
COMPRIMENTO (m)    DIÂMETRO (mm)  
DECLIVIDADE (m/m)

COTA DO TORO DO  
ORGÃO ACESSÓRIO

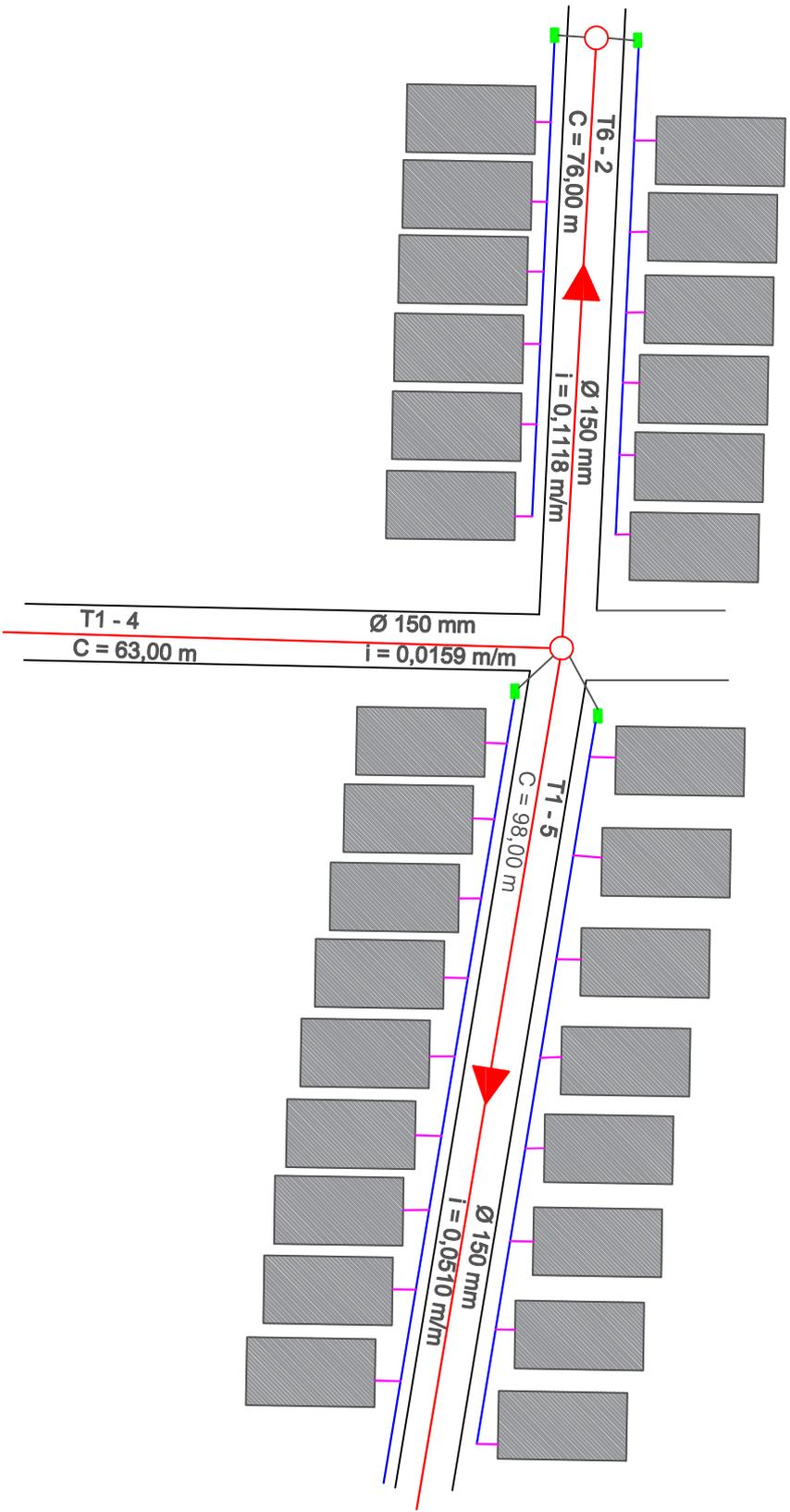
COTA DA  
GERATRIZ INFERIOR  
NOME DO ORGÃO  
ACESSÓRIO

PROFUNDIDADE



RIO BALSAS

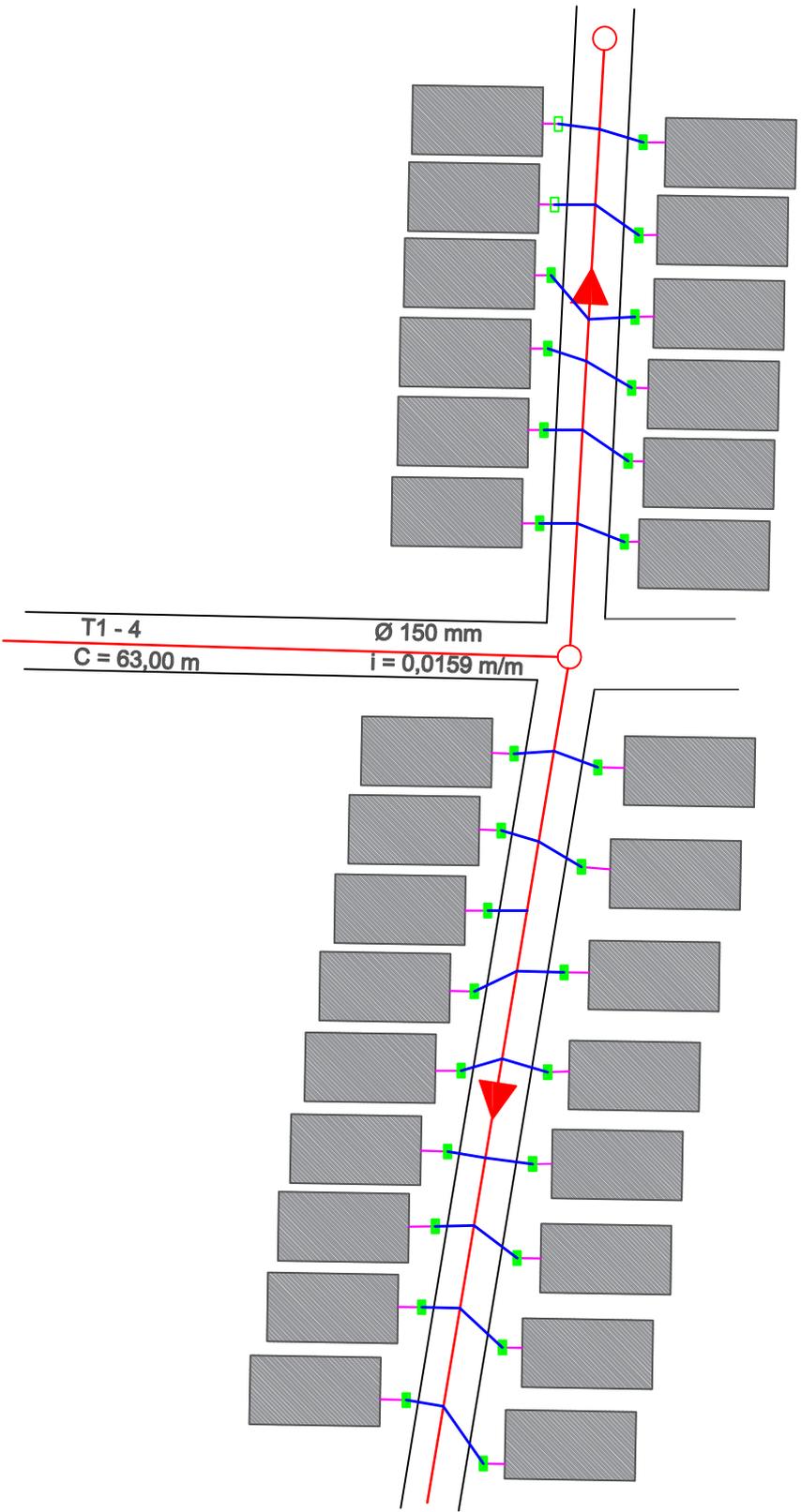
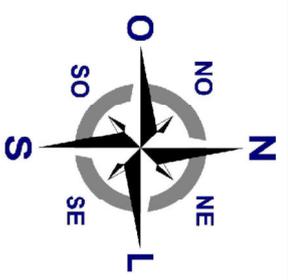
<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO</b>	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
DISCENTE: GENESON BARRIOS DA SILVA	
Nº DE IDENTIFICAÇÃO: 201706940	
DATA: 12/07/2019	
TÍTULO: ESTUDO E CON. DE UMA REDE DE COLETA DE ESGOTO NO BAIRRO FLORA RICA, CID. DE BALSAS - MA	
AUTORIA: 01/02	



# LEGENDA

	DIÂMETRO (mm)
	DECLIVIDADE (m/m)
	LIGAÇÃO INDIVIDUAL
	COLETOR PREDIAL
	CAIXA DE PASSAGEM
	RESIDÊNCIAS
	ORGÃO ACESSÓRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO	
TRABALHO CONCLUSÃO DE CURSO	
DISCENTE: GENISSON BARRROS DA SILVA	MATRICULA: 201706710
DETALHAMENTO DA COLETA DE ESGOTO PREDIAL I	
ESTUDO E CONC. DE UMA REDE DE COLETA DE ESGOTO NO BAIRRO FLORA RICA NA CID. DE BALSAS - MA	
DATA: 12 / 07 / 2019	
ESCALA: 1 : 950	
PRANCHA: 02 / 03	



### LEGENDA

	DIÂMETRO (mm)		LIGAÇÃO INDIVIDUAL
	DECLIVIDADE (m/m)		COLETOR PREDIAL
	ORGÃO ACESSÓRIO		CAIXA DE PASSAGEM
	RESIDÊNCIAS		

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO		
TRABALHO CONCLUSÃO DE CURSO		
DISCENTE: GENISSON BARRROS DA SILVA	MATRICULA: 201706710	
DETALHAMENTO DA COLETA DE ESGOTO PREDIAL II		
ESTUDO E CONC. DE UMA REDE DE COLETA DE ESGOTO NO BAIRRO FLORA RICA NA CID. DE BALSAS - MA		
ESCALA: UNIDADES: PRANCHA: 03 / 03	DATA: 12 / 07 / 2019	