



JOSÉ ZITO DE MACÊDO BISNETO

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA IMPLANTAÇÃO DOS
SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTO E DRENAGEM DE ÁGUAS
PLUVIAIS DO BAIRRO BELA VISTA, EM LAVRAS DA
MANGABEIRA-CEARÁ**

JOSÉ ZITO DE MACÊDO BISNETO

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA IMPLANTAÇÃO DOS
SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTO E DRENAGEM DE ÁGUAS
PLUVIAIS DO BAIRRO BELA VISTA, EM LAVRAS DA
MANGABEIRA-CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras - PB, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Cícero de Souza Nogueira Neto

Cajazeiras
2019

**IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593**

M141e

Macêdo Bisneto, José Zito de

Estudo da viabilidade técnica na implantação dos sistemas de coleta de esgoto e drenagem de águas pluviais do Bairro Bela Vista, em Lavras da Mangabeira-Ceará / José Zito de Macêdo Bisneto; orientador Cícero de Souza Nogueira.- Cajazeiras, 2019.-
66 f.: il.

Orientador: Cícero de Souza Nogueira.
TCC (Bacharelado em Eng. Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2019.

1. Sistemas de esgoto sanitário 2. Sistemas de drenagem urbana – Esgoto I. Título

CDU 628.3(0.067)

JOSÉ ZITO DE MACÊDO BISNETO

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA NA IMPLANTAÇÃO DOS
SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTO E DRENAGEM DE ÁGUAS
PLUVIAIS DO BAIRRO BELA VISTA, EM LAVRAS DA
MANGABEIRA-CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Cícero de Souza Nogueira Neto – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador

Cinthya Santos da Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Coorientadora

Maria Aparecida Bezerra Oliveira – Faculdade Santa Maria
Examinadora Externa

Cajazeiras, 11 de abril de 2019.

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, pela minha existência e por todas as bênçãos concedidas, e aos meus Pais, Lucimar e Rivaldo Filho (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por mais uma conquista, e por colocar pessoas especiais no decorrer dessa caminhada, que foram essenciais para realização desse meu sonho.

À minha mãe, Lucimar Veríssimo, por todo carinho, dedicação, esforço, apoio, sempre buscando o melhor para mim.

Ao meu orientador, Professor Cicero de Souza Nogueira Neto, pela oportunidade me dada, paciência, estímulo, competência, ensinamentos, orientações e confiança na realização deste trabalho, que apesar de todos os problemas enfrentados na reta final deste trabalho na sua vida pessoal, sempre me deu apoio nos momentos difíceis dessa trajetória.

A minha coorientadora, Professora Cinthya Santos da Silva, por toda dedicação de seu tempo e por contribuir diretamente com esse trabalho, sendo uma valiosa conselheira nesta etapa da minha vida.

Ao meu amigo José Rafael por ter se tornado um irmão de outra mãe, me dando abrigo e por me servir como conselheiro no dia-a-dia.

Aos meus colegas que se tornaram amigos, em especial, Wildson, Welison, Sheldon, Alysson, José Neto, Luanda e Priscila, pela ajuda, dedicação e pela amizade.

A minha amiga Carmem Araruna, que mesmo longe, teve disponibilidade no seu tempo, para me ajudar durante várias noites, no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Instituto Federal da Paraíba – IFPB, por todo apoio e ambiente propício para desenvolvimento do meu trabalho de conclusão de curso.

A todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a elaboração deste estudo.

Muito obrigado!

RESUMO

O atual cenário de falta de investimento e carência no desenvolvimento dos sistemas de saneamento básico no Brasil, vem afetando a qualidade de vida da população e dificultando a conservação do meio ambiente. Este trabalho apresenta o estudo da viabilidade técnica na implantação de uma rede coletora de esgoto e de um sistema de drenagem de águas pluviais, no bairro Vila Bancária, da cidade de Lavras da Mangabeira, localizada na região centro-sul do estado do Ceará. A área de estudo não possui esses dois tipos de sistemas e os esgotos do bairro são destinados à tratamentos individuais, rústicos ou até mesmo lançados sem tratamento no corpo hídrico que fica próximo a região. Através do dimensionamento dos sistemas de esgoto e drenagem de águas pluviais, calculados a partir do método convencional, conclui-se que os resultados dos dimensionamentos obedeceram às normas vigentes de projeto e que essas redes atenderão a essa região nos próximos 20 anos, sem a necessidade de ampliações neste período.

Palavras-Chave: Sistema de Esgoto Sanitário; Sistema de Drenagem Urbana; Estudo de Viabilidade Técnica.

ABSTRACT

The current scenario of lack of investment and shortage in the development of basic sanitation systems in Brazil has been affecting the quality of life of the population and making it difficult to conserve the environment. This work presents the technical feasibility study in the implantation of a sewage collection system and a rainwater drainage system in the Vila Bancária neighborhood of the city of Lavras da Mangabeira, located in the central-south region of the state of Ceará. The study area does not have these two types of systems and the neighborhood sewage is destined for individual, rustic or even untreated treatments in the water body that is close to the region. Through the design of the sewage and drainage systems of rainwater, calculated from the conventional method, it is concluded that the results of the designing obeyed the current norms of design and that these networks will attend to this region in the next 20 years, without the necessity increase in this period.

Keywords: Sewage System; Urban Drainage System; Technical Feasibility Study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Escravo “Tigre”.....	18
Figura 2 - Proporção de municípios por situação da Política Municipal de Saneamento Básico, segundo as classes de tamanho da população dos municípios - 2011/2017	21
Figura 3 - Esquema das interações no sistema combinado	23
Figura 4 -Esquema das interações no sistema separador absoluto	25
Figura 5 - Traçado de rede esgotamento do tipo perpendicular	28
Figura 6 - Traçado de rede de esgotamento do tipo leque.....	28
Figura 7 - Traçado de rede de esgotamento do tipo distrital.	29
Figura 8 - Localização de Lavras da Mangabeira - Ceará.....	32
Figura 9 - Sub-bacia do Rio Salgado e seus principais afluentes.....	32
Figura 10 - Mapa de localização do bairro bela vista em Lavras da Mangabeira - CE.....	33
Figura 11 - Localização geográfica da sub-bacia do Salgado.	34
Figura 12 - Detalhamento da sarjeta.....	54
Figura 13 - Detalhamento da boca de lobo.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cenários plausíveis para a política de saneamento básico no Brasil.....	20
Quadro 2 - Planilha de dimensionamento da rede de esgoto.....	38
Quadro 3 - Equações obtidas para a declividade mínima de modo a garantir tensão trativa $\geq 1,0$ Pa.	41
Quadro 4 - Planilha de dimensionamento da rede de drenagem	45
Quadro 5 - Projeção da população de projeto.	52
Quadro 6 - Dimensionamento das sarjetas	53
Quadro 7 -Dimensionamento das bocas de lobo.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situação dos Tipos de Saneamento	22
Tabela 2 - Recobrimentos Mínimos das tubulações.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH - Banco Nacional da Habitação
BL - Bocas de Lobo
CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ETE - estação de tratamento de esgoto
FGTS - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
IDF – Intensidade, Duração e Frequência
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDNSB- Lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico
NBR- Norma Brasileira
ONU - Organização das Nações Unidas
Pa - Pascal
Planasa - Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico
PMSB - Planos Municipais de Saneamento Básico
PV - Poço de visita
SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Tc - Tempo de concentração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECIFICOS	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1. CENÁRIO DO SANEAMENTO NO BRASIL.....	18
3.2. CENÁRIO DO SANEAMENTO EM LAVRAS DA MANGABEIRA.....	21
3.3. TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	22
3.3.1. Sistema de esgotamento unitário ou combinado	23
3.3.2. Sistema de esgotamento separador parcial	24
3.3.3. Sistema de esgotamento separador absoluto.....	24
3.4. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	26
3.4.1. Projeção de população	27
3.4.2. Tipos de traçado de rede de esgoto.....	27
3.4.3. Órgãos acessórios à rede coletora de esgoto	29
3.5. TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	30
3.5.1. Estudo de concepção dos sistemas de drenagem de águas pluviais	30
3.6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
3.6.1. Localização geográfica da sub-bacia	33
3.6.2. Aspectos Socioeconômicos	34
3.6.3. Climatologia	35
3.6.4. Geomorfologia.....	35
4 MÉTODOLOGIA.....	36

4.1. METODOLOGIA DO DIMENSIONAMENTO DA REDE DE COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO.....	36
4.1.1. Dados e considerações de projeto.....	36
4.1.2. Estimativa populacional da área de estudo.....	36
4.1.3. Dimensionamento do Sistema de Coleta de Esgoto.....	38
4.1.3.1. Trechos e extensões.....	38
4.1.3.2. Taxas de contribuição linear.....	39
4.1.3.3. Vazões de projeto.....	40
4.1.3.4. Declividade do terreno.....	40
4.1.3.5. Declividades.....	40
4.2.3.6. Recobrimento mínimo.....	41
4.1.3.7. Coeficiente de condutividade hidráulica.....	42
4.1.3.8. Diâmetros e Lâmina d'água máxima.....	42
4.1.3.9. Velocidade de início e fim de plano.....	43
4.1.3.10. Velocidade crítica.....	43
4.1.3.11. Tensão Trativa.....	44
4.2. METODOLOGIA DO DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM URBANA	
44	
4.2.1. Dados de Projeto.....	44
4.2.2. Dimensionamento do Sistema de Macrodrenagem.....	45
4.2.2.1. Trechos e distâncias.....	46
4.2.2.2. Vazão de contribuição.....	46
4.2.2.3. Tempo de concentração.....	47
4.2.2.4. Diâmetro das tubulações.....	47
4.2.2.5. Declividades e cotas do terreno.....	47
4.2.2.6. Profundidade das galerias.....	48

4.2.2.7. Profundidade das galerias.....	50
4.2.3. Dimensionamento do Sistema de Microdrenagem	50
4.2.3.1. Sarjetas	50
4.2.3.2. Bocas de Lobo	51
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	52
5.1. POPULAÇÃO DE PROJETO.....	52
5.2. DIMENSIONAMENTO DOS ESGOTOS E TRAÇADOS.....	52
5.3. DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS.....	53
5.4. DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS	53
5.5. DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO	54
6 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICE A	59
APÊNDICE B.....	63
ANEXO A.....	66

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o saneamento básico, segundo a Lei n. 11.445 (BRASIL, 2007), é definido como “conjunto de serviços, infraestrutura e instalações de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas”. Em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, obras de saneamento não são implantadas muitas vezes pela simples falta de recursos por parte dos entes estatais. No caso específico de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos e de abastecimento de água tratada, os problemas são alarmantes.

Dada a necessidade do uso e consumo de água, tem-se a prioridade pela conservação e o imediatismo do seu fornecimento, principalmente pela necessidade da sua prestação em longo prazo. É inegável que a sua escassez e poluição colocam em risco a saúde, a sobrevivência e a segurança da população, já que possui relação direta com as necessidades básicas da sociedade (FREITAS *et al.*, 2001).

Um dos principais determinantes para deterioração dos corpos hídricos é o fato dos mesmos, geralmente, servirem como destino final para os esgotos sanitários. O lançamento de esgotos sem tratamento adequado acelera a degradação das águas superficiais e, conseqüentemente, a qualidade da água. Além do mais, o avanço deste processo pode provocar grandes alterações nos ecossistemas aquáticos, como a mortandade de peixes, o florescimento de algas tóxicas, a perda da biodiversidade, a predominância de algumas espécies e o desaparecimento de outras, causando possíveis alterações nas cadeias alimentares, impactos sociais, econômicos e de saúde pública, pela perda de água em qualidade e quantidade (PITALUGA *et al.*, 2011).

De acordo com Noro (2012), a quantidade de esgotos produzidos pela humanidade passou a ser superior à capacidade da natureza em depurá-los. Os efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) deveriam, concomitantemente, atender aos padrões e condições de lançamento de esgotos e não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência.

Nos países desenvolvidos, observou-se que a melhoria dos indicadores da saúde pública estava relacionada aos fatores econômicos, sociais e ambientais, implementados principalmente na segunda metade do século XX. E nesses fatores, pode ser considerado como fator primordial, os esforços de governos e instituições não governamentais para a melhoria da

provisão do sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos (PHILIPPI e MALHEIROS, 2005).

Tendo em vista o exposto, pode-se afirmar que o saneamento básico é fundamental para o desenvolvimento sustentável, garantindo o equilíbrio e o bem-estar da sociedade com as questões de preservação ambiental.

O saneamento básico constitui um dos principais requisitos para a perfeita manutenção da vida e saúde do homem. Importante de tal maneira, que o acesso ao saneamento básico foi declarado direito humano fundamental, pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), no dia 28 de julho de 2010.

O marco legal que promoveu um incentivo ao saneamento básico no Brasil foi a criação da Lei nº 11.445, Lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico - LDNSB (BRASIL, 2007), pois esta trouxe maior clareza jurídica, sobretudo para os contratos de concessão dos serviços, o desenvolvimento dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e o estabelecimento de metas de investimento para o setor. Além disso, a referida Lei estabeleceu a elaboração, sob a coordenação do Ministério das Cidades, do Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB, que é o instrumento de implementação da política federal de saneamento básico.

Entre as ações que compõem os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário merece destaque. No Brasil, assim como em grande parte dos países, tem-se por regra o uso de redes coletoras separadoras absolutas (sistema no qual o esgoto pluvial é totalmente separado do esgoto sanitário), consideradas ideais para o transporte de águas residuais e pluviais, em detrimento da utilização de redes combinadas ou unitárias. Porém, nem sempre os sistemas de saneamento básico seguiram esse modelo, que vem se desenvolvendo ao longo de vários anos.

Após o relato das problemáticas do saneamento básico e de sua importância, o presente trabalho busca conceber um projeto de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais que conduzam as águas provenientes das chuvas para locais adequados, evitando transtornos nas zonas urbanas do bairro Bela Vista, localizado no Município de Lavras da Mangabeira, às margens do Rio Salgado, a 250 metros de distância. Rio este que abastece várias comunidades ribeirinhas no seu percurso até chegar ao reservatório Castanhão (DANTAS, 2014). Logo, visa melhorar a qualidade de vida e as condições ambientais do bairro e da sociedade que lá está inserida, buscando prevenir o corpo d'água em questão, tendo em vista a sua grande importância.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um estudo de concepção do sistema de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais do bairro Bela Vista na cidade de Lavras da Mangabeira - Ceará.

2.2 ESPECIFICOS

- Dimensionamento do sistema de coleta de esgotamento sanitário;
- Dimensionamento do sistema de macrodrenagem;
- Dimensionamento do sistema de microdrenagem.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. CENÁRIO DO SANEAMENTO NO BRASIL.

Fazendo um breve levantamento histórico do cenário do esgotamento sanitário no Brasil, pode-se citar o período colonial, por volta do século XVI, onde esgotamento sanitário dependia apenas do serviço escravo. Popularmente chamados de “tigres”, ilustrados na Figura 1, esses escravos eram responsáveis por descartar os dejetos armazenados em recipientes e gerados pelas residências. De acordo com Marques (1995), os procedimentos sanitários realizados neste período não eram partes integradas às políticas duradouras e eficientes. Fato este que pode ser explicado pela ausência de instituições e organizações do Estado, quando o assunto era infraestrutura e planejamento urbano.

Figura 1 – Escravo “Tigre”.



Fonte: Albuquerque (2013).

Por volta do século XIX, foram tomadas as primeiras providências relativas ao saneamento nas cidades brasileiras, buscando sanar e combater as diversas epidemias daquela época. Em 1853, o imperador D. Pedro II, com contribuição de higienistas e médicos, introduziu os processos para a concepção de um sistema de esgotamento sanitário na capital do país, que

naquela data era a cidade de Rio de Janeiro. Em 1863, a cidade tornava-se uma das primeiras do mundo a ter um sistema de rede de esgoto concebido (REZENDE e HELLER, 2002).

A Constituição Federal de 1967 deliberou que os municípios teriam a autonomia para a organização dos serviços públicos locais, que estão incluídos as incumbências do saneamento. Logo, a responsabilidade dos serviços de saneamento estava sob o âmbito dos municípios, e permaneceu na Constituição de 1988.

Nos anos 70, foi instituído o Sistema Nacional de Saneamento, composto pelo Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que tem como principal fonte de recursos o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), que também faz parte do sistema, e pelo Banco Nacional da Habitação (BNH). A efetuação do Planasa foi possibilitada pelos recursos do FGTS, sendo o primeiro passo do governo federal no setor do saneamento básico. (ARRETCHE, 2004).

Conforme o PLANSAB (BRASIL, 2013), durante a década de 80 o planejamento público notou a necessidade da elaboração de cenários a longo prazo, que tinham como objetivo, descrever um futuro possível, imaginável ou desejável, usando-se de ideias e perspectivas de eventos futuros. Para a concepção dessa visão estratégica do PLANSAB, foram realizados cinco seminários regionais e diversos outros eventos, que buscavam fomentar debates preliminares para a construção de cenários para as políticas de saneamento básico até 2030.

Logo, foram selecionados três cenários, nomeados de Hipótese 1, 2 e 3 (Quadro 1). O cenário 1, foi o escolhido como referência, ele indica um futuro provável, considerado cobiçável, estabelecendo o meio para que se desenvolva o planejamento e suas políticas. Os cenários 2 e 3 são traçados como modelos para o planejamento, caso o monitoramento da condição apresente mudanças consideráveis do cenário 1, as devidas soluções sejam tomadas.

Quadro 1 - Cenários plausíveis para a política de saneamento básico no Brasil

CONDICIONANTES	HIPÓTESE 1	HIPÓTESE 2	HIPÓTESE 3
QUADRO MACROECONÔMICO	Elevado crescimento, sem gerar pressões inflacionárias, com uma relação dívida/PIB decrescente.	Menor crescimento mundial, menor expansão da taxa de investimento e maior pressão inflacionária.	-
PAPEL DO ESTADO (Modelo de Desenvolvimento) / MARCO REGULATÓRIO/RELAÇÃO INTERFEDERATIVA	Estado provedor e condutor dos serviços públicos com forte cooperação entre os entes federativos.	Redução do papel do estado com participação do setor privado em função públicos essenciais e fraca recuperação entre os entes federados.	Estado mínimo com mudanças nas regras regulatórias e conflitos na relação interfederativa.
GESTÃO, GERENCIAMENTO, ESTABILIDADE E CONTINUIDADE DE POLÍTICAS PÚBLICAS/PARTICIPAÇÃO E CONSTROLE SOCIAL	Avanços na capacidade de gestão com continuidade entre mandatos.	Políticas de estado contínuas e estáveis.	Prevalência de políticas de governo.
INVESTIMENTOS NO SETOR	Crescimento do patamar dos investimentos públicos submetidos ao controle social.	Atual patamar de investimentos públicos distribuídos parcialmente com critérios de planejamento.	Diminuição do atual patamar de investimentos públicos aplicados sem critérios.
MATRIZ TECNOLÓGICA/ DISPONIBILIDADE	Desenvolvimento de tecnologias apropriadas e ambientais sustentáveis.	Adoção de tecnologia sustentáveis de forma dispersa.	Soluções não compatíveis com as demandas e com as tendências internacionais.

Fonte: adaptado de Brasil (2013).

A escolha do cenário 1 partiu da ideia de que a economia do país iria apresentar um crescimento plausível no período 2011-2020, e que durante este período seriam feitas as mudanças estruturais básicas e superados alguns obstáculos existentes, principalmente na área de infraestrutura econômica, visando um maior crescimento econômico no período 2021-2030.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), os municípios mais populosos são aqueles que buscam cumprir as obrigações das políticas municipais de saneamento básico (Figura 2). Dentre os 42 municípios com mais de 500 000 habitantes em 2017, 69,0% declaram possuí-la em 2017, em 2011 em 22 municípios.

Figura 2 - Proporção de municípios por situação da Política Municipal de Saneamento Básico, segundo as classes de tamanho da população dos municípios - 2011/2017



Fonte: IBGE (2018).

No Brasil como um todo, 2126 municípios (38,2%) informaram ter Política Municipal de Saneamento Básico em 2017, um aumento de 35,4% em relação a 2011. Havia ainda 1 342 municípios (24,1% do total) elaborando sua respectiva Política em 2017.

Ainda de acordo com o IBGE (2018),

Nos últimos anos, houve no Brasil mudanças importantes nos marcos institucionais referentes ao saneamento básico. Além de tratar de aspectos fundamentais da prestação dos serviços, a Lei Federal do Saneamento Básico (Lei n. 11.445, de 05.01.2007) e o Decreto n. 7.217, de 21.06.2010, que a regulamenta, trazem uma série de normas no que diz respeito ao exercício da sua titularidade, regulação, planejamento e gestão.

Hoje em dia, mesmo com todas as iniciativas, ainda existem grandes cidades e várias regiões que geram excessivos volumes de esgoto que são lançados em corpos hídricos, sem ofertar nenhum tipo de tratamento ao despejo. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2016), este cenário gera sérios problemas de saúde pública, bem como na degradação dos recursos naturais, afetando a qualidade de vida nessas regiões do país.

3.2. CENÁRIO DO SANEAMENTO EM LAVRAS DA MANGABEIRA.

No município de Lavras da Mangabeira, a administração dos serviços de água e esgoto é realizada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE. No que se refere ao sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, a cidade não apresenta um sistema coletivo, estando o tratamento dos efluentes restrito apenas a tratamentos individuais, na sua maioria precários, ou sem receber nenhum tipo de tratamento.

De acordo com a Tabela 1, menos de um quarto dos domicílios do município tem saneamento adequado. E segundo o IBGE (2010), a maioria desses domicílios trata seu esgoto de maneira individual, através de tanques sépticos ou outros meios rudimentares. Observando-se que as demais residências despejam diretamente, por meio de redes pluviais, seus resíduos no solo ou em corpos hídricos, sem receber nenhum tratamento.

DOMICILIOS PARTICULARES PERMANENTES	URBANO	5.241	8.640
	RURAL	3.399	
	ADEQUADO	23,7	%
	INADEQUADO	31,8	%
	SEMI-ADEQUADO	44,6	%

Fonte: Adaptado do IBGE (2010).

Como aspecto positivo para auxiliar na mudança da atual situação, o município possui Plano Diretor do Município e um Plano Municipal de Saneamento Básico, que evidenciam as diretrizes relativas ao sistema de coleta, afastamento, tratamento e disposição final dos esgotos, contando como meta alcançar a totalidade do sistema de coleta e desenvolver o sistema de tratamento de esgoto no município.

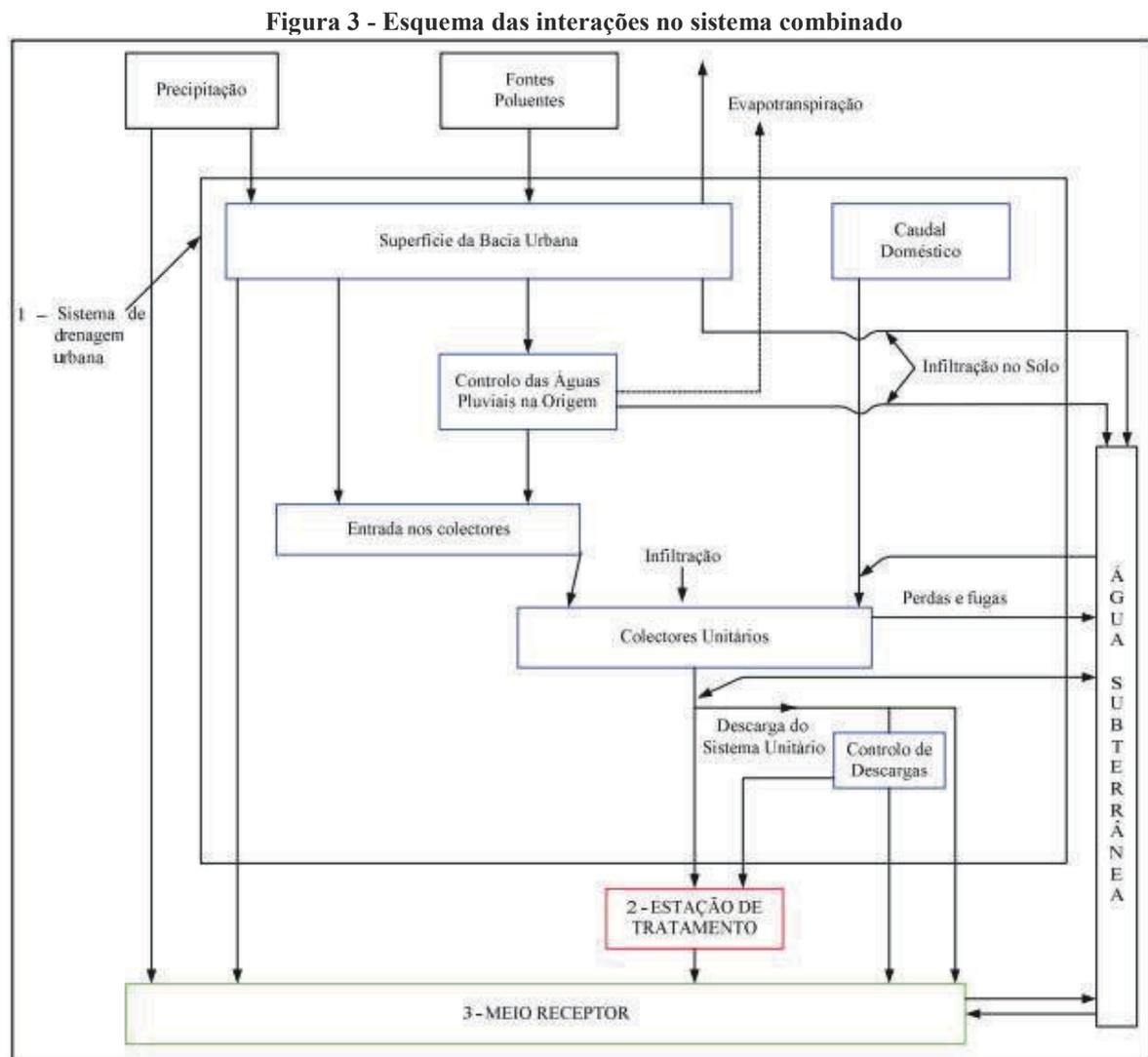
3.3. TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Segundo a Lei Federal Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, as atividades que compõem o esgotamento sanitário são, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados das águas residuais, desde as ligações prediais até seu lançamento final no meio ambiente.

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (2000) os sistemas podem ser classificados em sistema de esgotamento unitário ou combinado, sistema de esgotamento separador absoluto e sistema de esgotamento separador parcial. Abaixo serão abordadas mais detalhadamente estas classificações de acordo com o autor.

3.3.1. Sistema de esgotamento unitário ou combinado

É aquele em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que infiltra no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais propagandeam-se por um único sistema. O funcionamento desse sistema é representado pelo esquema na Figura 3. Um dos seus principais aspectos é que a união dessas águas lesa e aumenta significativamente o tratamento dos esgotos. Devido ao fato de que se faz necessário, a construção de grandes sedimentadores para a maior parte da caudal que passa a sofrer a depuração biológica, ao mesmo tempo em que a outra parcela foi submetida ao tratamento secundário apresenta variação nos graus de diluição, vindo a ser prejudicial ao sistema.



Fonte: CARDOSO (2008).

Existem outros fatores que devem ser levados em consideração em relação a esse tipo de sistema, que são os seguintes (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000):

- a) Grandes investimentos desde o início do projeto, devido às grandes dimensões dos condutos e das obras complementares;
- b) Os recursos devem ser aplicados de forma mais concentrada, diminuindo a tolerância de execução programada por sistema;
- c) As galerias de águas pluviais teriam que ser construídas em todos os logradouros;
- d) As obras são mais complicadas e demoram mais tempo;
- e) Em vias públicas não pavimentadas esse tipo de sistema vem a ter problema de funcionamento.

3.3.2. Sistema de esgotamento separador parcial

É o sistema constituído de redes de esgoto e de galerias de águas pluviais, sendo projetado para receber uma parte das águas pluviais, águas de infiltração do subsolo e as águas residuárias. O excedente das águas pluviais escoam em outra tubulação separada (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000).

3.3.3. Sistema de esgotamento separador absoluto

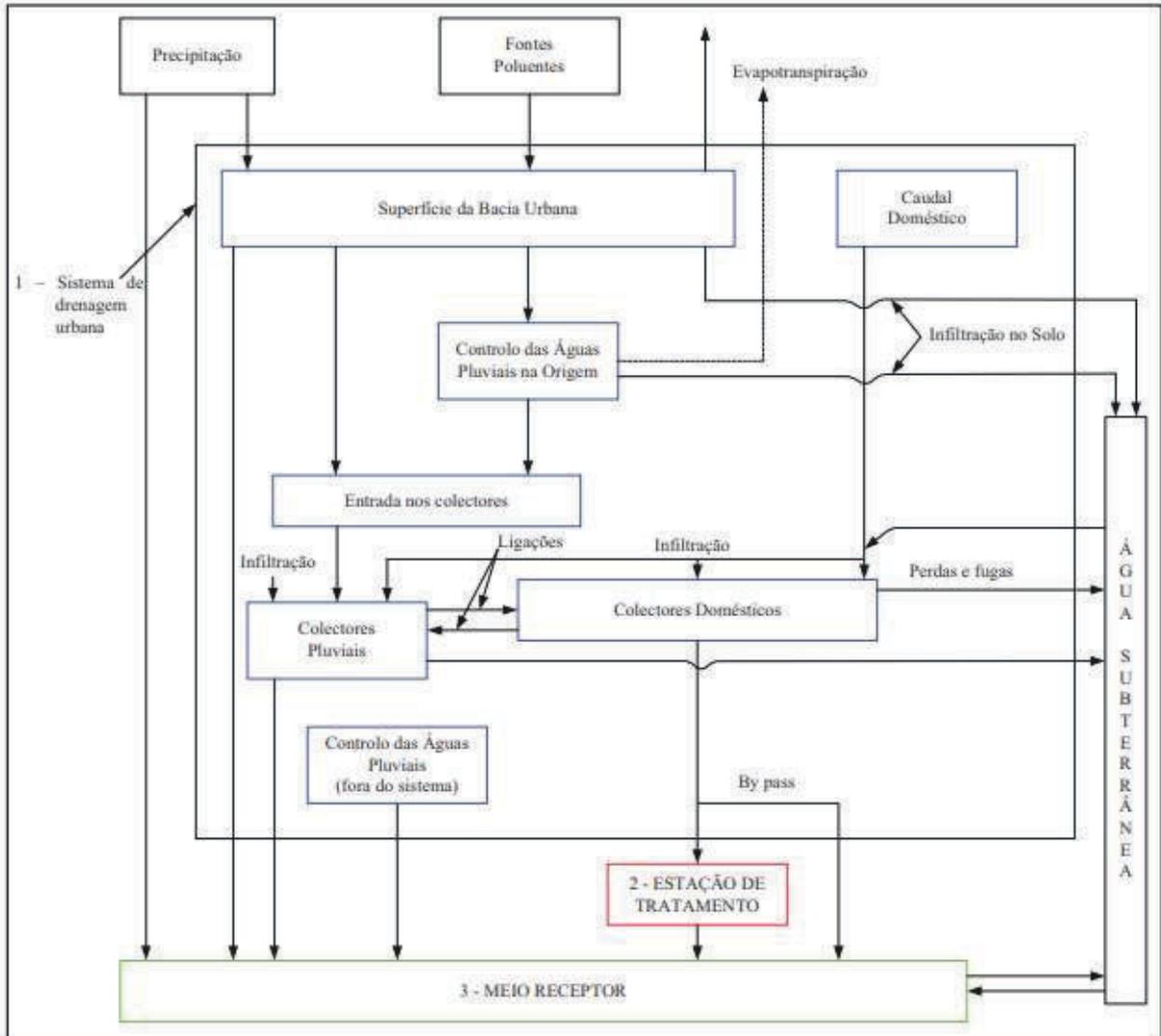
É o sistema em que as águas residuárias e as águas de infiltração, veiculam em um sistema independente, chamado de sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um outro sistema totalmente independente, denominado de sistema de drenagem pluvial. O funcionamento desse sistema é representado pelo esquema na Figura 4.

Logo, o sistema separador absoluto quando comparado aos outros tipos de sistema, apresenta algumas vantagens, listadas a seguir (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000):

- Apresenta menor valor, por empregar tubos mais baratos, de fabricação industrial;
- Garante maior flexibilidade para a execução por etapas, dando maior prioridade a rede sanitária;
- Diminui o custo do afastamento das águas pluviais, devido ao fato de permitir o seu lançamento no curso de água mais próximo, sem que haja a necessidade de tratamento;
- Não obriga que as ruas sejam pavimentadas;
- Diminui consideravelmente o comprimento das canalizações de grande diâmetro em uma cidade, por não exigir a construção de galeias em todas as ruas;

- Não prejudica a depuração dos esgotos sanitários.

Figura 4 -Esquema das interações no sistema separador absoluto



Fonte: CARDOSO (2008).

No Brasil, esse tipo de sistema se consolidou tanto tecnicamente, pelo fato da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT ter normatizado os elementos de concepção e projeto destes sistemas nas Norma Brasileira -NBR 9648/86 e NBR 9649/86, bem como legalmente, já que este tipo de sistema é condicionante ao licenciamento ambiental (RADESCA, 2018)

3.4. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Para esse estudo é indispensável a elaboração de uma série de atividades, que estão listadas a seguir (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000):

- Obtenção de dados e características da comunidade;
- Análise demográfica e estudo do uso de ocupação do solo;
- Parâmetros e critérios de projeto;
- Estudos do sistema de esgoto sanitário existentes;
- Cálculo das contribuições (industrial, doméstica e de infiltração);
- Elaboração criteriosa das opções de concepção.
- Estudo dos corpos receptores;
- Estimativa de custo das alternativas estudadas;
- Comparativo entre as características ambiental e técnico-econômica das alternativas;
- Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas desenvolvidos para escolha da alternativa;
- Alternativa escolhida;
- Material gráfico do estudo de concepção;
- Memorial de cálculo.

Esse dimensionamento segue as diretrizes citadas acima, sendo as etapas de projeto as seguintes: determinação da população (1); cálculo das vazões (2) e dimensionamento hidráulico (3).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986), na norma regulamentadora NBR 9649, as partes do sistema que devem ser abordados são:

- a) Ligação predial: Extensão do coletor predial que fica entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- b) Coletor de esgoto: Parte de rede coletora que recebe os esgotos dos coletores prediais em qualquer ponto da sua extensão;
- c) Coletor principal: Coletor de esgoto de maior extensão dentro da rede;
- d) Coletor tronco: Tubulação que recebe apenas a contribuição de outros coletores;

- e) Emissário: Tubo receptor de esgoto, que recebe contribuição de esgoto unicamente na extremidade de montante;
- f) Rede Coletora: Sistema que se constitui por ligações prediais, coletores de esgoto, e seus órgãos acessórios;
- g) Trecho: Parcela do coletor, coletor tronco, emissário, que fica entre singularidades sucessivas;

E conforme Noro (2012),

O conjunto de canalizações que compõem o sistema de esgotos deve ser projetado para funcionar como conduto livre. Faz-se exceção aos sifões invertidos e à linha de recalque de estações elevatórias, que funcionam como condutos forçados, e aos emissários, que podem funcionar como condutos forçados ou livres.

3.4.1. Projeção de população

O estudo populacional é um passo importante para projetos de saneamento, diante dessas informações é que se pode calcular as vazões a esgotar, para concepção do sistema de esgoto sanitário esse estudo depende de dois parâmetros: consumo *per capita* de água e população atendida. Os métodos aplicados para a projeção podem ser baseados últimos censos do IBGE, métodos esses citados a seguir:

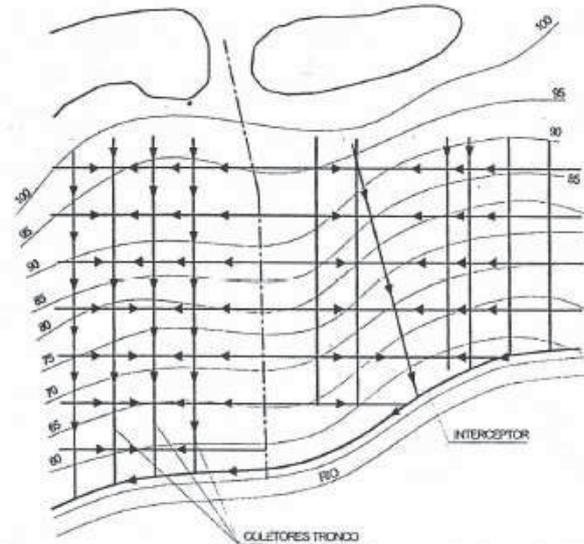
- a) Método de projeção aritmética: Baseado em uma taxa constante, geralmente é utilizado para a estimativa populacional em pequenos prazos. Apropriado para áreas de pequeno porte;
- b) Método de projeção geométrica: Calculado em função da população existente a cada instante, usado para a determinação em pequenos prazos. Utilizado para cidade que apresentam crescimento elevado ou cidades de médio porte;
- c) Método baseado na Taxa decrescente de crescimento: Baseado no princípio de que de acordo com que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor.

3.4.2. Tipos de traçado de rede de esgoto

Devido ao fato de que a rede de esgoto funciona por meio do sistema de gravidade, é de grande importância que seja feito um levantamento topográfico da área de projeto, já que o escoamento se processa de acordo com o caimento do terreno, assim com base nesse levantamento podemos definir qual tipo de traçado deve ser utilizado. Segundo Tsutiya e Sobrinho (2000), pode-se citar os seguintes tipos de rede:

- a) Traçado perpendicular: usado em cidades atravessadas ou circundadas por cursos de água. Este tipo de rede é composto por elevado número de coletores tronco independentes, com delineamento perpendicular ao curso de água. Onde um interceptor marginal receberá esses coletores, levando os efluentes ao destino apropriado, como mostrado na Figura 5.

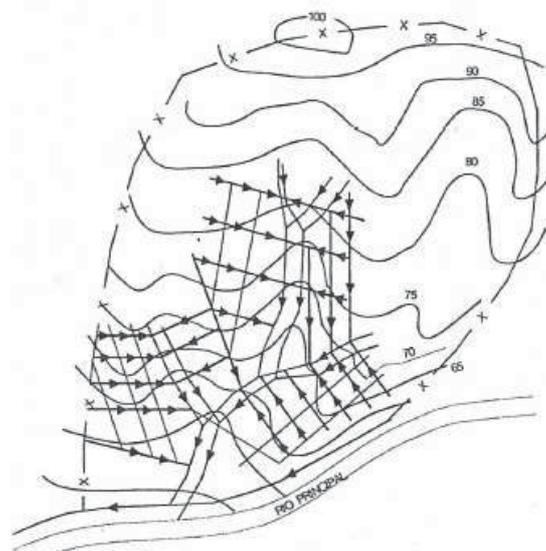
Figura 5 - Traçado de rede esgotamento do tipo perpendicular



Fonte: TSUTIYA e SOBRINHO (2000).

- b) Traçado leque: É o método indicado para terrenos acidentados. Neste tipo de rede os coletores têm seu percurso na parte baixa das bacias, recebendo a incidência dos coletores secundários, com um traçado que faz lembrar um leque (Figura 6).

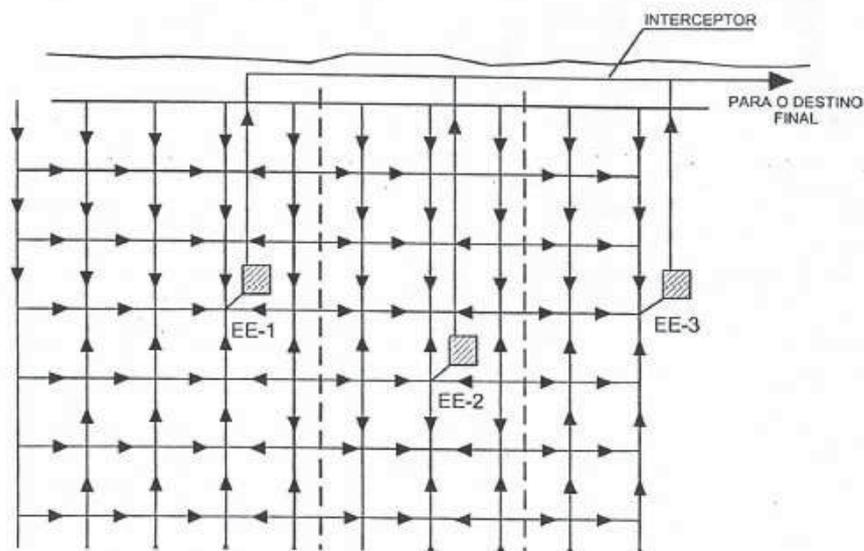
Figura 6 - Traçado de rede de esgotamento do tipo leque.



Fonte: TSUTIYA e SOBRINHO (2000).

- c) Traçado distrital ou radial: É o sistema indicado em cidades planas. Dividindo a área de projeto em setores, e em cada um deles criam-se pontos baixos, para onde são direcionados os esgotos. A partir desse ponto os esgotos são recalcados para um destino final, traçado ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Traçado de rede de esgotamento do tipo distrital.



Fonte: TSUTIYA e SOBRINHO (2000).

3.4.3. Órgãos acessórios à rede coletora de esgoto

Os problemas mais frequentes nas redes de esgoto são oriundos das obstruções ou de entupimentos nas tubulações, ocasionados pela presença de sólidos nos efluentes, para que essas situações sejam resolvidas, faz-se necessário a utilização de dispositivos com intuito de impedir ou até mesmo minimizar as obstruções nos pontos singulares da rede. Segundo a NBR 9649 (ABNT, 1986), os órgãos acessórios, são os seguintes:

- Caixa de passagem (CP): câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva;
- Tubo de inspeção e limpeza (TIL): dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza;
- Poço de visita (PV): câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.
- Terminal de limpeza (TL): Dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor;

- e) Sifão invertido: trecho rebaixado com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos d'água.

3.5. TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

As definições dos tipos sistemas convencionais de drenagem são as seguintes (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA, 2002):

- Sistema de Microdrenagem: é o sistema de canalizações pluviais ou canais na rede primária urbana. Com objetivo de atender a drenagem de águas oriundas de precipitações com risco moderado.
- Sistema de Macrodrenagem: é o responsável por coletar os sistemas de micro drenagem. Com objetivo de acomodar as precipitações maiores que as suportadas pela microdrenagem que venham a causar em riscos ao bem-estar humano.

Um estudo aprofundado sobre as peculiaridades da bacia hidrográfica onde será instalado o projeto, aliado ao estudo dos sistemas de drenagem é de fundamental importância para um bom entendimento e implantação do projeto, já que esses sistemas seguem a topografia da área estudo.

3.5.1. Estudo de concepção dos sistemas de drenagem de águas pluviais

Conforme a Lei 11.445/2007, a drenagem e manejo de águas pluviais que se dividem em macrodrenagem e microdrenagem fazem parte do conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais do saneamento básico, tendo o objetivo de deter ou reter as vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas.

Os sistemas de macrodrenagem urbana são compostos pelos seguintes componentes (SILVA; MASCARENHAS; MIGUEZ, 2003):

- Reservatórios de retenção: Construção cujo o nível d'água é constante, onde os escoamentos são acomodados acima de um nível normal de retenção;
- Canais construídos ou naturais: Estruturas projetadas ou valas naturais que transportam as águas pluviais e subterrâneas geradas em toda a área da bacia hidrográfica em questão;
- Reservatórios de detenção: Estruturas projetadas para acomodar temporariamente os escoamentos, geralmente, no decorrer e de imediato a um evento de chuva.

Já os sistemas de microdrenagem são compostos por diversos dispositivos estruturais, que vão das edificações através dos coletores até o sistema público de drenagem, em conjunto com as contribuições das áreas impermeáveis. Segundo Tucci *et al.* (2003) os dispositivos que compõem a rede de microdrenagem são os seguintes:

- a) Poço de Visita: estruturas posicionadas de forma estratégica no percurso das galerias viabilizando mudanças de declividade, direção e diâmetro, e também com objetivo inspeção e limpeza das canalizações;
- b) Boca de lobo: dispositivo de captação de águas situado em pontos adequados nas sarjetas;
- c) Galerias: estruturas canalizadas que são ligadas as bocas de lobo com intuito de conduzir as águas pluviais das bocas de lobo e dos coletores pluviais privados;
- d) Sarjetão: dispositivo utilizado no desvio de escoamentos de um lado para o outro da rua;
- e) Sarjetas: é uma parte da pavimentação não demarcada, encontrada paralelamente ao meio fio, onde as inclinações de projeto formam uma calha que acomoda e transporta as águas pluviais;
- f) Tubos de ligação: canalizações transportam as águas pluviais desde as bocas de lobo até os poços de visita ou galerias;

Diferentemente dos sistemas de esgotamento sanitário, não existe um padrão de regras e critérios de dimensionamento desse tipo de rede perante as normas da ABNT. No entanto, existem órgãos de autarquia municipal, estadual e federal que elaboram suas próprias normas, em forma de manuais de drenagem. De acordo com Radesca (2018), geralmente a elaboração desses manuais de drenagem são baseados em modelos de transformação chuva-vazão, relacionando a intensidade da precipitação à sua duração e tempo de recorrência.

Para a determinação dessas precipitações é vital que tenhamos um conhecimento sobre a intensidade, duração e período de retorno na região de estudo. A obtenção desses dados faz possível com que seja determinada as equações IDF (Intensidade-Duração-Frequência) (FREITAS, 2016).

3.6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Lavras da Mangabeira está localizada no estado do Ceará (Figura 8); e possui uma área de 947,957 km² e população de 31 096 habitantes (IBGE, 2010).

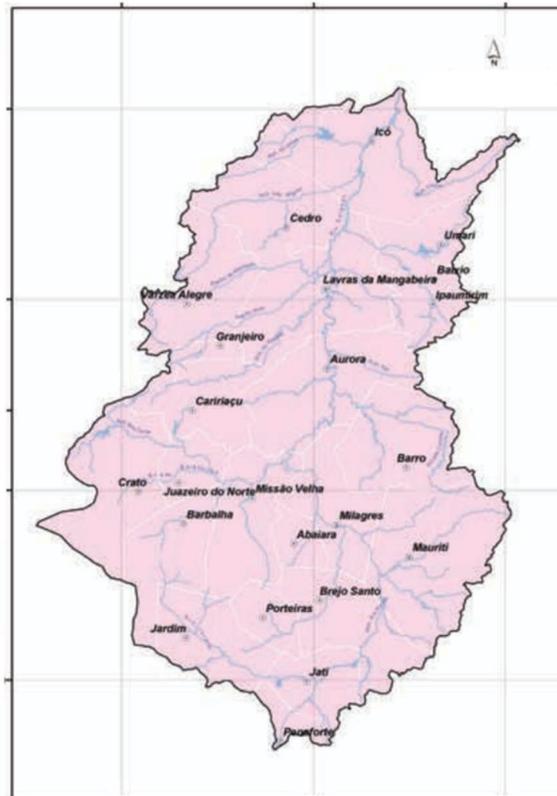
Figura 8 - Localização de Lavras da Mangabeira - Ceará.



Fonte: IBGE (2019).

O município está enquadrado na micro-bacia IV da Sub-Bacia do rio Salgado, inserida na Bacia do rio Jaguaribe, e se encontra ao Sul do Estado do Ceará. A Sub-Bacia do rio Salgado, apresentada na Figura 9, que abrange 8,25% do território cearense, e possui área de drenagem de 12.865 km, onde seu principal componente é o rio o Salgado.

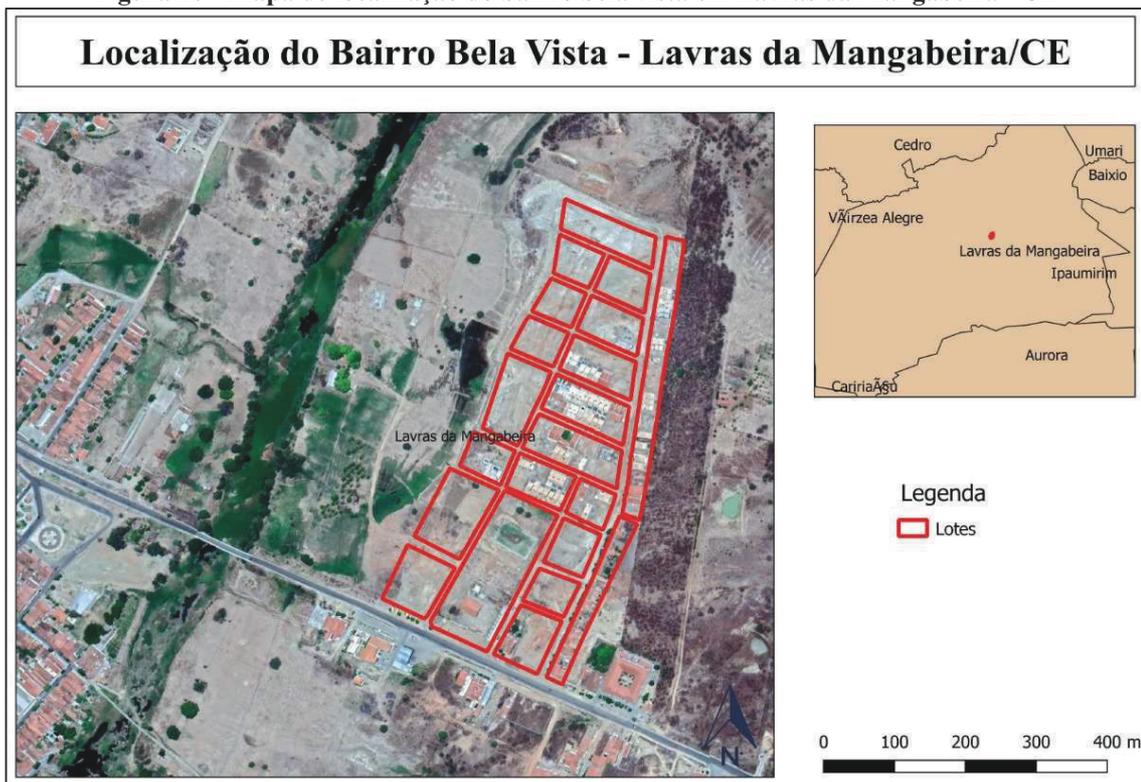
Figura 9 - Sub-bacia do Rio Salgado e seus principais afluentes.



Fonte: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (2009).

A área de estudo deste trabalho é o bairro Bela Vista, localizado a leste do centro do município, e situado entre estes está o rio salgado (Figura 10). Bairro com características residenciais de padrão econômico médio-baixo, apresenta atualmente uma população estimada de 1300 pessoas, dados esses obtidos na secretária de saúde do município. A região teve sua denominação como bairro no ano de 2006, anteriormente era considerado zona rural. Sua origem relativamente recente foi ocasionada pelo grande crescimento municipal no final da última década, crescimento esse que está ligado diretamente ao grande número de financiamentos de imóveis que ocorreu durante os últimos anos. O bairro faz fronteira ao sul com um posto de combustível e ao leste com o hospital São Vicente Ferrer. Em sua área já habitada o bairro conta com a presença de um campo de futebol localizado na sua área central e também com a presença de um clube para realização de eventos.

Figura 10 - Mapa de localização do bairro bela vista em Lavras da Mangabeira - CE

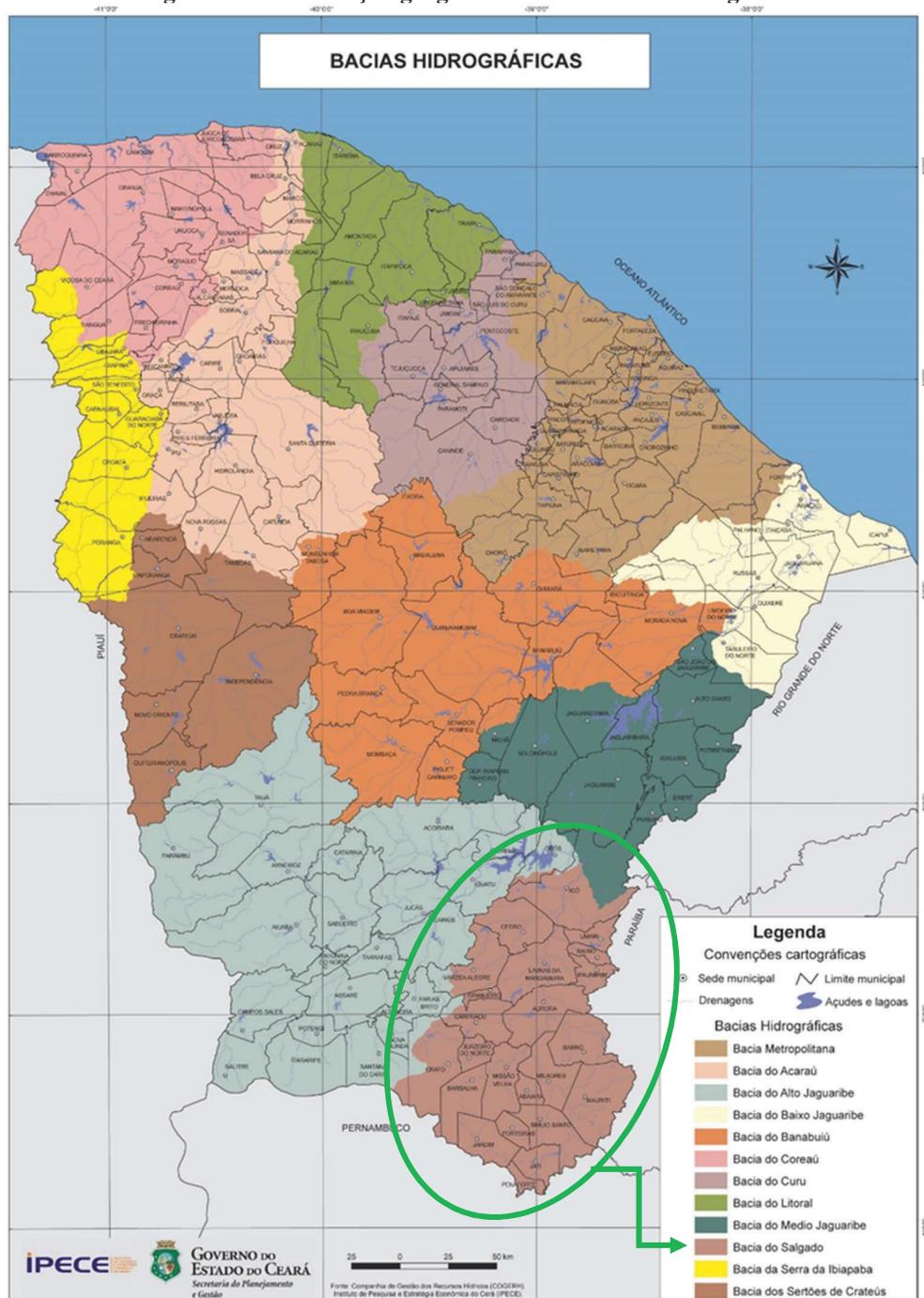


Fonte: Autoria própria (2019).

3.6.1. Localização geográfica da sub-bacia

O município está inserido na sub-bacia do rio Salgado, que se encontra no sul do Estado do Ceará, limita-se ao sul com o Estado de Pernambuco, ao oeste com a sub-bacia do alto Jaguaribe, a nordeste com a sub-bacia do médio Jaguaribe e ao leste com o Estado da Paraíba. Como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Localização geográfica da sub-bacia do Salgado.



Fonte: Adaptado de Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (2009).

3.6.2. Aspectos Socioeconômicos

No censo demográfico do IBGE (2000), o município possuía uma população de 31.360 habitantes, sendo 14.630 (46,6%) na zona rural e 16.730 (53,4%) na zona urbana. A agricultura de subsistência do milho, mandioca e feijão, são as principais atividades em que se baseiam a economia do município, além das monoculturas de abacate, algodão, banana, castanha de caju,

cana-de-açúcar e frutas diversas. A criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves, são o destaque na pecuária extensiva do município. Em relação a recursos minerais, a região tem histórico de ocorrência de ouro, de acordo com a literatura geológica (VERÍSSIMO e AGUIAR, 2005).

3.6.3. Climatologia

Em geral, o município apresenta um sistema pluviométrico do tipo tropical, caracterizado pela descontinuação das chuvas no tempo e no espaço. No tempo, pela ocorrência das chuvas num pequeno intervalo, evidenciando a existência de dois períodos distintos: um seco e outro chuvoso. No espaço, pelas chuvas mau distribuídas de um ano para o outro em diferentes áreas e, especialmente, numa mesma área e num mesmo ano.

3.6.4. Geomorfologia

Segundo o IPLANCE (1997), a área do município está inserida na Subcompartimentação Regional do Relevo, que se identifica pela unidade morfológica denominada depressão sertaneja, que se designa por uma parcela de relevos suaves e pouco dissecados, sua principal característica é a formação de morros alongados entremeados por vales amplos de fundo plano e com cotas inferiores a 400 metros.

4 MÉTODOLOGIA

O presente estudo realizou-se no Bairro bela vista, cidade de Lavras da Mangabeira, localizado na região centro-sul do estado do Ceará. Para o desenvolvimento deste estudo, foram realizados levantamentos bibliográficos e dados secundários sobre o município e do bairro. Como também, uma pesquisa de campo com objetivo de coletar dados primários e observações *in loco*.

Foram executados os dimensionamentos das redes de esgoto e drenagem e seus detalhamentos. Nesta etapa, foram obedecidas às recomendações das normas técnicas NBR 9649/86: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, NBR 9648/86: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário e NBR 10884/89: Instalações prediais de águas pluviais. De posse dos dimensionamentos, os projetos de detalhamentos foram elaborados através de softwares consagrados no mercado. Por fim, foram realizadas análises técnicas dos resultados obtidos.

4.1. METODOLOGIA DO DIMENSIONAMENTO DA REDE DE COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO

4.1.1. Dados e considerações de projeto

O Bairro Bela Vista, é uma área residencial localizada na cidade de Lavras da Mangabeira, próximo ao Hospital São Vicente, bairro que apresenta as seguintes características, dados esses obtidos a partir de visita *in loco*:

- Área total: 132.707,74 m²;
- Número de Lotes: 330 lotes;
- Número de Quadras: 20 Quadras.

4.1.2. Estimativa populacional da área de estudo

O cálculo da população de projeto foi feito utilizando o processo de projeção geométrica, método que admite que o crescimento da população é proporcional ao total de habitantes existente a um determinado ano (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000). Que é obtido através da Equação 1:

$$\ln P = \ln P_2 + k_g (t - t_2) \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

P_1 = população do penúltimo senso;

P_2 = população do último senso;

t_1 = ano do penúltimo senso;

t_2 = ano do último senso;

K_g = taxa de crescimento geométrico.

Apesar de que a área apresenta escassez de dados demográficos, a partir de dados do IBGE, e obteve-se as populações para os anos de 1998 e 2008 para a realização do método, com objetivo de obter a população nos anos de 2028 e 2038.

Para o presente projeto foi escolhido o modelo de traçado do tipo perpendicular, pois é o modelo mais indicado em casos de cidades atravessadas ou circundadas por cursos de água. Nesse tipo de traçado, a rede de esgotos compõe-se de vários coletores tronco independentes, com traçado aproximadamente perpendicular ao curso de água. Um interceptor marginal deverá receber esses coletores, levando os efluentes ao destino adequado, no caso uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para posterior tratamento, e obtenção de condições de lançamento no curso d'água do Rio salgado, importante manancial da região.

4.1.3. Dimensionamento do Sistema de Coleta de Esgoto

Buscando maior praticidade e uma melhor organização na elaboração dos cálculos foi utilizada uma planilha no programa Excel do pacote Microsoft 2013, o cabeçalho desta planilha está representado a baixo na Quadro 2, cada coluna dessa tabela representa um parâmetro que foi utilizado para o cálculo.

Quadro 2 - Planilha de dimensionamento da rede de esgoto

Trecho (m)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l/s.Km)	Início	Final
		Contr. Do Trecho (l/s)	Início	Final
		Vazão a Montante	Início	Final
Vazão de Projeto (l/s)	Diâmetro (mm)	Vazão a Jusante (l/s)	Início	Final
		Declividade mínima (m/m)		
		Declividade máxima (m/m)		
Declividade de Projeto (m/m)	Declividade do Terreno (m/m)	Declividade mínima (m/m)		
		Declividade máxima (m/m)		
		Declividade do Terreno (m/m)		
Cof. De Conduktiv. Hidráulica (K)	Cota do terreno (m)	Lâmina líquida (V/D)	Início	Final
		Cota do coletor (m)	Montante	Jusante
		Prof. Do coletor (m)	Montante	Jusante
Viniç. (m/s)	Vc. (m/s)	Viniç. (m/s)	Início	Final
		Vc. (m/s)	Início	Final
		σt (Pa)	Início	Final
β		Início	Final	
Rh		Início	Final	

Fonte: Autora própria (2019).

4.1.3.1. Trechos e extensões

A partir de um levantamento topográfico cedido pela secretaria de obras do município de Lavras da Mangabeira – CE em arquivo DWG, foi elaborado um croqui do bairro para que fossem nomeados cada trecho de rua de forma crescente e de maneira que seus limites fossem a cada intersecção das ruas, posteriormente foi utilizado o *Software* AutoCad 2019 da Auto Desk, para a coleta de cada extensão dos trechos.

4.1.3.2. Taxas de contribuição linear

A partir da população de início e fim de plano, do consumo per capita e do coeficiente de retorno de esgoto, determinam-se somente as vazões domésticas de contribuição, pois neste caso não há uma contribuição industrial, de início e fim de plano a partir das Equações 2 e 3:

$$Q_{início} = \frac{C \cdot K2 \cdot P_i \cdot q}{86400}, \text{ em l/s} \quad \text{(Equação 2)}$$

$$Q_{fim} = \frac{C \cdot k1 \cdot K2 \cdot P_f \cdot q}{86400}, \text{ em l/s} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde:

C = Coeficiente de Retorno do Esgoto (De acordo com a NBR 9.649/86, quando existe a inexistência de dados que caracterizem esse valor no município, como é o caso deste trabalho, adota-se o valor de 0,8);

K1=Coeficiente de máxima vazão diária (Segundo a NBR 9.649/86, já que não existe dados medidos em campo, adota-se o valor de 1,20);

K2=Coeficiente de máxima vazão horária (De acordo a NBR 9.649/86, já que não existe dados medidos em campo, adota-se o valor de 1,50);

P_i = População de início de plano;

P_f = População de fim de plano;

q = Consumo per capita (O valor adotado foi de 200 l/hab. X dia, que segundo Tomaz (2000) é o valor à se considerar para apartamentos e residências).

Após isso, determina-se a taxa de contribuição linear para início e fim de plano, pela Equação 4:

$$Tx_{i,f} = \frac{Q_{i,f}}{L_{i,f}} + TI, \text{ em l/s.km} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

TI = Taxa de infiltração (a NBR 9.649/86 recomenda o uso de 0,5 a 1,0 L/s.km como taxa de infiltração para redes coletoras de esgoto. Sendo assim, adotamos TI = 1 L/s.km);

Q_{i,f} = Vazão de início de plano e vazão de fim de plano;

$L_{i,f}$ = Comprimento de início de plano e fim de plano.

Diante dessas informações aplicam-se os dados de projeto, para determinação das taxas de contribuição linear de cada trecho, a partir do produto entre as taxas de contribuição pelo seu respectivo comprimento.

4.1.3.3. Vazões de projeto

A partir das taxas de contribuições dos trechos, torna-se possível a determinação das vazões de montante e jusante de cada trecho da canalização, a NBR 9649/86 recomenda que o menor valor de vazão seja 1,5 l/s para qualquer trecho.

4.1.3.4. Declividade do terreno

Com o auxílio do levantamento topográfico da região, determinam-se as cotas do terreno a montante e a jusante de cada trecho, determinando assim a declividade do terreno, pela Equação 5:

$$\text{Decliv. terreno} = \frac{C_m - C_j}{L}, \text{ em m/m} \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde:

C_m = Cota de montante;

C_j = Cota de jusante;

L = comprimento do trecho.

4.1.3.5. Declividades

Visando a garantia de autolimpeza das tubulações pelo menos uma vez durante o dia, a declividade mínima é responsável por garantir essa condição, levando em consideração um coeficiente de Manning (Quadro 3) recomendado por Metcalf e Eddy (1991), de $n = 0,013$.

Quadro 3 - Equações obtidas para a declividade mínima de modo a garantir tensão trativa $\geq 1,0$ Pa.

Coefficiente de Manning	Declividade Mínima
0,009	$I = 0,0065.Q^{-0,49}$
0,010	$I = 0,0061.Q^{-0,49}$
0,011	$I = 0,0058.Q^{-0,49}$
0,012	$I = 0,0056.Q^{-0,48}$
0,013	$I = 0,0055.Q^{-0,47}$
0,014	$I = 0,0051.Q^{-0,47}$
0,015	$I = 0,0049.Q^{-0,47}$
0,016	$I = 0,0048.Q^{-0,47}$
(*) Q em L/s	

Fonte: Tsutiya e Sobrinho, 2000.

Logo, essa determinação será feita a partir da Equação 6:

$$I_{mín} = 0,0055. Qi^{-0,47}, \text{ em m/m} \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

$I_{mín}$ = declividade mínima (m/m)

Qi = a vazão de início de plano do trecho.

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011) para o cálculo declividade máxima de cada trecho, considerando $n = 0,013$, utiliza-se a Equação 7:

$$I_{máx} = 4,65. Qf^{-0,47}, \text{ em m/m} \quad \text{(Equação 7)}$$

4.2.3.6. Recobrimento mínimo

Segundo Tsutiya (2000), a profundidade mínima do coletor público para atender às ligações prediais podem ser determinadas através da equação a seguir:

$$p = a + il + h + h_c \quad \text{(Equação 8)}$$

Onde:

p = profundidade mínima do coletor público, m;

a = distância entre a geratriz inferior interna do coletor público até a geratriz inferior interna do ramal predial, m;

i = declividade do ramal predial, m/m;

h = desnível entre a via pública e o aparelho sanitário mais desfavorável, m;
 h_c = altura da caixa de inspeção.

Porém para o nosso dimensionamento foram considerados as seguintes especificações, que de acordo com Costa (2013), a profundidade mínima das valas é determinada com o objetivo de possibilitar o recobrimento das tubulações, assim atendendo as condições da Tabela 2.

Tabela 2 - Recobrimentos Mínimos das tubulações.

Tipo de pavimento	Recobrimento (m)
Valas sob passeio com meio-fio definido	0,65
Valas sob passeio sem meio-fio definido	0,90
Valas sob via pavimentada ou com greide definido por meio-fio e Sarjeta.	1,00
Valas sob via de terra ou com greide indefinido	1,20

Fonte: Costa (2013).

Logo, o recobrimento mínimo que foi considerado na rede coletora é de 90 cm, já que no bairro em estudo não temos meio-fio definido.

4.1.3.7. Coeficiente de condutividade hidráulica

Após a determinação da declividade de projeto, determina-se o coeficiente de condutividade hidráulica (K), pela Equação 9:

$$K = \frac{Q}{I^{0,5}} \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto em m^3/s ;

I = declividade de projeto em m/m.

4.1.3.8. Diâmetros e Lâmina d'agua máxima

Esse dimensionamento considerou um diâmetro mínimo de 100 mm para a rede coletora.

O dimensionamento dos diâmetros das tubulações, que podem ser calculados de duas maneiras, a primeira é através da Equação 10:

$$D = 0,0463 \left(\frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0,375} \quad \text{(Equação 10)}$$

Onde:

D = diâmetro, m;

Qf = vazão final, m³/s;

I = declividade, m/m.

Ou então, a partir dos coeficientes de condutividade hidráulica (k), onde utilizamos a relação y/d (por interpolação), sendo y a altura da lâmina d'água e d o diâmetro da tubulação (Tabela no anexo A), que calculam a lâmina de esgoto na tubulação para início e fim de plano. A NBR 9649 (ABNT, 1986) determina ainda que em uma rede de esgoto, a lâmina deve ser dimensionada admitindo uma altura de no máximo 75% da tubulação, para garantir o funcionamento adequado da rede de coleta de esgoto.

4.1.3.9. Velocidade de início e fim de plano

Segundo a NBR 9649 (ABNT,1986), deve-se considerar a velocidade final máxima de 5 m/s, e que se a velocidade máxima de final de plano for superior a crítica deve-se considerar uma lâmina máxima de 0,5, e então para o cálculo das velocidades de início e fim devemos adotar a Equação 11:

$$V_{i,f} = \frac{Q_{i,f}}{A} \quad \text{(Equação 11)}$$

Onde:

V= velocidade de início e fim de plano em m/s;

Q= vazão de início e fim de plano em m³/s;

A= área do tubo em m².

4.1.3.10. Velocidade crítica

O cálculo da velocidade crítica, isto é, a velocidade máxima que o esgoto pode atingir a tubulação, é dado pela Equação 12:

$$Vc = 6(g.Rh)^{1/2}, em m/s \quad \text{(Equação 12)}$$

Onde:

g = aceleração da gravidade em m/s^2 ;

Rh = Raio hidráulico em m ;

4.1.3.11. Tensão Trativa

A tensão Trativa, que representa a tensão tangencial exercida pelo líquido escoando sobre a parede do tubo, onde o valor crítico da mesma, denominada Tensão Trativa Crítica, é aquele valor mínimo capaz de iniciar o movimento das partículas depositadas nas tubulações, e assim garantir a autolimpeza da mesma. Segundo a NBR 9.649 (ABNT, 1986), para garantia da autolimpeza, a tensão Trativa Crítica deve ser de no mínimo 1 Pascal (Pa). A obtenção da Tensão Trativa se dá a partir da Equação 13:

$$\sigma t = \gamma . Rh . I , em Pa \quad \text{(Equação 13)}$$

Onde:

γ = Peso específico da água;

Rh = Raio hidráulico em metros;

I = Declividade de projeto em m/m .

A partir dos passos supracitados, obtiveram-se os dados mostrados na planilha de dimensionamento da rede coletora de esgoto, que se encontra no Apêndice A.

4.2. METODOLOGIA DO DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM URBANA

4.2.1. Dados de Projeto

Para desenvolvimento do projeto de drenagem é necessária a determinação da intensidade pluviométrica do local, para posterior cálculo das vazões de contribuição de cada trecho do sistema, possibilitando assim o dimensionamento.

Para o dimensionamento em questão, utilizou-se a intensidade pluviométrica obtida a partir de dados da estação meteorológica de São Gonçalo-PB, estação mais próxima da cidade de Lavras da Mangabeira. Diante da indisponibilidade da curva intensidade – duração – Frequência – IDF da região, adotou-se o valor encontrado na NBR 10884 (ABNT, 1989), cuja intensidade para o tempo de retorno de 15 anos é de 152 mm/h, que equivale à 2,533 mm/min. De acordo com a SUDERHSA (2002), para o dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem, a intensidade pluviométrica adotada deve ser aquela com tempo de retorno de 2 a 10 anos, enquanto que o sistema de macrodrenagem deve ser dimensionado para uma intensidade pluviométrica com tempo de retorno de 25 a 100 anos, porém como o único dado encontrado foi para um tempo de retorno de 15 anos, essa intensidade foi utilizada para o dimensionamento tanto da microdrenagem, quanto da macrodrenagem.

Sabendo que coeficiente de *Runoff* é a razão entre volume total de escoamento superficial durante a precipitação e o volume total precipitado. Adotou-se para o dimensionamento um coeficiente de *Runoff*, ou de escoamento superficial de 0,7, já que a região do bairro está localizada na parte adjacente ao centro da cidade, com baixa densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.

4.2.2. Dimensionamento do Sistema de Macrodrenagem

Assim como no dimensionamento da rede de esgoto, buscando maior praticidade e uma melhor organização na elaboração dos cálculos, foi utilizado uma planilha no programa Excel do pacote Microsoft 2013, o cabeçalho desta planilha está representado na Quadro 4, onde cada coluna representa um parâmetro que foi utilizado para o cálculo.

Quadro 4 - Planilha de dimensionamento da rede de drenagem

Trecho	L (m)	Área (m ²)		Tc (min)	C	I (mm/min)	Qloc (m ³ /seg)	Q (m ³ /s)	D (mm)	Cota do Terreno		St (m/m)	Cota Inf. da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. da galeria (m)		K	Θ (rad)	h/D	A (m ²)	V (m/s)	tp (min)	
		Montante	Jusante							Montante	Jusante		Montante	Jusante										
		Trecho	Total																					

Fonte: Autora própria (2019).

4.2.2.1. Trechos e distâncias

Os trechos e seus comprimentos foram adotados conforme indicações da norma técnica NBR 9649/1986, SABESP NTS 025/2006 e considerações próprias de projeto.

De acordo com a NBR 9649/1986, foram adotados poços de visita (PV) em todos os pontos singulares da rede coletora, tais como mudanças de direção, de declividade, de diâmetro, na reunião de coletores e onde há tubos de queda. No início de cada linha coletora, no lugar do PV foi adotado terminal de limpeza (TL).

Em relação a distância entre TL e PV, PV e PV, foi obedecida a norma técnica da SABESP NTS 025/2006, que recomenda uma distância máxima entre as singularidades (PV, TL) de 100 m.

Já os trechos foram escolhidos através de considerações próprias, com o intuito de toda a linha dimensionada atender de forma fácil as residências existentes e também a projeção feita.

4.2.2.2. Vazão de contribuição

De posse da intensidade pluviométrica e da do coeficiente de *Runoff*, é necessário determinar as áreas de contribuição das bacias para cada Poço de Visita (PV), sendo estas áreas determinadas a partir das áreas de contribuições delimitadas pelas Bocas de Lobo (BL) que despejam suas vazões no PV considerado. Essas áreas compreendem tanto à área dos lotes, quanto às áreas das vias.

Com base nas áreas de contribuição mensuradas determinam-se as vazões de contribuição para cada PV a montante do trecho, pela Equação 14:

$$Q = C.I.A, \text{ em } m^3/s \quad \text{(Equação 14)}$$

Onde:

C= Coeficiente de Runoff

I= Intensidade pluviométrica para o Tr=15 anos

A= Área de contribuição das bacias em m².

Para determinação dessas áreas, as mesmas foram divididas em locais e totais, os totais fazem o acúmulo das áreas cuja vazão escoará para o PV em questão. Isto é, para início de trecho, a área local será igual a área total. Da mesma forma, são as vazões locais e totais.

4.2.2.3. Tempo de concentração

Para determinar o Tempo de concentração (T_c) para cada trecho, que corresponde ao tempo que a gota de chuva leva para percorrer do ponto mais distante da bacia até um certo PV, utilizamos a Equação 15, deve ser considerado que o tempo de concentração mínimo para o início de trecho é de 5 min, para os trechos seguintes:

$$T_c = 5 + T_p \quad \text{(Equação 15)}$$

Onde:

$$T_p = \frac{L}{V_e \cdot 60}, \text{ em minutos} \quad \text{(Equação 16)}$$

T_p = tempo que uma gota de chuva leva para percorrer o trecho em questão. Para início de trecho $T_p=0$;

V_e = velocidade de escoamento.

4.2.2.4. Diâmetro das tubulações

Segundo Tomaz (2010), no Brasil os condutos são projetados para o funcionamento a seção plena, sendo assim a obtenção do diâmetro da tubulação se dá pela Equação 17:

$$Q = V \cdot A \therefore Q = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \therefore D = \left(\sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} \right) \cdot 1000 \quad \text{(Equação 17)}$$

Onde:

Q = Vazão de contribuição em m^3/s ;

D = Diâmetro em mm;

$V = 5$ m/s, velocidade máxima de escoamento permitida em uma rede de drenagem.

4.2.2.5. Declividades e cotas do terreno

A partir do levantamento topográfico, obtém-se as cotas dos PV's a montante e a jusante de cada trecho, a partir do qual determina-se as declividades de terreno (St) pela Equação 18:

$$St = \frac{Cm - Cj}{L}, \text{ em m/m} \quad \text{(Equação 18)}$$

As cotas inferiores das galerias são dadas pelas Equação 19 e 20:

$$Cim = Cm - (rm + D) \quad \text{(Equação 19)}$$

Onde:

Cim= Cota inferior da galeria a montante (m);

Cm= Cota do terreno no PV a montante (m);

Rm= Recobrimento mínimo da tubulação (Valor recomendado = 1,0 m);

D= Diâmetro da tubulação em (m).

$$Cij = Cim - (Sgx L) \quad \text{(Equação 20)}$$

Cim= Cota inferior da galeria a montante (m);

Cij= Cota inferior da galeria a jusante (m);

Sg= Declividade da galeria;

L= Comprimento do trecho (m).

Para tubos com $D > 200$ mm, adotou-se uma declividade Sg mínima de 0,5%, ou 0,005 m/m (NBR 10884/89).

4.2.2.6. Profundidade das galerias

A profundidade em que a galeria se encontra vai ser dada pela Equação 21:

$$\text{Prof. da galeria} = Cm,j(PV) - Cim,j(Galeria) \quad \text{(Equação 21)}$$

A partir das características geométricas do conduto, determina-se a constante K:

$$K = Q \cdot \eta \cdot D^{-\frac{8}{3}} \cdot Sg^{-1/2} \quad \text{(Equação 22)}$$

Onde:

Q = vazão em m^3/s

η = Coeficiente de Manning (Valor adotado= 0,013);

D = Diâmetro em metros;

S_g = Declividade da galeria em m/m.

Em seguida, determina-se o ângulo central θ pela Equação 23:

$$\theta = 5915,8k^5 - 5201,2k^4 + 1786,6k^3 - 298,89k^2 + 32,113k + 1,1487 \quad \text{(Equação 23)}$$

Onde:

θ em radianos.

Além do mais determina-se a relação h/D , que é a altura da lâmina no conduto, recomenda-se que este valor esteja compreendido entre 0,2 e 0,85 (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, 2006). A relação é encontrada pela Equação 24:

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \left[1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \right] \quad \text{(Equação 24)}$$

Logo após, determina-se a área molhada no conduto, a partir do ângulo central θ , pela Equação 25:

$$A = D^2 \cdot \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{8} \quad \text{(Equação 25)}$$

Onde:

A = Área molhada em m^2 ;

D = Diâmetro da tubulação em m.

4.2.2.7. Profundidade das galerias

Por fim, determina-se a velocidade de escoamento no conduto a partir da Equação 26:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{(Equação 26)}$$

Onde:

V = Velocidade de escoamento em m/s;

Q = Vazão de projeto em (m³/s);

A = Área molhada (m²).

A partir dos passos supracitados, dimensionou-se a rede de macrodrenagem, obtendo-se a planilha de dimensionamento de drenagem apresentada no Apêndice B.

4.2.3. Dimensionamento do Sistema de Microdrenagem

4.2.3.1. Sarjetas

Adotou-se a sarjeta do tipo triangular, e o seu dimensionamento foi feito a partir da situação mais crítica entre os trechos do trajeto em questão, isto é, o trecho que apresenta a maior vazão local de contribuição. Tal dimensionamento foi realizado a partir da Equação 27:

$$Q = 0,375 \cdot \left(\frac{Z}{\eta}\right) \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot y^{\frac{8}{3}} \quad \text{(Equação 27)}$$

Onde:

Q = vazão de contribuição (m³/s);

Z = Inverso da declividade transversal (valor recomendado Z ≥ 10, adotado Z = 10);

Y = Lâmina de água;

η = Coeficiente de Rugosidade de Manning (valor adotado = 0,013);

S = Declividade Longitudinal.

A largura da sarjeta foi obtida pela Equação 28:

$$Larg. = z \cdot y \quad \text{(Equação 28)}$$

4.2.3.2. Bocas de Lobo

Segundo DAEE (1980), para ruas com declividade até 5% recomenda-se a utilização de bocas de lobo simples, isto é, sem depressão, dependendo da vazão a ser captada. Sendo assim, a boca de lobo adotada foi a do tipo sem depressão.

O dimensionamento das bocas de lobo foi feito a partir da situação mais crítica, entre os trechos do trajeto em questão, isto é o trecho que apresenta a maior vazão local de contribuição. Tal dimensionamento da boca de lobo simples é realizado a partir da Equação 29:

$$Q = 1,60. L. Y^{1,5} \quad \text{(Equação 29)}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

L = Comprimento da soleira (m);

Y = Lâmina de água (m).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. POPULAÇÃO DE PROJETO

Através do método de projeção geométrica foram obtidos os seguintes dados de população (Quadro 5):

Quadro 5 - Projeção da população de projeto.

Ano	População (hab)
1998	610
2008	1000
2018	1320
2028	1942
2038	2856

Fonte: Autoria própria

Com o valor da população obtido, para 20 anos de projeto, foi calculado as vazões de início e final de plano. A vazão de início de plano é necessária para garantir a capacidade de autolimpeza das tubulações e a vazão de fim de plano é importante para definir os diâmetros dos trechos da rede coletora.

5.2. DIMENSIONAMENTO DOS ESGOTOS E TRAÇADOS

A planilha com os resultados sobre o tópico de esgotamento está no apêndice A, assim como a representação dos seus traçados e demais componentes.

Analisando os resultados obtidos, as taxas de contribuições de início e fim de todos os trechos foram respectivamente, 2,01 e 3,62 L/s.Km.

Apenas 22,2% dos trechos apresentaram vazões com valores inferiores ao mínimo permitido de 1,5 L/s.

Em relação as escavações de cada trecho a imensa maioria ficaram a favor da declividade do terreno, com exceção dos trechos 3-5, 11-10, 13-17, 17-21, 30-27 e 37-35.

Os diâmetros da rede de esgoto foram definidos em apenas dos tipos, 100 e 150 mm, é importante ressaltar que diâmetros de esgoto normalmente são de 100mm, pois este valor é razoável visto que as vazões são exclusivamente domésticas e na sua maioria menores que o valor mínimo recomendado pela norma. Os trechos com diâmetros de 150 mm são: 13-17, 17-21, 21-PF, PF-ETE.

Todas as velocidades obedeceram às recomendações sobre o assunto, onde o valor máximo admitido para esses sistemas é de 5 m/s.

Todas as tensões tratava obedeceram ao critério mínimo de 1 Pascal, com objetivo de garantir o valor mínimo capaz de iniciar o movimento das partículas depositadas nas tubulações, e assim garantir a autolimpeza da mesma.

5.3. DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS

As galerias foram dimensionadas de acordo com suas normas vigentes, sendo assim todos os resultados deste tópico estão presentes no apêndice B, planilhas e traçados.

Notou-se que apenas 7 trechos os diâmetros foram superiores a 600 mm. Os diâmetros presentes no cálculo foram 600,800 e 2800 mm. Sendo o trecho PF-RIO de 2800 mm, é o trecho que conduz todo o efluente coletado no sistema. Também, foram obedecidas as recomendações sobre velocidade, onde seu valor máximo admitido é de 5 m/s.

5.4. DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS

Os resultados dessa fase de projeto foram dimensionados considerando apenas um tipo de sarjeta para todo o bairro, para isso considerou-se a vazão do trecho mais crítico de acordo com a tabela no apêndice B, com objetivo de assegurar que em um caso de pico de vazão todas as águas fossem levadas para o destino final.

A vazão local do trecho mais crítico obtida foi de 0,2754 m³/s, porém como há sarjeta dos dois lados da via, dividiu-se a vazão pela metade, obtendo-se 0,1377 m³/s.

Logo, neste trecho, obteve-se os dados mostrados na Quadro 6 a seguir:

Quadro 6 - Dimensionamento das sarjetas
DIMENSIONAMENTO DAS SARJETAS

Q (m ³ /s)	Z	H	S (m/m)	y(m)	h(m)	Larg. (m)
0,1377	10	0,013	0,0019	0,1	0,15	1,00

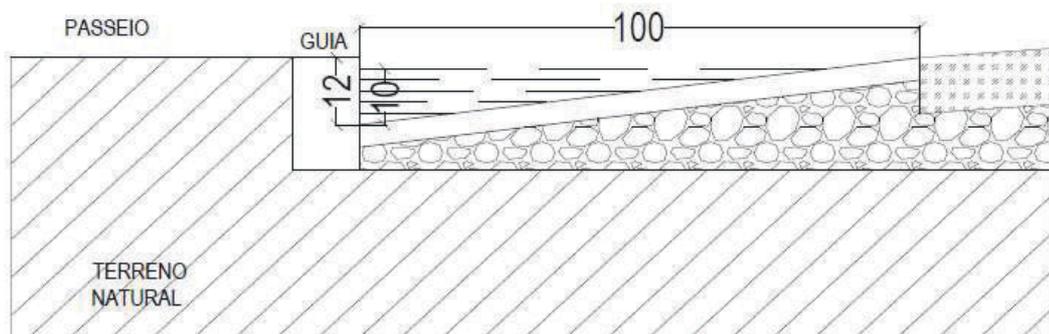
Fonte: autoria própria

A largura da sarjeta foi obtida pela expressão:

$$Larg. = z \cdot y = 10 \cdot 0,1 = 1,00 \text{ m} \quad (1)$$

Logo, adotou-se uma sarjeta triangular com altura de 15 cm e largura de 1 metro, sendo esta replicada para todos os trechos do trajeto.

Figura 12 - Detalhamento da sarjeta



Fonte: Autoria própria, 2019.

5.5. DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO

Esses dispositivos utilizaram as mesmas considerações das sarjetas.

Assim, a vazão local do trecho mais crítico obtida foi de $0,2754 \text{ m}^3/\text{s}$, porém há quatro bocas de lobo trecho em questão, logo dividiu-se a vazão por quatro, obtendo-se $0,0689 \text{ m}^3/\text{s}$.

Assim, obteve-se os dados mostrados na Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 - Dimensionamento das bocas de lobo.
DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO

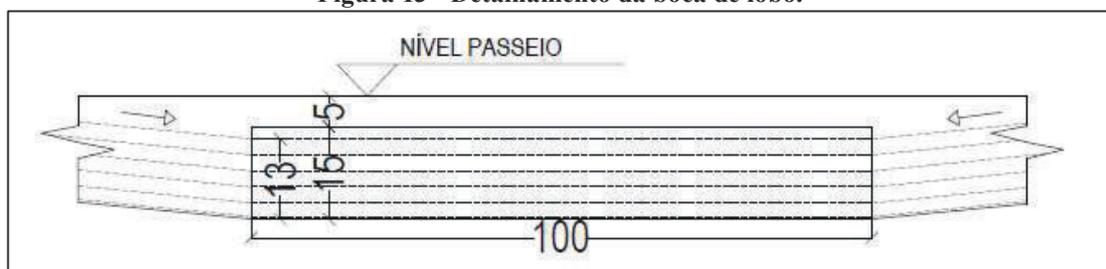
Q (m^3/s)	Y(m)	H(m)	L obtido (m)	L adotado (m)
0,0689	0,13	0,15	0,92	1,00

Fonte: Autoria própria, 2019.

Adotou-se a altura da abertura da boca de lobo igual a 15 cm, e lâmina de água igual a 13 cm.

Logo, adotou-se uma boca de lobo do tipo vertedouro com altura de 15 cm e comprimento da soleira de 1 metro, sendo esta replicada para todos os trechos do trajeto.

Figura 13 - Detalhamento da boca de lobo.



Fonte: Autoria própria, 2019.

6 CONCLUSÃO

Logo, verificou-se que a elaboração desses projetos é de fundamental importância para uma estrutura urbana que possibilite redução de prejuízos sociais, econômicos e ambientais, e melhora da saúde pública e qualidade de vida de seus habitantes. Assim sendo, pode-se afirmar que a ausência da elaboração desses sistemas auxilia na degradação do meio ambiente natural e construído, reduzindo a qualidade de vida de sua população, inclusive criando situações de risco devido a processos erosivos e de deslizamentos, além da ruptura possível do sistema e de alagamentos de áreas urbanizadas.

Com base nos estudos, pode-se concluir que os resultados dos dimensionamentos obedeceram às normas vigentes de projeto e os sistemas atenderão a população do bairro Bela Vista nos próximos 20 anos, sem a necessidade de ampliações neste período.

O presente estudo, espera servir como importante suporte para posterior projeto executivo de implantação desses sistemas no bairro, colaborando para o avanço da infraestrutura de saneamento em Lavras da Mangabeira/CE e, conseqüentemente para a melhoria da qualidade de vida e preservação do meio ambiente.

Contudo, o ideal era que esses projetos fossem efetivados, a fim de evitar transtornos locais para a população, como inundações, poluição dos recursos hídricos da região e proliferação de doenças.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. L. de C. **Imagem, tinta e papel: uma leitura da litografia “Negras livres vivendo de suas atividades”, de Jean Baptiste Debret**. Dissertação de Mestrado em Educação, Arte e História. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2013.
- ARRETCHE, M. T. S. **Saneamento Básico**. 2004. Disponível em: <<http://www.tecsi.fea.usp.br/eventos/Contecsi2004/>>. Acesso em 18 de fevereiro de 2019.
- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ. **Caderno regional da sub-bacia do Salgado / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos**. Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza: INESP, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL- ABES. **Situação do Saneamento Básico no Brasil: Uma análise com base na PNAD 2015**. Rio de Janeiro –RJ, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10884: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- _____. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- _____. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em 14 de março 2019.
- _____. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.
- CARDOSO, M. A. **Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem Urbana**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **NTS 025: Projetos de redes coletoras de esgotos**. São Paulo, p. 26. 2006.
- COSTA, B. V. **Sistema de esgotamento sanitário: estudo de caso: Treviso/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC, 2013.
- DANTAS, S. P. **Influência do açude Castanhão (Padre Cícero) no clima local de Jaguaratama – Ceará**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.
- DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias - 2 ed**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual_de_Drenagem_de_Rodovias.pdf>. Acesso em: 20 dezembro de 2018.

- FREITAS, E. da S. **Determinação e comparação de curvas idf com dados pluviográficos e pluviométricos na bacia hidrográfica experimental do riacho Guaraira- pb.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa – PB, 2016.
- FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio.** In: Cadernos de Saúde Pública, vol.17, n.3. Rio de Janeiro, 2001.
- IBGE. **Censo Demográfico, 2000.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9663-censo-demografico-2000.html?edicao=9771&t=resultados>> . Acesso em: 21 de dezembro de 2018.
- IBGE. **Censo Demográfico, 2010.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/lavras-da-mangabeira/pesquisa/23/25124>> . Acesso em: 01 de março de 2019.
- _____. **Cidades e Estados: Lavras da Mangabeira.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/lavras-da-mangabeira.html>>. Acesso em 4 de março de 2019.
- _____. **Perfil dos municípios brasileiros - Saneamento básico: Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico: 2017.** Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- IPLANCE. **Atlas do Ceará.** Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. - Governo do Estado do Ceará. Fortaleza: SEPLAN, 1997.
- METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse.** 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1991.
- MARQUES, E. C. **Da higiene à construção da cidade: O estado e o saneamento no Rio de Janeiro.** In: História, Ciências, Saúde – Manguinhos, vol. II, n.2, 51-67. Rio de Janeiro, 1995.
- NORO, E. A. **Sistema combinado de esgotamento sanitário: alternativa viabilizadora de sistemas de esgoto.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** 2ª edição. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 2003.
- PHILIPPI, A. J.; MALHEIROS, T. F. **Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente.** In: Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Editora: Manole/USP. Barueri – SP, 2005.
- PITALUGA, D. P. S.; REIS, R. P. A.; ALMEIDA, R. de A.; SOUZA, S. B. S.; ROCHA, B. C. C. de M. **Tratamento de esgoto de uma unidade de ensino superior por meio de um sistema de zona de raízes.** In: PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 1, n. 6, p. 82-96. Campinas – SP, 2011.
- RADESCA, F. D. **Uso de sistemas unitários de esgoto e drenagem como estratégia alternativa e escalonada no tempo para o saneamento ambiental.** Dissertação de Mestrado

em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro – RJ, 2018.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. In: O saneamento no Brasil: políticas e interfaces. 2002.

SILVA, R. C. V.; MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G. **Hidráulica Fluvial**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003.

SUDERHSA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba- PR, versão 1.0**. Curitiba – PR, 2002.

TOMAZ, P. **Curso de Manejo de águas pluviais**. Guarulhos - SP, 2010. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro14drenagemv09.pdf>>. Acesso em: 29 de dezembro 2018.

. **Previsão de consumo de água: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos**. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_previsao_%20de_%20consumo_agua_170114/previsao_de_consumo_de_agua.pdf>. Acesso em 20 de março de 2019.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2000.

_____. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

TUCCI, C. E. M., *et al.* **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS. 2.ª edição. Porto Alegre, 2003.

VERÍSSIMO, L. S.; AGUIAR, R. B. **Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira**. Fortaleza: CPRM/FINEP, 2005.

APÊNDICE A

TABELA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

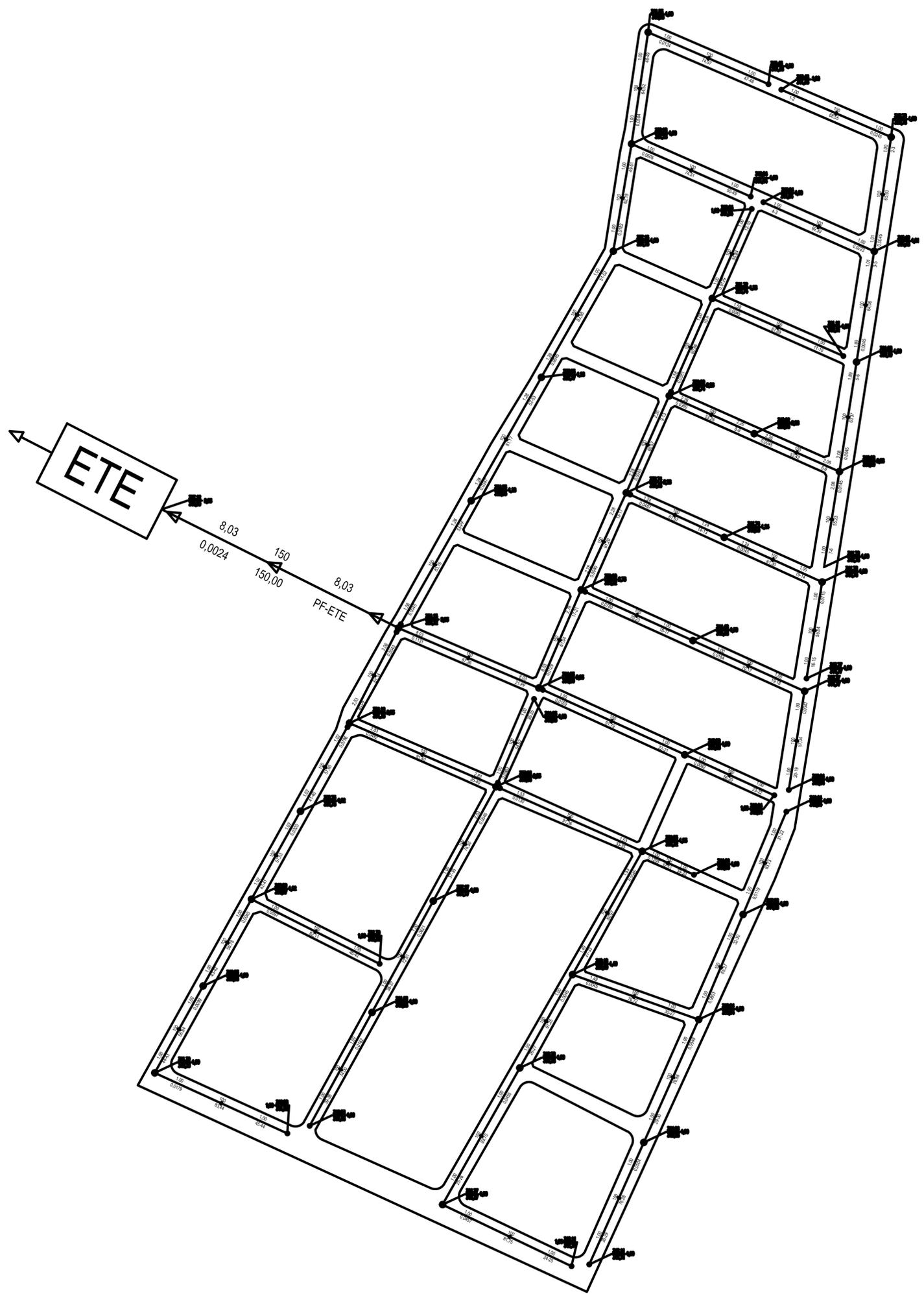
Trecho (m)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l/s.Km)	Contr. Do Trecho (l/s)	Vazão a Montante (l/s)	Vazão a Jusante (l/s)	Vazão de Projeto (l/s)	Diâmetro (mm)	Declividade do Terreno (m/m)	Declividade mínima (m/m)	Declividade máxima (m/m)	Declividade de Projeto (m/m)	Coef. De Condutiv. Hidráulica (K)	Lâmina líquida (Y/D)	Cota do terreno (m)	Cota do coletor (m)	Prof. Do coletor (m)	Vinic. (m/s)	Vc. (m/s)	σt (Pa)	b	Rh	
		Início	Início	Início	Início	Início							Início	Início	Montante	Montante	Montante	Início	Início	Início	Início	Início
		Final	Final	Final	Final	Final							Final	Final	Jusante	Jusante	Jusante	Final	Final	Final	Final	Final
1-2	68,55	2,01	0,138	0	0,138	1,50	100	0,02451	0,00455	3,54382	0,0245	0,0096	0,29	342,46	341,46	1,00	0,19	2,43	4,09	0,167	0,017	
		3,62	0,248	0	0,248	1,50							0,0096	0,29	340,78	339,78	1,00	0,19	2,43	4,09	0,167	0,017
2-3	65,93	2,01	0,133	0,138	0,270	1,50	100	0,00440	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	340,78	339,78	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,239	0,248	0,487	1,50							0,0222	0,46	340,49	339,48	1,01	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
4-3	69,39	2,01	0,139	0	0,139	1,50	100	0,02234	0,00455	3,54382	0,0223	0,0100	0,30	342,04	341,04	1,00	0,19	2,45	3,81	0,171	0,017	
		3,62	0,251	0	0,251	1,50							0,0100	0,30	340,49	339,49	1,00	0,19	2,45	3,81	0,171	0,017
3-5	64,06	2,01	0,129	0,410	0,539	1,50	100	-0,00921	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	340,49	339,48	1,01	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,232	0,739	0,971	1,50							0,0222	0,46	341,08	339,19	1,89	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
5-6	63,37	2,01	0,127	0,539	0,666	1,50	100	0,00158	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	341,08	339,19	1,89	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,230	0,971	1,200	1,50							0,0222	0,46	340,98	338,90	2,08	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
7-6	55,23	2,01	0,111	0	0,111	1,50	100	0,01448	0,00455	3,54382	0,0145	0,0125	0,33	341,78	340,78	1,00	0,19	2,57	2,71	0,187	0,019	
		3,62	0,200	0	0,200	1,50							0,0125	0,33	340,98	338,90	2,08	0,19	2,57	2,71	0,187	0,019
6-8	53,42	2,01	0,107	0,777	0,884	1,50	100	0,00112	0,00455	3,40245	0,0045	0,0222	0,46	340,98	338,90	2,08	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,194	1,400	1,594	1,59							0,0236	0,47	340,92	338,66	2,26	0,20	2,92	1,10	0,242	0,024
8-9	53,26	2,01	0,107	0,884	0,991	1,50	100	0,03605	0,00455	3,15167	0,0360	0,0079	0,26	340,92	338,66	2,26	0,19	2,33	5,55	0,154	0,015	
		3,62	0,193	1,594	1,787	1,79							0,0094	0,29	339,00	336,74	2,26	0,23	2,42	5,97	0,166	0,017
12-10	55,84	2,01	0,112	0	0,112	1,50	100	0,01289	0,00455	3,54382	0,0129	0,0132	0,35	342,04	341,04	1,00	0,19	2,60	2,48	0,192	0,019	
		3,62	0,202	0	0,202	1,50							0,0132	0,35	341,32	340,32	1,00	0,19	2,60	2,48	0,192	0,019
11-10	81,89	2,01	0,165	0	0,165	1,50	100	-0,00256	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	341,11	340,11	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,297	0	0,297	1,50							0,0222	0,46	341,32	339,74	1,58	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
10-9	60,86	2,01	0,122	0,277	0,399	1,50	100	0,03812	0,00455	3,54382	0,0381	0,0077	0,26	341,32	339,74	1,58	0,19	2,32	5,81	0,152	0,015	
		3,62	0,220	0,499	0,720	1,50							0,0077	0,26	339,00	337,42	1,58	0,19	2,32	5,81	0,152	0,015
9-13	60,57	2,01	0,122	1,391	1,512	1,51	100	0,00429	0,00453	2,37500	0,0045	0,0225	0,46	339,00	336,74	2,26	0,19	2,90	1,08	0,238	0,024	
		3,62	0,219	2,506	2,726	2,73							0,0405	0,67	338,74	336,46	2,28	0,35	3,21	1,32	0,291	0,029
16-15	55,84	2,01	0,112	0	0,112	1,50	100	0,07145	0,00455	3,54382	0,0715	0,0056	0,22	345,77	344,77	1,00	0,19	2,16	9,47	0,133	0,013	
		3,62	0,202	0	0,202	1,50							0,0056	0,22	341,78	340,78	1,00	0,19	2,16	9,47	0,133	0,013
15-14	61,3	2,01	0,123	0,112	0,235	1,50	100	0,00065	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	341,78	340,78	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,222	0,202	0,424	1,50							0,0222	0,46	341,74	340,50	1,24	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
14-13	61,57	2,01	0,124	0,235	0,359	1,50	100	0,04873	0,00455	3,54382	0,0487	0,0068	0,25	341,74	340,50	1,24	0,19	2,26	7,06	0,145	0,014	
		3,62	0,223	0,424	0,647	1,50							0,0068	0,25	338,74	337,50	1,24	0,19	2,26	7,06	0,145	0,014
13-17	61,2	2,01	0,123	1,872	1,995	1,99	150	-0,00425	0,00398	1,97300	0,0040	0,0316	0,57	338,74	336,46	2,28	0,11	3,78	1,61	0,269	0,040	
		3,62	0,222	3,373	3,595	3,60							0,0570	0,42	339,00	336,22	2,78	0,20	3,44	1,34	0,224	0,034
20-19	57,04	2,01	0,115	0	0,115	1,50	100	0,00473	0,00455	3,54382	0,0047	0,0218	0,45	346,04	345,04	1,00	0,19	2,88	1,11	0,235	0,024	
		3,62	0,207	0	0,207	1,50							0,0218	0,45	345,77	344,77	1,00	0,19	2,88	1,11	0,235	0,024
19-18	70,17	2,01	0,141	0,115	0,256	1,50	100	0,01838	0,00455	3,54382	0,0184	0,0111	0,31	345,77	344,77	1,00	0,19	2,50	3,26	0,178	0,018	
		3,62	0,254	0,207	0,461	1,50							0,0111	0,31	344,48	343,48	1,00	0,19	2,50	3,26	0,178	0,018
18-17	70,23	2,01	0,141	0,256	0,397	1,50	100	0,07803	0,00455	3,54382	0,0780	0,0054	0,22	344,48	343,48	1,00	0,19	2,14	10,15	0,130	0,013	
		3,62	0,254	0,461	0,715	1,50							0,0054	0,22	339,00	338,00	1,00	0,19	2,14	10,15	0,130	0,013
17-21	61,04	2,01	0,123	2,392	2,514	2,51	150	-0,08240	0,00357	1,68953	0,0036	0,0421	0,69	339,00	336,22	2,78	0,14	3,95	1,58	0,295	0,044	
		3,62	0,221	4,310	4,532	4,53							0,0759	0,50	344,03	336,00	8,03	0,26	3,64	1,34	0,250	0,037
23-22	56,2	2,01	0,113	0	0,113	1,50	100	0,00819	0,00455	3,54382	0,0082	0,0166	0,39	346,04	345,04	1,00	0,19	2,73	1,72	0,211	0,021	
		3,62	0,204	0	0,204	1,50							0,0166	0,39	345,58	344,58	1,00	0,19	2,73	1,72	0,211	0,021
22-21	91,79	2,01	0,185	0,113	0,298	1,50	100	0,01689	0,00455	3,54382	0,0169	0,0115	0,32	345,58	344,58	1,00	0,19	2,53	3,05	0,181	0,018	
		3,62	0,333	0,204	0,536	1,50							0,0115	0,32	344,03	343,03	1,00	0,19	2,53	3,05	0,181	0,018
21-PF	87,36	2,01	0,176	2,812	2,988	2,99	150	0,11310	0,00329	1,50521	0,1131	0,0089	0,28	344,03	336,00	8,03	0,17	2,93	27,41	0,162	0,024	

TABELA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

Trecho (m)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l/s.Km)	Contr. Do Trecho (l/s)	Vazão a Montante (l/s)	Vazão a Jusante (l/s)	Vazão de Projeto (l/s)	Diâmetro (mm)	Declividade do Terreno (m/m)	Declividade mínima (m/m)	Declividade máxima (m/m)	Declividade de Projeto (m/m)	Coef. De Condutiv. Hidráulica (K)	Lâmina líquida (V/D)	Cota do terreno (m)	Cota do coletor (m)	Prof. Do coletor (m)	Vinic. (m/s)	Vc. (m/s)	σ (Pa)	b	Rh	
		Início	Início	Início	Início	Início							Início	Início	Montante	Montante	Montante	Início	Início	Início	Início	Início
		Final	Final	Final	Final	Final							Final	Montante	Jusante	Jusante	Jusante	Final	Final	Final	Final	Final
		3,62	0,317	5,068	5,384	5,38							0,0160	0,38	334,15	326,12	8,03	0,30	3,32	35,20	0,208	0,031
24-25	81,75	2,01	0,164	0	0,164	1,50	100	0,04575	0,00455	3,54382	0,0457	0,0070	0,25	348,11	347,11	1,00	0,19	2,28	6,73	0,147	0,015	
		3,62	0,296	0	0,296	1,50						0,0070	0,25	344,37	343,37	1,00	0,19	2,28	6,73	0,147	0,015	
		2,01	0,180	0,164	0,345	1,50						0,0071	0,25	344,37	343,37	1,00	0,19	2,29	6,58	0,148	0,015	
25-26	89,7	3,62	0,325	0,296	0,621	1,50	100	0,04448	0,00455	3,54382	0,0445	0,0222	0,46	340,38	339,38	1,00	0,19	2,29	6,58	0,148	0,015	
		2,01	0,123	0,345	0,468	1,50						0,0222	0,46	340,18	339,10	1,08	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
26-27	61,25	3,62	0,222	0,621	0,843	1,50	100	0,00327	0,00455	3,54382	0,0045	0,0067	0,24	348,11	347,11	1,00	0,19	2,25	7,24	0,144	0,014	
		2,01	0,154	0	0,154	1,50						0,0067	0,24	344,26	343,26	1,00	0,19	2,25	7,24	0,144	0,014	
28-29	76,38	3,62	0,277	0	0,277	1,50	100	0,05041	0,00455	3,54382	0,0504	0,0064	0,24	344,26	343,26	1,00	0,19	2,23	7,73	0,141	0,014	
		2,01	0,155	0,154	0,308	1,50						0,0064	0,24	340,04	339,04	1,00	0,19	2,23	7,73	0,141	0,014	
29-30	76,88	3,62	0,279	0,277	0,555	1,50	100	0,05489	0,00455	3,54382	0,0549	0,0137	0,35	346,04	345,04	1,00	0,19	2,63	2,33	0,195	0,020	
		2,01	0,128	0	0,128	1,50						0,0137	0,35	344,28	344,28	1,00	0,19	2,63	2,33	0,195	0,020	
31-32	63,73	3,62	0,231	0	0,231	1,50	100	0,01193	0,00455	3,54382	0,0119	0,0053	0,22	345,28	344,28	1,00	0,19	2,14	10,38	0,129	0,013	
		2,01	0,131	0,128	0,259	1,50						0,0053	0,22	340,04	339,04	1,00	0,19	2,14	10,38	0,129	0,013	
32-30	65,27	3,62	0,236	0,231	0,467	1,50	100	0,08028	0,00455	3,54382	0,0803	0,0222	0,46	340,04	339,04	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		2,01	0,154	0,567	0,722	1,50						0,0222	0,46	340,18	338,69	1,49	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
30-27	76,72	3,62	0,278	1,023	1,301	1,50	100	-0,00182	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	340,18	338,69	1,49	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		2,01	0,163	1,189	1,352	1,50						0,0222	0,46	340,18	338,69	1,49	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
27-33	80,97	3,62	0,293	2,144	2,437	2,44	100	0,00408	0,00455	2,56008	0,0045	0,0361	0,62	339,85	338,32	1,53	0,31	3,15	1,28	0,281	0,028	
		2,01	0,065	0	0,065	1,50						0,0042	0,20	344,06	343,06	1,00	0,19	2,07	15,67	0,121	0,012	
34-33	32,51	3,62	0,118	0	0,118	1,50	100	0,12950	0,00455	3,54382	0,1295	0,0042	0,20	339,85	338,85	1,00	0,19	2,07	15,67	0,121	0,012	
		2,01	0,184	1,418	1,601	1,60						0,0140	0,36	339,85	338,32	1,53	0,20	2,64	2,56	0,197	0,020	
33-35	91,36	3,62	0,331	2,555	2,886	2,89	100	0,01303	0,00441	2,28597	0,0130	0,0253	0,49	338,66	337,13	1,53	0,37	2,96	3,23	0,248	0,025	
		2,01	0,110	0	0,110	1,50						0,0048	0,21	344,03	343,03	1,00	0,19	2,09	12,19	0,124	0,012	
36-35	54,62	3,62	0,198	0	0,198	1,50	100	0,09832	0,00455	3,54382	0,0983	0,0048	0,21	338,66	337,66	1,00	0,19	2,09	12,19	0,124	0,012	
		2,01	0,149	0	0,149	1,50						0,0118	0,32	342,88	341,88	1,00	0,19	2,54	2,96	0,182	0,018	
39-38	74	3,62	0,268	0	0,268	1,50	100	0,01622	0,00455	3,54382	0,0162	0,0118	0,32	341,68	340,68	1,00	0,19	2,54	2,96	0,182	0,018	
		2,01	0,146	0,149	0,295	1,50						0,0060	0,23	341,68	340,68	1,00	0,19	2,20	8,50	0,137	0,014	
38-37	72,61	3,62	0,263	0,268	0,531	1,50	100	0,06211	0,00455	3,54382	0,0621	0,0060	0,23	337,17	336,17	1,00	0,19	2,20	8,50	0,137	0,014	
		2,01	0,150	0,295	0,444	1,50						0,0222	0,46	337,17	336,17	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
37-35	74,5	3,62	0,270	0,531	0,801	1,50	100	-0,02000	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	338,66	335,83	2,83	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		2,01	0,184	0,554	0,738	1,50						0,0068	0,25	338,66	335,83	2,83	0,19	2,26	7,11	0,145	0,014	
35-40	91,4	3,62	0,331	0,999	1,330	1,50	100	0,04923	0,00455	3,54382	0,0492	0,0068	0,25	334,16	331,33	2,83	0,19	2,26	7,11	0,145	0,014	
		2,01	0,168	0	0,168	1,50						0,0112	0,32	342,88	341,88	1,00	0,19	2,51	3,19	0,179	0,018	
45-44	83,44	3,62	0,302	0	0,302	1,50	100	0,01786	0,00455	3,54382	0,0179	0,0112	0,32	341,39	340,39	1,00	0,19	2,51	3,19	0,179	0,018	
		2,01	0,114	0,168	0,282	1,50						0,0151	0,37	341,39	340,39	1,00	0,19	2,68	2,00	0,203	0,020	
44-43	56,84	3,62	0,206	0,302	0,508	1,50	100	0,00985	0,00455	3,54382	0,0099	0,0151	0,37	340,83	339,83	1,00	0,19	2,68	2,00	0,203	0,020	
		2,01	0,114	0,282	0,396	1,50						0,0222	0,46	340,83	339,83	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
43-42	56,78	3,62	0,206	0,508	0,714	1,50	100	0,00423	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	340,59	339,57	1,02	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		2,01	0,165	0	0,165	1,50						0,0152	0,37	341,39	340,39	1,00	0,19	2,68	1,98	0,203	0,020	
46-42	82,11	3,62	0,297	0	0,297	1,50	100	0,00974	0,00455	3,54382	0,0097	0,0152	0,37	340,59	339,59	1,00	0,19	2,68	1,98	0,203	0,020	
		2,01	0,116	0,561	0,677	1,50						0,0084	0,27	340,59	339,57	1,02	0,19	2,36	5,05	0,158	0,016	
42-41	57,53	3,62	0,208	1,011	1,220	1,50	100	0,03198	0,00455	3,54382	0,0320	0,0084	0,27	338,75	337,73	1,02	0,19	2,36	5,05	0,158	0,016	
		2,01	0,116	0,677	0,793	1,50						0,0053	0,22	338,75	337,73	1,02	0,19	2,14	10,31	0,129	0,013	
41-40	57,65	3,62	0,209	1,220	1,429	1,50	100	0,07962	0,00455	3,54382	0,0796	0,0053	0,22	334,16	333,14	1,02	0,19	2,14	10,31	0,129	0,013	
		2,01	0,123	1,531	1,654	1,65						0,0251	0,49	334,16	331,33	2,83	0,21	2,96	1,07	0,247	0,025	
40-PF	61,14	3,62	0,222	2,759	2,980	2,98	100	0,00016	0,00434	2,23712	0,0043	0,0452	0,73	334,15	331,07	3,08	0,38	3,25	1,30	0,300	0,030	
		2,01	0,151	0	0,151	1,50						0,0135	0,35	342,46	341,46	1,00	0,19	2,62	2,40	0,194	0,019	
47-48	74,97	3,62	0,272	0	0,272	1,50	100	0,01240	0,00455	3,54382	0,0124	0,0135	0,35	341,53	340,53	1,00	0,19	2,62	2,40	0,194	0,019	

TABELA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

Trecho (m)	Extensão (m)	Taxa de Contr. Lin. (l/s.Km)	Contr. Do Trecho (l/s)	Vazão a Montante (l/s)	Vazão a Jusante (l/s)	Vazão de Projeto (l/s)	Diâmetro (mm)	Declividade do Terreno (m/m)	Declividade mínima (m/m)	Declividade máxima (m/m)	Declividade de Projeto (m/m)	Coef. De Condutiv. Hidráulica (K)	Lâmina líquida (Y/D)	Cota do terreno (m)	Cota do coletor (m)	Prof. Do coletor (m)	Vinic. (m/s)	Vc. (m/s)	σ (Pa)	b	Rh	
		Início	Início	Início	Início	Início							Início	Início	Montante	Montante	Montante	Início	Início	Início	Início	Início
		Final	Final	Final	Final	Final							Final	Final	Jusante	Jusante	Jusante	Final	Final	Final	Final	Final
48-49	64,52	2,01	0,130	0,151	0,280	1,50	100	0,05037	0,00455	3,54382	0,0504	0,0067	0,24	341,53	340,53	1,00	0,19	2,25	7,24	0,144	0,014	
		3,62	0,234	0,272	0,505	1,50							0,0067	0,24	338,28	337,28	1,00	0,19	2,25	7,24	0,144	0,014
50-49	74,51	2,01	0,150	0	0,150	1,50	100	0,05046	0,00455	3,54382	0,0505	0,0067	0,24	342,04	341,04	1,00	0,19	2,25	7,25	0,144	0,014	
		3,62	0,270	0	0,270	1,50							0,0067	0,24	338,28	337,28	1,00	0,19	2,25	7,25	0,144	0,014
49-51	62,19	2,01	0,125	0,430	0,555	1,50	100	0,01817	0,00455	3,54382	0,0182	0,0111	0,32	337,15	336,15	1,00	0,19	2,51	3,23	0,178	0,018	
		3,62	0,225	0,775	1,001	1,50							0,0111	0,32	337,15	336,15	1,00	0,19	2,51	3,23	0,178	0,018
51-52	82,98	2,01	0,167	0,555	0,722	1,50	100	0,00121	0,00455	3,54382	0,0045	0,0222	0,46	337,15	336,15	1,00	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024	
		3,62	0,301	1,001	1,301	1,50							0,0222	0,46	337,05	335,77	1,28	0,19	2,89	1,08	0,237	0,024
52-53	81,17	2,01	0,163	0,722	0,885	1,50	100	0,03474	0,00455	3,40043	0,0347	0,0086	0,28	334,23	332,95	1,28	0,20	2,37	5,53	0,159	0,016	
		3,62	0,294	1,301	1,595	1,60							0,0086	0,28	334,23	332,95	1,28	0,20	2,37	5,53	0,159	0,016
53-PF	83,76	2,01	0,168	0,885	1,054	1,50	100	0,00096	0,00455	3,02597	0,0045	0,0282	0,53	334,15	332,57	1,58	0,24	3,02	1,17	0,258	0,026	
		3,62	0,303	1,595	1,899	1,90							0,0282	0,53	334,15	332,57	1,58	0,24	3,02	1,17	0,258	0,026
PF-ETE	150	-	-	5,695	5,695	5,69	150	0,04687	0,00243	0,97698	0,0469	0,0263	0,29	334,15	326,12	8,03	0,32	2,96	11,66	0,166	0,025	
		-	-	10,264	10,264	10,26							0,0474	0,39	327,12	319,09	8,03	0,58	3,33	14,73	0,210	0,031



LEGENDA

- REDE COLETORA PROJETADA
- TERMINAL DE LIMPEZA (TL)
- POÇO DE VISITA (PV)
- PV COM TUBO DE QUEDA E DEGRAU

OBS: TODOS OS VALORES EM METROS, EXCETO O DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

PROJETO:	PROJETO DE REDE COLETORA DE ESGOTO - LAVRAS DA MANGABEIRA / CE		
INSTITUIÇÃO:	IFPB - CAJAZEIRAS	Autor:	JOSÉ ZITO DE MACÉDO BISNETO
ESCALA:	INDICADA		FRANCHA:
TRAÇADO DA REDE COLETORA DE ESGOTO			12/2018

APÊNDICE B

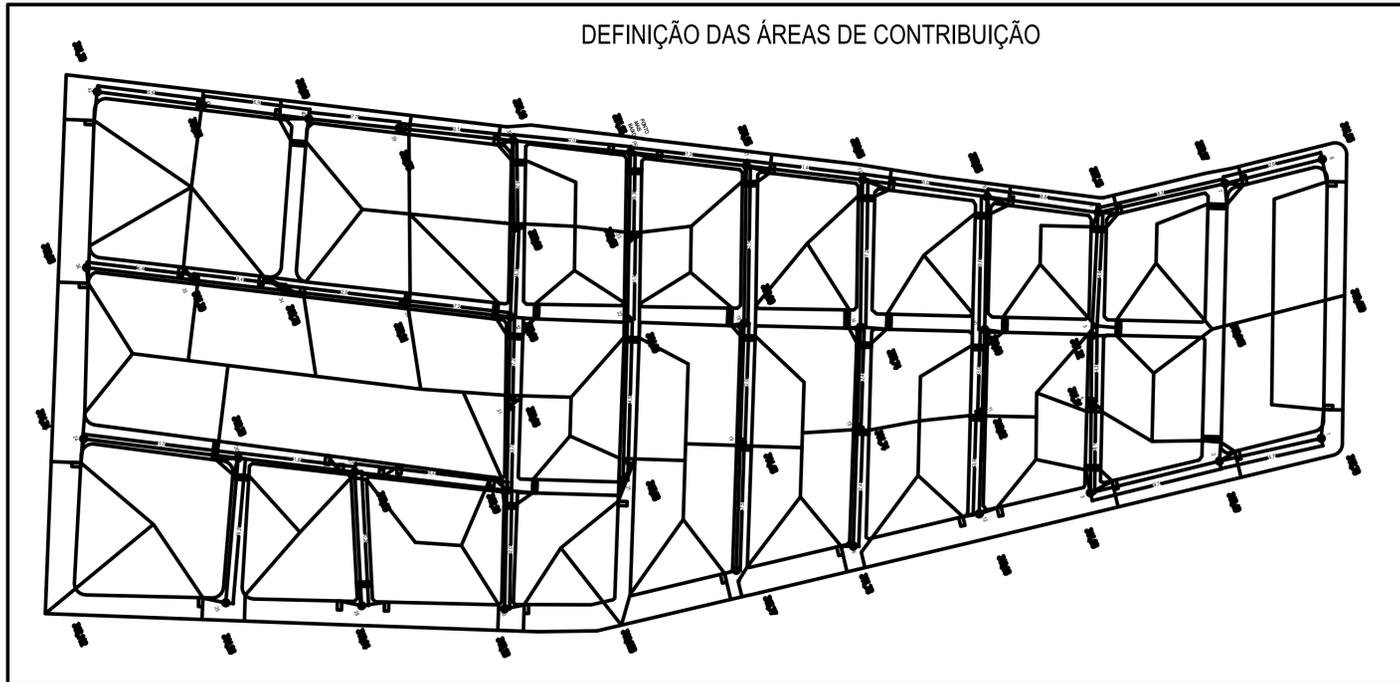
TABELA DE DIMENSIONAMENTO DOS TRAÇADOS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Trecho	L (m)	Área (m²)		Tc (min)	C	I (mm/min)	Qloc (m³/seg)	Q (m³/s)	D (mm)	Cota do Terreno		St (m/m)	Cota Inf da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Da galeria (m)		K	Ø (rad)	h/D	A (m²)	V (m/s)	tp (min)
		Trecho	Total							Montante	Jusante		Montante	Jusante		Montante	Jusante						
		1-2	54,78							2032,36	2032,36		5,00	0,7		2,533	0,0601						
2-3	69,74	4804,55	6836,91	5,53	0,7	2,533	0,1420	0,20	600	340,49	341,08	-0,0085	338,89	338,54	0,0050	1,60	2,54	0,1450	3,05	0,48	0,09	2,19	0,53
3-4	48,11	3152,73	9989,64	5,32	0,7	2,533	0,0932	0,30	600	341,08	341,11	-0,0006	338,54	338,30	0,0050	2,54	2,81	0,2119	3,57	0,61	0,12	2,53	0,32
4-5	34,30	1998,62	11988,26	5,22	0,7	2,533	0,0591	0,35	600	341,11	341,32	-0,0061	338,30	338,13	0,0050	2,81	3,19	0,2543	3,91	0,69	0,13	2,64	0,22
5-6	64,61	1535,25	13523,51	5,23	0,7	2,533	0,0454	0,40	600	341,32	337,15	0,0645	338,13	336,51	0,0250	3,19	0,64	0,1283	2,92	0,44	0,09	4,61	0,23
8-7	52,64	2297,76	2297,76	5,00	0,7	2,533	0,0679	0,07	600	341,53	338,27	0,0619	339,93	336,67	0,0619	1,60	1,60	0,0139	1,54	0,14	0,04	1,79	0,00
7-6	68,38	4425,09	6722,85	5,40	0,7	2,533	0,1308	0,20	600	338,27	337,15	0,0164	336,67	335,55	0,0164	1,60	1,60	0,0788	2,51	0,35	0,07	2,82	0,40
6-9	58,84	3522,58	23768,94	5,33	0,7	2,533	0,1041	0,70	600	337,15	337,05	0,0017	335,55	334,96	0,0100	1,60	2,09	0,3566	5,61	0,97	0,24	2,95	0,33
12-11	53,66	3242,17	3242,17	5,00	0,7	2,533	0,0958	0,10	600	340,98	340,92	0,0011	339,38	339,11	0,0050	1,60	1,81	0,0688	2,42	0,32	0,07	1,44	0,00
11-10	43,08	2570,46	5812,63	5,23	0,7	2,533	0,0760	0,17	600	340,92	339,00	0,0446	339,11	337,19	0,0446	1,81	1,81	0,0413	2,08	0,25	0,05	3,14	0,23
10-9	69,60	3652,98	9465,61	5,30	0,7	2,533	0,1080	0,28	600	339,00	337,05	0,0280	337,19	335,24	0,0280	1,81	1,81	0,0848	2,57	0,36	0,07	3,86	0,30
9-13	66,05	3419,72	36654,27	5,60	0,7	2,533	0,1011	1,08	600	337,05	336,85	0,0030	334,96	333,97	0,0150	2,09	2,88	0,4490	13,59	0,06	0,59	1,84	0,60
16-15	62,47	1522,35	1522,35	5,00	0,7	2,533	0,0450	0,04	600	341,78	341,74	0,0006	340,18	339,87	0,0050	1,60	1,87	0,0323	1,93	0,22	0,05	0,90	0,00
15-14	52,46	3139,88	4662,23	5,30	0,7	2,533	0,0928	0,14	600	341,74	338,74	0,0572	339,87	336,87	0,0572	1,87	1,87	0,0292	1,87	0,20	0,05	2,87	0,30
14-13	77,28	6383,85	11046,08	5,31	0,7	2,533	0,1887	0,33	600	338,74	336,85	0,0245	336,87	334,98	0,0245	1,87	1,87	0,1060	2,74	0,40	0,08	4,11	0,31
13-17	61,44	4279,64	51979,99	5,30	0,7	2,533	0,1265	1,54	800	336,85	334,23	0,0426	333,97	333,36	0,0100	2,88	0,87	0,3621	5,82	0,99	0,45	3,44	0,30
20-19	67,53	1608,96	1608,96	5,00	0,7	2,533	0,0475	0,05	600	345,77	344,48	0,0191	344,17	342,88	0,0191	1,60	1,60	0,0175	1,63	0,16	0,04	1,17	0,00
19-18	62,09	3286,21	4895,17	5,32	0,7	2,533	0,0971	0,14	600	344,48	339,00	0,0883	342,88	337,40	0,0883	1,60	1,60	0,0247	1,78	0,19	0,05	3,19	0,32
18-17	82,56	4622,37	9517,54	5,31	0,7	2,533	0,1366	0,28	600	339,00	334,23	0,0578	337,40	332,63	0,0578	1,60	1,60	0,0594	2,32	0,30	0,06	4,47	0,31
17-PF	84,55	4543,46	66040,99	5,37	0,7	2,533	0,1343	1,95	800	334,23	334,15	0,0009	332,63	331,36	0,0150	1,60	2,79	0,3756	6,42	1,00	0,52	3,76	0,37
21-22	72,08	2788,94	2788,94	5,00	0,7	2,533	0,0824	0,08	600	345,58	344,03	0,0215	343,98	342,43	0,0215	1,60	1,60	0,0285	1,86	0,20	0,05	1,73	0,00
22-23	41,91	3208,86	5997,80	5,19	0,7	2,533	0,0948	0,18	600	344,03	340,65	0,0806	342,43	339,05	0,0806	1,60	1,60	0,0317	1,92	0,21	0,05	3,58	0,19
23-PF	45,30	2056,85	8054,65	5,16	0,7	2,533	0,0608	0,24	600	340,65	334,15	0,1435	339,05	332,55	0,1435	1,60	1,60	0,0319	1,92	0,21	0,05	4,80	0,16
24-26	81,78	2423,77	2423,77	5,00	0,7	2,533	0,0716	0,07	600	344,34	340,38	0,0484	342,74	338,78	0,0484	1,60	1,60	0,0165	1,61	0,15	0,04	1,80	0,00
25-26	76,20	2153,89	2153,89	5,00	0,7	2,533	0,0637	0,06	600	344,26	340,38	0,0509	342,66	338,78	0,0509	1,60	1,60	0,0143	1,55	0,14	0,04	1,66	0,00
26-27	61,62	8280,86	12858,52	5,39	0,7	2,533	0,2447	0,38	600	340,38	340,18	0,0032	338,78	338,47	0,0050	1,60	1,71	0,2728	4,07	0,72	0,14	2,66	0,39
28-27	70,20	6420,57	6420,57	5,00	0,7	2,533	0,1897	0,19	600	340,04	340,18	-0,0020	338,44	338,09	0,0050	1,60	2,09	0,1362	2,98	0,46	0,09	2,13	0,00
27-29	80,47	9319,43	28598,52	5,36	0,7	2,533	0,2754	0,85	600	340,18	340,19	-0,0001	338,09	336,88	0,0150	2,09	3,31	0,3503	5,40	0,95	0,22	3,77	0,36
30-29	62,07	1275,47	1275,47	5,00	0,7	2,533	0,0377	0,04	600	345,28	340,19	0,0820	343,68	338,59	0,0820	1,60	1,60	0,0067	1,35	0,11	0,03	1,15	0,00
29-31	43,72	3974,65	33848,64	5,18	0,7	2,533	0,1175	1,00	600	340,19	339,06	0,0258	336,88	336,01	0,0200	3,31	3,05	0,3590	5,70	0,98	0,24	4,10	0,18
31-32	47,22	1983,19	35831,83	5,23	0,7	2,533	0,0586	1,06	600	339,06	338,66	0,0085	336,01	335,06	0,0200	3,05	3,60	0,3801	6,65	0,99	0,31	3,44	0,23
36-35	56,41	2327,63	2327,63	5,00	0,7	2,533	0,0688	0,07	600	342,88	341,30	0,0280	341,28	339,70	0,0280	1,60	1,60	0,0209	1,70	0,17	0,04	1,61	0,00
35-34	48,43	3448,06	5775,69	5,34	0,7	2,533	0,1019	0,17	600	341,30	340,78	0,0107	339,70	339,18	0,0107	1,60	1,60	0,0836	2,56	0,36	0,07	2,37	0,34
34-33	62,01	3798,63	9574,32	5,27	0,7	2,533	0,1123	0,28	600	340,78	339,21	0,0253	339,18	337,61	0,0253	1,60	1,60	0,0903	2,62	0,37	0,07	3,81	0,27
33-32	57,21	4436,01	14010,33	5,27	0,7	2,533	0,1311	0,41	600	339,21	338,66	0,0096	337,61	337,06	0,0096	1,60	1,60	0,2144	3,59	0,61	0,12	3,52	0,27
32-37	46,39	6034,71	55876,87	5,15	0,7	2,533	0,1783	1,65	800	338,66	338,00	0,0142	335,06	334,40	0,0142	3,60	3,60	0,3263	4,79	0,87	0,33	5,00	0,15
37-38	46,20	2736,14	58613,01	5,15	0,7	2,533	0,0809	1,73	800	338,00	334,16	0,0831	334,40	333,71	0,0150	3,60	0,45	0,3333	4,95	0,89	0,35	5,00	0,15
42-41	55,97	3062,37	3062,37	5,00	0,7	2,533	0,0905	0,09	600	341,39	340,83	0,0100	339,79	339,23	0,0100	1,60	1,60	0,0459	2,14	0,26	0,06	1,59	0,00

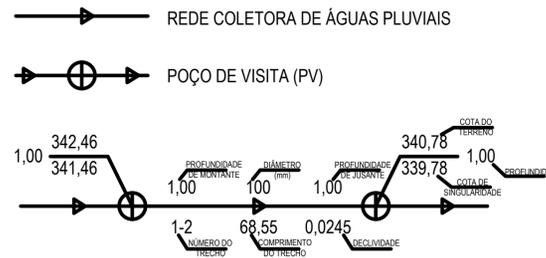
41-40	55,97	2385,19	5447,56	5,48	0,7	2,533	0,0705	0,16	600	340,83	340,59	0,0043	339,23	338,95	0,0050	1,60	1,64	0,1156	2,82	0,42	0,08	1,95	0,48
40-39	47,79	5508,40	10955,96	5,18	0,7	2,533	0,1628	0,32	600	340,59	338,75	0,0385	338,95	337,11	0,0385	1,64	1,64	0,0838	2,56	0,36	0,07	4,49	0,18
39-38	60,14	2608,47	13564,43	5,23	0,7	2,533	0,0771	0,40	800	338,75	334,16	0,0763	337,11	332,52	0,0763	1,64	1,64	0,0342	1,96	0,22	0,09	4,43	0,23
38-PF	62,03	3636,22	75813,66	5,23	0,7	2,533	0,1075	2,24	800	334,16	334,15	0,0002	332,52	331,28	0,0200	1,64	2,87	0,3734	6,31	1,00	0,51	4,43	0,23
PF-RIO	230,00	4773,80	154683,10	5,79	0,7	2,533	0,1411	4,57	2800	334,15	327,12	0,0306	331,28	324,25	0,0306	2,87	2,87	0,0218	1,72	0,17	0,95	4,83	0,79

*PF - PONTO FINAL, ONDE TODOS OS TRECHOS SE ENCONTRAM

DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

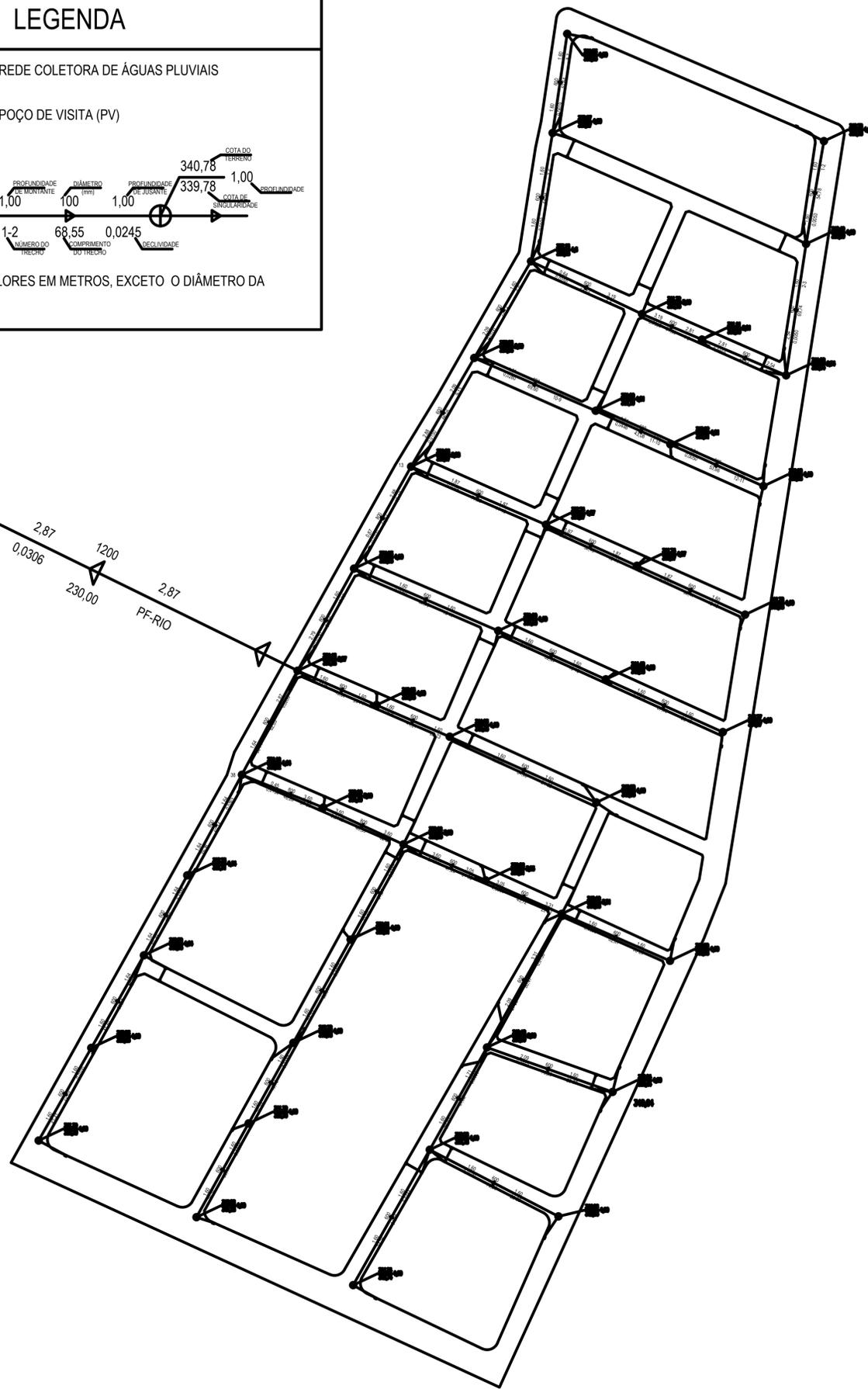


LEGENDA

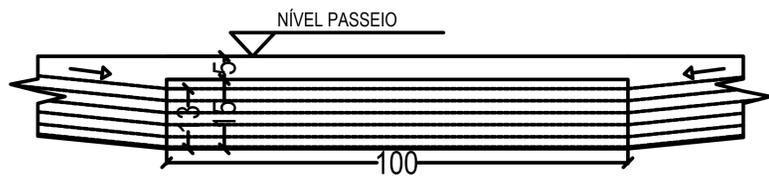


OBS: TODOS OS VALORES EM METROS, EXCETO O DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

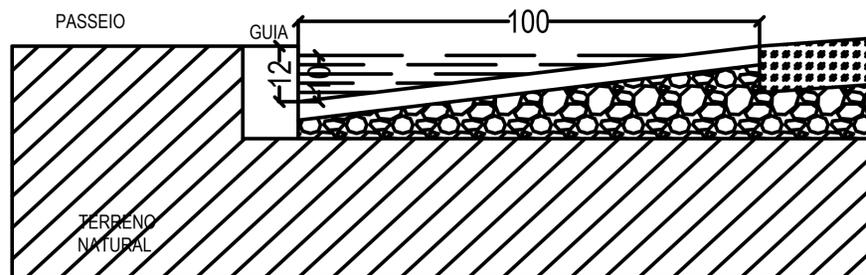
RIO SALGADO



DETALHE DA BOCA DE LOBO



DETALHE SARJETA



PROJETO:	PROJETO DE REDE DE DRENAGEM - LAVRAS DA MANGABEIRA / CE	
INSTITUIÇÃO:	IFPB - CAJAZEIRAS	Autor: JOSÉ ZITO DE MACÉDO BISNETO
ESCALA:	INDICADA	FRANCHA: 12/2018
TRAÇADO DA REDE COLETORA DE ÁGUAS PLUVIAIS		

ANEXO A

TABELA PARA DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES – ESCOAMENTO LIVRE FÓRMULA DE MANNING – N =0,013.

DN \downarrow y/D \Rightarrow	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
100	$v + \frac{1}{2}l$ 1,69	2,64	3,40	4,04	4,61	5,10	5,54	5,93	6,28	6,58	6,88	7,05	7,23	7,36	7,45	7,50	7,48	7,39	7,20	6,58
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,0002	0,001	0,003	0,005	0,007	0,010	0,014	0,017	0,022	0,026	0,030	0,035	0,039	0,043	0,047	0,050	0,053	0,055	0,056	0,052
150	$v + \frac{1}{2}l$ 2,22	3,46	4,45	5,30	6,04	6,69	7,26	7,77	8,22	8,62	8,96	9,24	9,47	9,65	9,77	9,82	9,80	9,69	9,44	8,62
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,001	0,003	0,007	0,013	0,021	0,030	0,040	0,051	0,063	0,076	0,089	0,102	0,115	0,127	0,139	0,149	0,157	0,162	0,164	0,152
200	$v + \frac{1}{2}l$ 2,68	4,19	5,40	6,42	7,31	8,10	8,80	9,42	9,96	10,44	10,85	11,19	11,47	11,69	11,83	11,90	11,87	11,74	11,43	10,44
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,002	0,007	0,016	0,029	0,045	0,064	0,086	0,111	0,137	0,164	0,192	0,220	0,248	0,275	0,299	0,321	0,338	0,349	0,352	0,328
250	$v + \frac{1}{2}l$ 3,11	4,86	6,26	7,45	8,49	9,40	10,21	10,93	11,56	12,11	12,59	12,99	13,31	13,56	13,73	13,81	13,78	13,62	13,27	12,11
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,003	0,012	0,029	0,052	0,081	0,116	0,156	0,200	0,248	0,297	0,348	0,399	0,450	0,498	0,542	0,581	0,613	0,634	0,639	0,595
300	$v + \frac{1}{2}l$ 3,52	5,49	7,07	8,41	9,58	10,62	11,53	12,34	13,06	13,68	14,22	14,67	15,04	15,32	15,51	15,59	15,56	15,38	14,98	13,68
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,005	0,020	0,047	0,085	0,132	0,189	0,254	0,326	0,403	0,483	0,566	0,650	0,731	0,809	0,882	0,945	0,996	1,030	1,039	0,967
350	$v + \frac{1}{2}l$ 3,90	6,08	7,84	9,32	10,62	11,76	12,78	13,68	14,47	15,16	15,76	16,26	16,66	16,97	17,18	17,28	17,24	17,04	16,60	15,16
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,007	0,030	0,071	0,128	0,200	0,286	0,384	0,492	0,608	0,729	0,854	0,980	1,103	1,221	1,330	1,426	1,503	1,554	1,567	1,459
400	$v + \frac{1}{2}l$ 4,26	6,65	8,56	10,19	11,61	12,86	13,97	14,95	15,82	16,57	17,22	17,77	18,21	18,55	18,78	18,89	18,85	18,63	18,15	16,57
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,010	0,043	0,101	0,182	0,285	0,408	0,548	0,702	0,867	1,041	1,220	1,399	1,575	1,743	1,899	2,036	2,146	2,219	2,238	2,082
450	$v + \frac{1}{2}l$ 4,61	7,19	9,26	11,03	12,56	13,91	15,11	16,17	17,11	17,93	18,63	19,22	19,70	20,07	20,32	20,43	20,39	20,15	19,63	17,93
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,014	0,060	0,139	0,250	0,390	0,558	0,750	0,961	1,188	1,425	1,670	1,915	2,156	2,387	2,600	2,787	2,938	3,038	3,064	2,851
500	$v + \frac{1}{2}l$ 4,94	7,71	9,94	11,83	13,47	14,92	16,21	17,35	18,35	19,23	19,99	20,62	21,14	21,53	21,80	21,92	21,87	21,62	21,06	19,23
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,018	0,079	0,184	0,331	0,517	0,739	0,993	1,272	1,573	1,888	2,211	2,536	2,856	3,161	3,443	3,691	3,891	4,024	4,057	3,776
600	$v + \frac{1}{2}l$ 5,58	8,71	11,22	13,36	15,21	16,85	18,31	19,59	20,72	21,71	22,57	23,29	23,87	24,31	24,61	24,75	24,70	24,41	23,78	21,71
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,029	0,128	0,299	0,538	0,841	1,202	1,615	2,069	2,558	3,070	3,596	4,124	4,643	5,140	5,597	6,002	6,325	6,543	6,598	6,140
700	$v + \frac{1}{2}l$ 6,19	9,65	12,44	14,80	16,86	18,67	20,29	21,71	22,97	24,07	25,01	25,81	26,45	26,95	27,28	27,43	27,37	27,05	26,35	24,07
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,045	0,193	0,450	0,811	1,268	1,814	2,435	3,121	3,858	4,631	5,424	6,221	7,004	7,753	8,446	9,053	9,544	9,870	9,952	9,261
800	$v + \frac{1}{2}l$ 6,76	10,55	13,60	16,18	18,43	20,41	22,18	23,73	25,11	26,31	27,34	28,21	28,92	29,45	29,82	29,98	29,92	29,57	28,81	26,31
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,064	0,276	0,643	1,158	1,810	2,589	3,477	4,456	5,508	6,611	7,745	8,882	10,000	11,07	12,06	12,93	13,63	14,09	14,21	13,22
900	$v + \frac{1}{2}l$ 7,32	11,41	14,71	17,50	19,93	22,08	23,99	25,67	27,16	28,45	29,57	30,51	31,28	31,86	32,25	32,43	32,37	31,99	31,16	28,45
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,087	0,378	0,880	1,585	2,479	3,545	4,760	6,100	7,538	9,051	10,60	12,16	13,69	15,15	16,51	17,70	18,65	19,29	19,45	18,10
1000	$v + \frac{1}{2}l$ 7,85	12,24	15,78	18,78	21,39	23,69	25,73	27,54	29,13	30,53	31,73	32,73	33,55	34,18	34,60	34,79	34,72	34,32	33,43	30,53
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,115	0,501	1,166	2,099	3,283	4,695	6,305	8,079	9,987	11,99	14,04	16,11	18,13	20,07	21,86	23,44	24,71	25,55	25,76	23,98
1100	$v + \frac{1}{2}l$ 8,36	13,05	16,81	20,01	22,79	25,24	27,42	29,34	31,05	32,53	33,81	34,88	35,75	36,42	36,87	37,07	37,00	36,57	35,62	32,53
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,149	0,646	1,503	2,707	4,233	6,054	8,129	10,42	12,88	15,46	18,11	20,77	23,38	25,88	28,19	30,22	31,86	32,94	33,22	30,91
1200	$v + \frac{1}{2}l$ 8,86	13,82	17,82	21,20	24,15	26,75	29,06	31,14	32,90	34,47	35,83	36,96	37,89	38,60	39,07	39,29	39,21	38,75	37,75	34,47
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,188	0,814	1,896	3,413	5,338	7,635	10,25	13,14	16,24	19,49	22,83	26,19	29,49	32,636	35,55	38,11	40,17	41,55	41,90	38,99
1500	$v + \frac{1}{2}l$ 10,29	16,04	20,67	24,60	28,05	31,04	33,72	36,08	38,27	40,00	41,82	42,89	43,97	44,82	45,34	45,59	45,50	45,04	43,80	40,00
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,340	1,469	3,427	6,199	9,693	13,84	18,59	23,82	29,62	35,34	41,65	47,48	53,46	59,17	64,46	69,10	72,84	75,42	76,66	70,69
1800	$v + \frac{1}{2}l$ 11,61	18,12	23,35	27,78	31,65	35,05	38,08	40,75	43,11	45,17	46,95	48,44	49,65	50,58	51,20	51,48	51,38	50,78	49,47	45,17
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,553	2,401	5,590	10,06	15,74	22,51	30,23	38,74	47,88	57,47	67,32	77,21	86,93	96,22	104,8	112,4	118,5	122,5	123,5	114,9
2000	$v + \frac{1}{2}l$ 12,46	19,43	25,05	29,80	33,98	37,63	40,85	43,76	46,36	48,46	50,66	51,96	53,26	54,29	54,93	55,23	55,12	54,56	53,07	48,46
mm	$Q + \frac{1}{2}l$ 0,733	3,163	7,381	13,36	20,88	29,85	40,06	51,30	63,78	76,12	89,70	102,3	115,1	127,5	138,8	148,8	156,9	162,4	165,1	152,2
	$\beta = R_p/D$	0,033	0,064	0,093	0,121	0,147	0,171	0,194	0,214	0,233	0,250	0,278	0,288	0,296	0,302	0,304	0,303	0,298	0,287	0,250

Fonte: NUVOLARI, 2003.