

**SEVEN**

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS  
2024

A person is working at a desk in a well-lit room. They are using a laptop, a calculator, and various drafting tools like pencils and a tape measure. There are architectural blueprints spread out on the desk. A yellow hard hat is visible in the background. The overall scene suggests a professional or academic setting related to engineering or architecture.

# NOTAS DE PROJETO: **REDES COLETORAS DE ESGOTO**

Vinícius de Oliveira Ribeiro, Nelson Ferreira Correa, João  
Victor Maciel de Andrade Silva

**SEVEN**

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS  
2024



**NOTAS DE PROJETO:  
REDES COLETORAS DE ESGOTO**

Vinícius de Oliveira Ribeiro, Nelison Ferreira Correa, João  
Victor Maciel de Andrade Silva

**EDITORA CHEFE**

Prof<sup>o</sup> Me. Isabele de Souza Carvalho

**EDITOR EXECUTIVO**

Nathan Albano Valente

**AUTORES DO E-BOOK**

Vinícius de Oliveira Ribeiro

Nelison Ferreira Correa

João Victor Maciel de Andrade Silva

2024 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Copyright do Texto © 2024 Os Autores

Copyright da Edição © 2024 Seven Editora

**PRODUÇÃO EDITORIAL**

Seven Publicações Ltda

**EDIÇÃO DE ARTE**

Alan Ferreira de Moraes

**EDIÇÃO DE TEXTO**

Natan Bones Petitemberte

**BIBLIOTECÁRIA**

Bruna Heller

**IMAGENS DE CAPA**

AdobeStok

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Seven Publicações Ltda. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Seven Publicações Ltda é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação.

Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional

## CORPO EDITORIAL

### EDITORA-CHEFE

Profº Me. Isabele de Souza Carvalho

### CORPO EDITORIAL

Pedro Henrique Ferreira Marçal - Vale do Rio Doce University  
Adriana Barni Truccolo - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul  
Marcos Garcia Costa Morais - Universidade Estadual da Paraíba  
Mônica Maria de Almeida Brainer - Instituto Federal de Goiás Campus Ceres  
Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Egas José Armando - Universidade Eduardo Mondlane de Moçambique  
Ariane Fernandes da Conceição - Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
Wanderson Santos de Farias - Universidade de Desenvolvimento Sustentável  
Maria Gorete Valus - Universidade de Campinas  
Luiz Gonzaga Lapa Junior - Universidade de Brasília  
Janyel Trevisol - Universidade Federal de Santa Maria  
Irlane Maia de Oliveira - Universidade Federal de Mato Grosso  
Paulo Roberto Duailibe Monteiro - Universidade Federal Fluminense  
Luiz Gonzaga Lapa Junior - Universidade de Brasília  
Yuni Saputri M.A - Universidade de Nalanda, Índia  
Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí, CEAD  
Anderson Nunes Da Silva - Universidade Federal do Norte do Tocantins  
Adriana Barretta Almeida - Universidade Federal do Paraná  
Jorge Luís Pereira Cavalcante - Fundação Universitária Iberoamericana  
Jorge Fernando Silva de Menezes - Universidade de Aveiro  
Antonio da Costa Cardoso Neto - Universidade de Flores Buenos Aires  
Antônio Alves de Fontes-Júnior - Universidade Cruzeiro do Sul  
Alessandre Gomes de Lima - Faculdade de Medicina da Universidade do Porto  
Moacir Silva de Castro - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo  
Marcelo Silva de Carvalho- Universidade Federal de Alfnas  
Charles Henrique Andrade de Oliveira - Universidade de Pernambuco  
Telma Regina Stroparo - Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Valéria Raquel Alcantara Barbosa - Fundação Oswaldo Cruz  
Kleber Farinazo Borges - Universidade de Brasília  
Rafael Braga Esteves - Universidade de São Paulo  
Inaldo Kley do Nascimento Moraes - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Mara Lucia da Silva Ribeiro - Universidade Federal de São Paulo

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

R484n

Ribeiro, Vinícius de Oliveira.

Notas de Projeto [recurso eletrônico] : Redes Coletoras de Esgoto / Vinícius de Oliveira Ribeiro, Nelison Ferreira Correa, João Victor Maciel de Andrade Silva. – São José dos Pinhais, PR: Seven Editora, 2024.

Dados eletrônicos (1 PDF).

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-6109-063-6

1. Esgoto. 2. Saneamento básico. 3. Sistema de esgotos.  
I. Correa, Nelison. II. Silva, João Victor Maciel de Andrade.  
III. Título.

CDU 628.21

**Índices para catálogo sistemático:**

1. CDU: Sistema de esgotos 628.21

**Bruna Heller** - Bibliotecária - CRB10/2348

**DOI:** 10.56238/livrosindi202446-001

**Seven Publicações Ltda**  
CNPJ: 43.789.355/0001-14  
editora@sevenevents.com.br  
São José dos Pinhais/PR



## **DECLARAÇÃO DO AUTOR**

O autor deste trabalho DECLARA, para os seguintes fins, que:

Não possui nenhum interesse comercial que gere conflito de interesse em relação ao conteúdo publicado;

Declara ter participado ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente nas seguintes condições: "a) Desenho do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação dos dados; b) Elaboração do artigo ou revisão para tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão";

Certifica que o texto publicado está completamente livre de dados e/ou resultados fraudulentos e defeitos de autoria;

Confirma a citação correta e referência de todos os dados e interpretações de dados de outras pesquisas;

Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para realizar a pesquisa;

Autoriza a edição do trabalho, incluindo registros de catálogo, ISBN, DOI e outros indexadores, design visual e criação de capa, layout interno, bem como seu lançamento e divulgação de acordo com os critérios da Seven Eventos Acadêmicos e Editora.

## **DECLARAÇÃO DA EDITORA**

A Seven Publicações DECLARA, para fins de direitos, deveres e quaisquer significados metodológicos ou legais, que:

Esta publicação constitui apenas uma transferência temporária de direitos autorais, constituindo um direito à publicação e reprodução dos materiais. A Editora não é co-responsável pela criação dos manuscritos publicados, nos termos estabelecidos na Lei de Direitos Autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; O(s) autor(es) é(são) exclusivamente responsável(eis) por verificar tais questões de direitos autorais e outros, isentando a Editora de quaisquer danos civis, administrativos e criminais que possam surgir.

Autoriza a **DIVULGAÇÃO DO TRABALHO** pelo(s) autor(es) em palestras, cursos, eventos, shows, mídia e televisão, desde que haja o devido reconhecimento da autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial, com a apresentação dos devidos **CRÉDITOS** à **SEVEN PUBLICAÇÕES**, sendo o(s) autor(es) e editora(es) responsáveis pela omissão/exclusão dessas informações;

Todos os e-books são de acesso aberto, portanto, não os venda em seu site, sites parceiros, plataformas de comércio eletrônico ou qualquer outro meio virtual ou físico. Portanto, está isento de transferências de direitos autorais para autores, uma vez que o formato não gera outros direitos além dos fins didáticos e publicitários da obra, que pode ser consultada a qualquer momento.

Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições públicas de ensino superior, conforme recomendado pela CAPES para obtenção do Qualis livro;

A Seven Eventos Acadêmicos não atribui, vende ou autoriza o uso dos nomes e e-mails dos autores, bem como de quaisquer outros dados deles, para qualquer finalidade que não seja a divulgação desta obra, de acordo com o Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

## AGRADECIMENTOS

Às nossas famílias, pelo apoio incondicional. Nosso amor eterno.

A todos os profissionais e estudantes que, ao longo dos anos, compartilharam suas experiências e desafios conosco. Suas contribuições práticas e teóricas foram fundamentais para aprimorar os conteúdos aqui apresentados.

Esperamos que esta obra possa servir como um modesto recurso em jornadas profissionais e acadêmicas, contribuindo para o avanço do saneamento básico no Brasil.

A todos, o nosso sincero muito obrigado.

## AUTORES DO E-BOOK



### **Vinícius de Oliveira Ribeiro**

Engenheiro Ambiental, Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Foi Engenheiro Projetista, Gestor e Gerente de Projetos na Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL). Atualmente, é docente associado da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), onde ministra aulas nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária e na Pós-Graduação em Recursos Naturais (PGRN), como titular das cadeiras de Hidráulica Aplicada, Saneamento Básico, Tratamento de Águas Residuárias e Geotecnologias Aplicadas.



### **Nelison Ferreira Correa**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), com período sanduíche na *Eindhoven University of Technology (TU/e)*, Eindhoven, Holanda. Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Engenheiro de Segurança do Trabalho pela UNIGRAN. É consultor ambiental e de segurança do trabalho, atuando na área de projetos ambientais, saneamento básico e Engenharia de Segurança do Trabalho. Professor dos cursos de graduação em Engenharia Civil e pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho na UNIGRAN, ministrando aulas de Hidráulica Aplicada, Saneamento Básico e Topografia Aplicada. Engenheiro de Segurança do Trabalho da Missão Evangélica Caiuá, compreendendo os convênios do DSEI-MS, Vale do Javari, Alto Rio Solimões, Médio Rio Purus, Alto Rio



### **João Victor Maciel de Andrade Silva**

Engenheiro civil e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professor adjunto da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), ministrando disciplinas nas cadeiras de Resistência dos Materiais, Concreto Armado e Teoria das Estruturas. Engenheiro responsável e proprietário da Akra Engenharia, empresa ligada à engenharia e tecnologia. Atua em projetos e execução de estruturas de concreto armado e pré-moldado, e na gestão de projetos de engenharia com a metodologia *Building Information Modeling (BIM)*.



## APRESENTAÇÃO

Em tempos de renovação do Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, o livro **"Notas de Projeto: Redes Coletoras de Esgoto"** nasce como uma singela contribuição para profissionais e estudantes do setor. Este livro busca oferecer uma visão teórica e prática sobre a concepção e implementação de projetos de redes coletoras de esgoto, um dos componentes mais críticos da infraestrutura de saneamento.

A obra é fundamentada nas normas mais recentes da ABNT, assegurando que todos os métodos e procedimentos discutidos estejam alinhados com os padrões exigidos nacionalmente. O livro também oferece links para videoaulas, criando uma experiência de aprendizado dinâmica e interativa que complementa o material escrito com demonstrações práticas.

Para além de um apoio técnico, sem buscar esgotar a temática, gostaríamos que os leitores entendam esta obra também como uma abordagem colaborativa, que os convida a enviar suas contribuições, sugestões, correções e atualizações, transformando este e-book num recurso em constante evolução.

Ao explorar estas "Notas de Projeto", esperamos que cada página lida, cada vídeo assistido e cada projeto desenvolvido represente um passo significativo na direção de um futuro mais sustentável para todos.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 CONCEITOS, TIPOS E DEFINIÇÕES.....</b>	<b>11</b>
2.1 TIPOS DE SISTEMAS.....	11
2.2 DEFINIÇÕES.....	12
2.3 PARTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	13
2.4 NORMAS ABNT PERTINENTES.....	13
<b>3 CONCEPÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 REGIME HIDRÁULICO DO ESCOAMENTO EM SISTEMAS DE ESGOTOS.....	15
3.2 ÓRGÃOS ACESSÓRIOS DA REDE.....	16
<b>3.2.1 Poços de visita (PV).....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.2 Poço de Inspeção (PI) .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.3 Terminal de limpeza (TL).....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.4 Caixa de passagem (CP).....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.5 Tubo de inspeção e limpeza (TIL).....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.6 Poços de Transição (PV de Transição).....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.7 Tubo de inspeção e limpeza em material flexível.....</b>	<b>23</b>
3.3 CONCEPÇÃO DA REDE DE ESGOTOS (ABNT NBR 9648/1986).....	25
<b>3.3.1 Desenvolvimento da concepção nas diversas fases do projeto.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.2 Tipos de redes.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.3 Localização da tubulação na via pública (ABNT NBR 12266).....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4 Demais fatores intervenientes ao projeto de coletores.....</b>	<b>32</b>
<b>4 CRITÉRIOS DE PROJETO (ABNT NBR 9649/1986) .....</b>	<b>34</b>
4.1 VAZÃO DE ESGOTO.....	34
<b>4.1.1 Esgoto doméstico.....</b>	<b>34</b>
4.2 DESPEJOS INDUSTRIAIS.....	39
4.3 CÁLCULO DAS VAZÕES E TAXAS DE CONTRIBUIÇÃO LINEAR.....	39
4.4 CRITÉRIOS HIDRÁULICOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ESGOTO.....	40
<b>4.4.1 Critérios de Autolimpeza.....</b>	<b>40</b>
<b>4.4.2 Dimensionamento hidráulico.....</b>	<b>42</b>

4.5 CRITÉRIOS ESPECÍFICOS A SEREM ATENDIDOS EM PROJETOS.....	47
4.5.1 Localização dos coletores na via pública.....	47
4.5.2 Profundidade dos coletores.....	47
4.5.3 Distância entre singulares.....	49
4.5.4 Numeração dos trechos.....	49
4.5.5 Materiais e tipos de tubulação para coletores de esgoto.....	50
4.5.6 Definição de escoramento de vala.....	53
4.6 METODOLOGIA DE CÁLCULO.....	55
<b>5 QUANTIFICAÇÃO BÁSICA DOS SERVIÇOS E ORÇAMENTO.....</b>	<b>82</b>
5.1 DOCUMENTOS NECESSÁRIOS À MONTAGEM DO ORÇAMENTO.....	82
5.2 TIPOS DE SINAPI.....	83
5.2.1 SINAPI Não desonerado.....	83
5.2.2 SINAPI Desonerado.....	83
5.3 EXEMPLO DE ORÇAMENTAÇÃO PARA INSTALAÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO.....	84
<b>6 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....</b>	<b>90</b>
6.1 VANTAGENS NO USO DO BIM.....	91
6.2 TRANSPARÊNCIA E LEGALIDADE.....	92
<b>7 SOFTWARES DE DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>93</b>
7.1 CESG - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA /USP.....	93
7.2 OPENFLOWS SEWERGEMS - BENTLEY SYSTEMS.....	94
7.3 SANCAD - SANEGRAPH.....	94
7.4 SWMM – EPA.....	94
7.5 UFC - 9 – LAHC/ UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.....	95
7.6 QESG – QGIS.....	95
7.7 AUTOCAD CIVIL 3D – AUTODESK.....	95
7.8 AUTODESK REVIT – SOFTWARE BIM.....	96
<b>8 LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....</b>	<b>97</b>
<b>9 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>101</b>

A necessidade de melhorar a infraestrutura de saneamento básico no Brasil nunca foi tão urgente. Em tempos do novo marco regulatório do saneamento, é imperativo que profissionais da área estejam atualizados e preparados para enfrentar os desafios que surgem com a expansão e modernização dos sistemas de esgotamento sanitário. Este livro, "*Notas de Projeto: Redes coletoras de esgoto*", nasce como uma singela contribuição dos autores para o campo do saber, oferecendo uma visão prática e fundamentada sobre o tema.

Nos capítulos que seguem, o leitor encontrará uma combinação de teoria e prática baseada na experiência dos autores em projetos de redes coletoras de esgoto. A obra se fundamenta nas normas da ABNT mais recentes, garantindo que os métodos e procedimentos apresentados estejam em conformidade com os padrões atuais exigidos no Brasil. Além disso, incluímos *links* para videoaulas no YouTube®, onde os leitores podem acessar conteúdos interativos e aprofundar seu entendimento.

Embora este livro aborde muitos aspectos do projeto de redes coletoras, não temos a pretensão de esgotar o tema. A intenção é fornecer contribuições e perspectivas que possam enriquecer o conhecimento existente e estimular a discussão e a inovação no campo do saneamento. Sabemos que o avanço técnico e normativo é contínuo, e por isso encorajamos os leitores a usar esta obra como um ponto de partida para suas próprias investigações e desenvolvimentos.

Ressaltamos que este projeto tem o ideal de ser de caráter colaborativo e acessível. Por ser uma obra livre e gratuita, queremos que ela se torne um recurso dinâmico e em constante evolução. Convidamos todos os leitores a contribuírem com sugestões, correções e atualizações para futuras edições. Basta entrar em contato conosco através do e-mail [lasange@uems.br](mailto:lasange@uems.br). Acreditamos que, ao trabalharmos juntos, podemos construir um compêndio cada vez mais completo e útil para a comunidade técnica.

Esperamos que este livro não seja apenas uma fonte de conhecimento, mas também uma inspiração para que mais profissionais se engajem no aprimoramento das práticas de saneamento no Brasil. Que cada página lida, cada vídeo assistido e cada projeto desenvolvido com base nestas "*Notas de Projeto*" represente um passo significativo na direção de um futuro mais sustentável a todos.

Boa Leitura!!!

Sistema de esgoto sanitário (SES) é definido como o conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, afastamento, tratamento e disposição final do esgoto sanitário de uma comunidade, de forma contínua e higienicamente segura (sem riscos para a saúde). O SES tem como finalidade:

- Remoção rápida e segura das águas residuárias e dos dejetos;
- Eliminação de focos de poluição e contaminação, assim como aspectos estéticos desagradáveis;
- Melhoria das condições higiênicas locais e o conseqüente aumento da produtividade;
- Tratamento desses resíduos líquidos;
- Disposição sanitariamente adequada do efluente
- Proteção de comunidades, estabelecimentos de jusante, preservação de áreas para lazer e práticas esportivas.

### 2.1 TIPOS DE SISTEMAS

Essencialmente, existem três tipos de sistemas de esgotamento sanitário: Sistema de Separador Parcial, Sistema Unitário e Sistema de Separador Absoluto. Cada um, com suas especificidades e aplicações, é projetado considerando fatores como topografia, densidade populacional, infraestrutura existente e capacidade de tratamento de águas.

O Sistema de Separador Parcial é uma abordagem híbrida que combina aspectos dos sistemas unitário e separador absoluto. Nesse sistema, as águas pluviais de áreas menos críticas e o esgoto são coletados juntos, mas há uma separação antes do tratamento ou descarte final. Isso permite uma certa flexibilidade na gestão das águas, possibilitando que parte das águas da chuva seja tratada junto com o esgoto, enquanto o excesso pode ser desviado ou infiltrado, reduzindo o impacto nas estações de tratamento de esgoto (ETE) durante chuvas intensas.

O Sistema Unitário, por outro lado, não faz distinção entre águas pluviais e esgoto sanitário, coletando ambos em uma única rede de drenagem. Essa abordagem simplifica a infraestrutura de coleta, mas pode levar a desafios significativos em termos de tratamento, especialmente durante eventos de chuva intensa, quando o volume de água pode exceder a capacidade das ETES, resultando em despejos não tratados em corpos d'água. Além disso, o sistema unitário requer cuidadosa consideração do design e da capacidade de tratamento para minimizar impactos ambientais.



Por fim, o Sistema de Separador Absoluto, praticado no Brasil, representa a concepção em que as águas pluviais e o esgoto são coletados e conduzidos por sistemas de drenagem completamente independentes. Essa abordagem permite que o esgoto seja tratado de maneira eficiente, sem a diluição causada pela água da chuva, e que as águas pluviais sejam descartadas ou aproveitadas separadamente, reduzindo o risco de poluição e melhorando a gestão dos recursos hídricos. Essa separação oferece vantagens em termos de tratamento e sustentabilidade ambiental, facilitando a implementação e a manutenção dos sistemas devido à existência de sistemas distintos.

Destacam-se como principais vantagens do Sistema de Separador Absoluto:

- a) A utilização de tubulações de menor diâmetro é vantajosa, pois permite o uso de manilhas de cerâmica e outros materiais como concreto, PVC e fibra de vidro, o que simplifica a instalação e contribui para a diminuição dos custos e do tempo necessário para a obra;
- b) Um planejamento integrado possibilita a implementação gradual das obras, iniciando pela construção e ampliação da rede que se mostra mais crítica para a população, o que permite um desembolso inicial reduzido;
- c) A drenagem das águas de chuva é otimizada, possibilitando descargas em vários pontos mais acessíveis e maximizando a utilização das calhas para escoamento; e
- d) A qualidade do tratamento de esgoto é aprimorada, prevenindo a contaminação dos corpos d'água receptores durante os episódios de transbordamento que ocorrem em períodos de chuvas fortes.

## 2.2 DEFINIÇÕES

*Esgoto doméstico ou despejos domésticos:* despejos líquidos das habitações, estabelecimentos comerciais, instituições e edifícios públicos e de instalações sanitárias de estabelecimentos industriais. Incluem as águas imundas ou negras e as águas servidas. É resultante do uso da água na higiene e necessidades fisiológicas humanas.

- **Esgoto industrial:** efluente das operações industriais, ou seja, de água utilizada nos processos industriais.
- **Água de infiltração:** parcela das águas do subsolo que penetram nas canalizações de esgoto.
- **Águas pluviais:** parcela das águas das chuvas que escoam superficialmente.
- **Contribuição pluvial parasitária:** parcela das águas pluviais absorvida pela rede coletora de esgoto.
- **Esgoto sanitário.** Despejo Líquido constituído de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária.

## 2.3 PARTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é composto basicamente das partes definidas a seguir:

- **Rede coletora:** conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir as águas de esgotos das edificações através do coletor predial. A rede coletora é composta por:
  - **Coletor secundário:** que recebem as ligações prediais; e
  - **Coletor-tronco:** coletor principal de uma bacia de esgotamento, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário;
- **Interceptor:** canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, mas não recebe ligações prediais;
- **Emissário:** canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente – estação de tratamento e/ou lançamento – sem receber contribuições em marcha;
- **Estação elevatória:** conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta;
- **Sifões invertidos:** obras destinadas à transposição de obstáculos pelas tubulações de esgotos, funcionando sob pressão;
- **Estação de tratamento:** conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento;
- Obras de lançamento em corpos receptores;
- **Corpo de água receptor:** corpo de água onde são lançados os efluentes tratados.

## 2.4 NORMAS ABNT PERTINENTES

A implementação eficiente de sistemas de coleta, transporte e afastamento de esgotos sanitários (SES) é fundamental para garantir a saúde pública e a preservação do meio ambiente. Para orientar e padronizar esses processos, existem diversas normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Estas normas são essenciais para assegurar que os sistemas de esgoto sejam projetados, construídos e mantidos de acordo com os melhores padrões de qualidade e segurança. Elas abrangem desde o planejamento, projeto, execução, manutenção dos SES, até padrões e diretrizes de fabricação e qualidade de componentes destes sistemas etc., visando garantir que todas as etapas do processo sejam realizadas de maneira eficiente e sustentável. A seguir, elencam-se algumas das normas ABNT referentes a este campo:

- **NBR 7367:1988** - Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário;

- **ABNT NBR 7968:1983** - Diâmetros nominais em tubulações de saneamento nas áreas de rede de distribuição, adutoras, redes coletoras de esgoto e interceptores – Padronização;
- **NBR 9648:1986** - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário;
- **NBR 9649:1986** - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimentos;
- **NBR 9800:1987** - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário – Procedimento;
- **NBR 15710:2009** - Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo;
- **NBR 12207:2016** - Projeto de interceptores de esgoto sanitário;
- **NBR 12208:2020** – Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto — Requisitos;
- **NBR 15593:2023** - Sistemas de tubulação plástica para abastecimento de água, drenagem e esgotos sob pressão — Conexões soldáveis de polietileno (PE);
- **NBR 15750:2023** - Tubulações de PVC-O (cloreto de polivinila não plastificado orientado) para sistemas de transporte de água ou esgoto sob pressão — Requisitos e métodos de ensaios;  
e
- **NBR 17015:2023** - Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis.

Trata-se do conjunto de estudos e definições necessários ao estabelecimento de diretrizes, parâmetros e especificações necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a ser projetado.

No conjunto de atividades que constituem a elaboração do projeto de um sistema de esgotos sanitários, a concepção é, na prática brasileira corrente, elaborada na fase do relatório preliminar, na fase inicial do projeto.

Basicamente a concepção tem como objetivos:

- Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos;
- Estabelecimento de todos os parâmetros básicos do sistema
- Localização e pré-dimensionamento das obras e instalações componentes do sistema, para diversas alternativas viáveis;
- Escolha do sistema definitivo mediante comparação técnica e econômica dentre as alternativas;
- Estabelecimento das diretrizes gerais do projeto e estimativa das quantidades de serviços que devem ser executados na fase do projeto.

### 3.1 REGIME HIDRÁULICO DO ESCOAMENTO EM SISTEMAS DE ESGOTOS

As tubulações dos coletores e interceptores devem ser projetadas para funcionar sempre como condutos livres. Os sifões e linhas de recalque das estações elevatórias funcionam como condutos forçados. Os emissários podem funcionar como condutos livres ou forçados e não recebem contribuições em marcha. Eles são condutos forçados no caso de linhas de recalque e emissários submarinos.

A composição do esgoto sanitário é majoritariamente constituída por água, chegando a cerca de 99,9% do seu volume total, e 0,1% de sólidos. Essa predominância de água no esgoto sanitário justifica a aplicação de critérios de cálculo para condutos livres, como a equação da continuidade e a equação de Manning, no projeto de sistemas de esgoto. Embora o esgoto contenha uma variedade de sólidos, substâncias orgânicas e inorgânicas, nutrientes e patógenos, a abordagem hidráulica para o dimensionamento dos condutos é frequentemente baseada nas propriedades físicas da água.

A equação da continuidade é utilizada para expressar a conservação da massa no escoamento, enquanto a equação de Manning permite calcular a velocidade do fluxo, levando em conta a rugosidade das tubulações, a área da seção transversal e o raio hidráulico. Esta metodologia simplificada serve como ferramenta básica para o dimensionamento hidráulico dos SES.

## 3.2 ÓRGÃOS ACESSÓRIOS DA REDE

Devido à presença de uma grande quantidade de sólidos orgânicos e minerais nos esgotos e à necessidade de a rede coletora funcionar como conduto livre, é preciso que as tubulações possuam dispositivos que evitem ou minimizem entupimentos em pontos singulares, possibilitando ainda o acesso de pessoas ou equipamentos nesses pontos. A utilização desses dispositivos está regulamentada pela ABNT NBR 17015:2022.

Basicamente, os dispositivos empregados são os poços de visita, constituídos por uma construção composta de uma chaminé de acesso na parte superior e uma parte mais ampla chamada balão. Os materiais comumente empregados em sua construção são manilhas de concreto armado, tijolos maciços etc. O esgoto corre na parte inferior, em canaletas que orientam os fluxos conforme a conveniência. Assim, a definição dos poços de visita é essencial para o traçado da rede coletora (Figuras 1, 2 e 3). A seguir, detalham-se os órgãos acessórios mais comumente utilizados nos sistemas de coleta, transporte e afastamento de esgotos sanitários.

### 3.2.1 Poços de visita (PV)

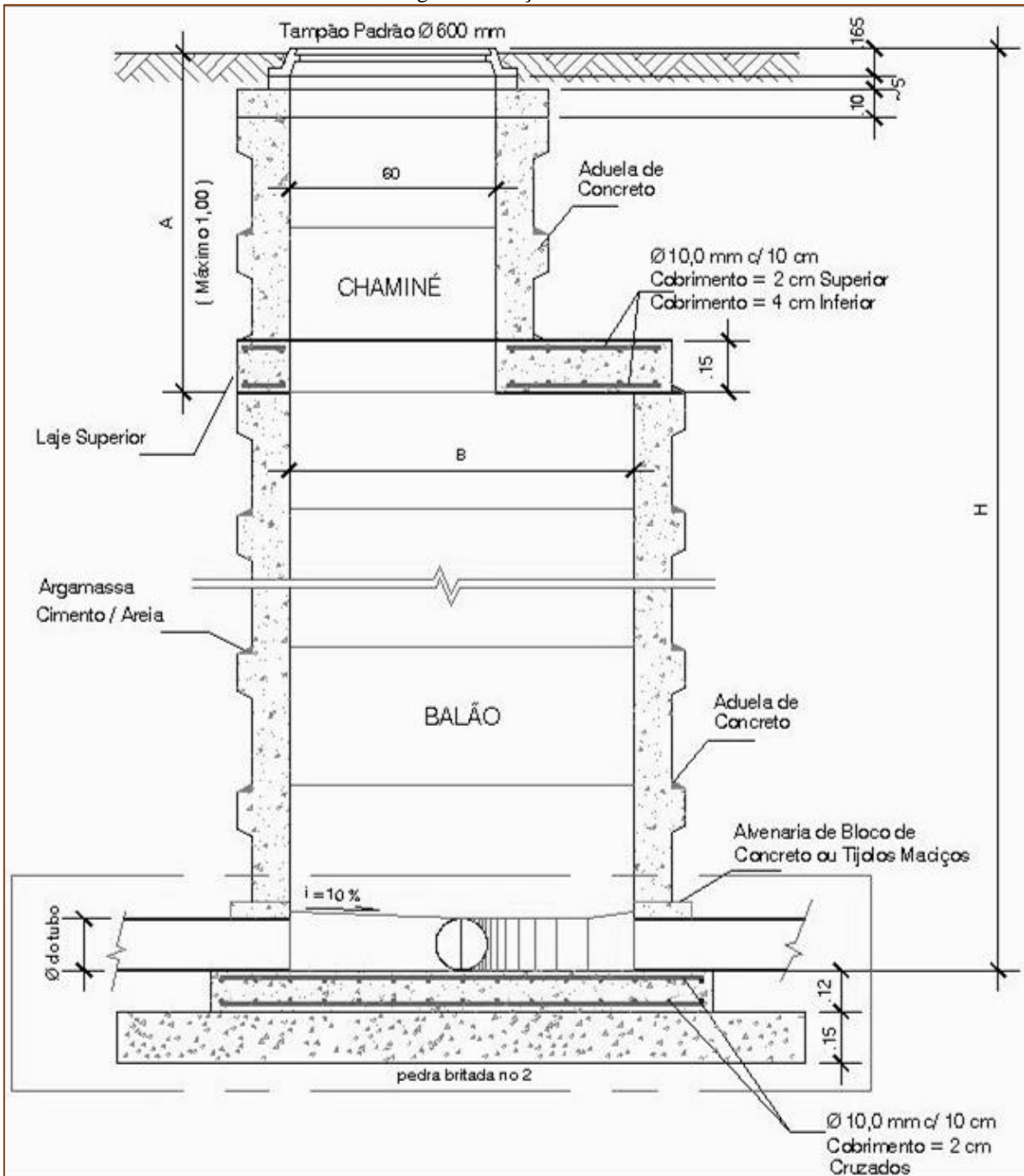
Trata-se de uma câmara que, através de uma abertura existente em sua parte superior, permite o acesso de pessoas e equipamentos para executar trabalhos de manutenção (Figura 1). Tradicionalmente, essas câmaras eram construídas em todos os pontos singulares da rede coletora. Atualmente, porém, nas cidades que dispõem de equipamentos adequados para a limpeza das redes de esgotos, o poço de visita (PV) pode ser substituído por poço de inspeção (PI), terminal de inspeção e limpeza (TL) ou caixas de passagem (CP). No entanto, o PV não pode ser substituído por outro órgão acessório nos seguintes casos:

- Na reunião de mais de dois trechos ao coletor;
- Na reunião que exige colocação de tubo de queda;
- Nas extremidades de sifões invertidos e passagens forçadas; e
- Em profundidades maiores que 3,0m.

O tubo de queda deve ser colocado no PV sempre que o coletor afluente apresentar degrau com altura maior ou igual a 0,70m (Figura 2).

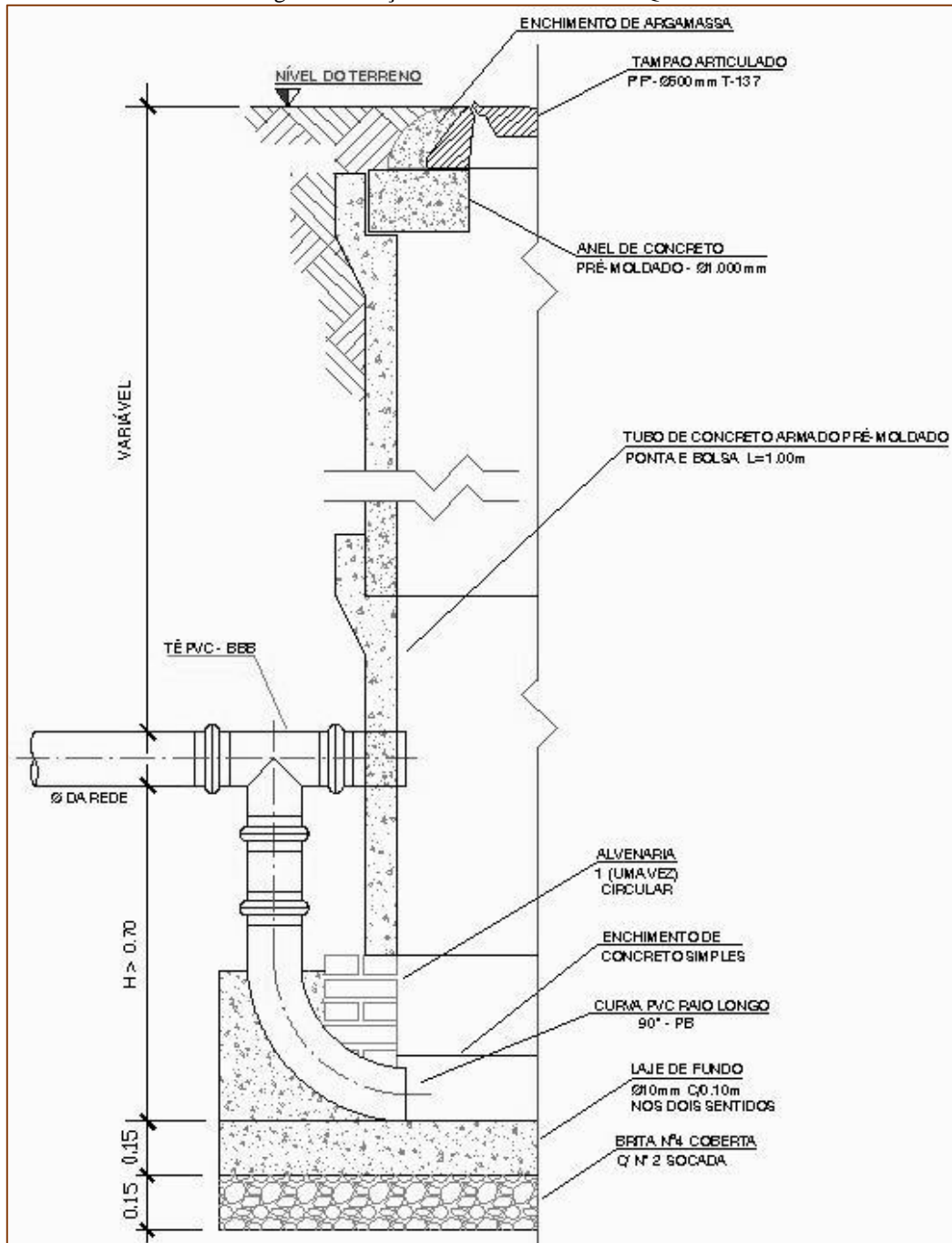


Figura 1 – Poço de Visita



Fonte: SANESUL

Figura 2 – Poço de Visita com Tubo de Queda



Fonte: SANESUL

Figura 03 – Finalização de instalação de Poço de Visita, com nivelamento ao nível do passeio e colocação da tampa metálica chumbada na alvenaria.



Fonte: [https://bakofengenharia.com.br/storage/memorial\\_produto/83fc4bbe55ac143a51b7d37035947ba6.pdf](https://bakofengenharia.com.br/storage/memorial_produto/83fc4bbe55ac143a51b7d37035947ba6.pdf)

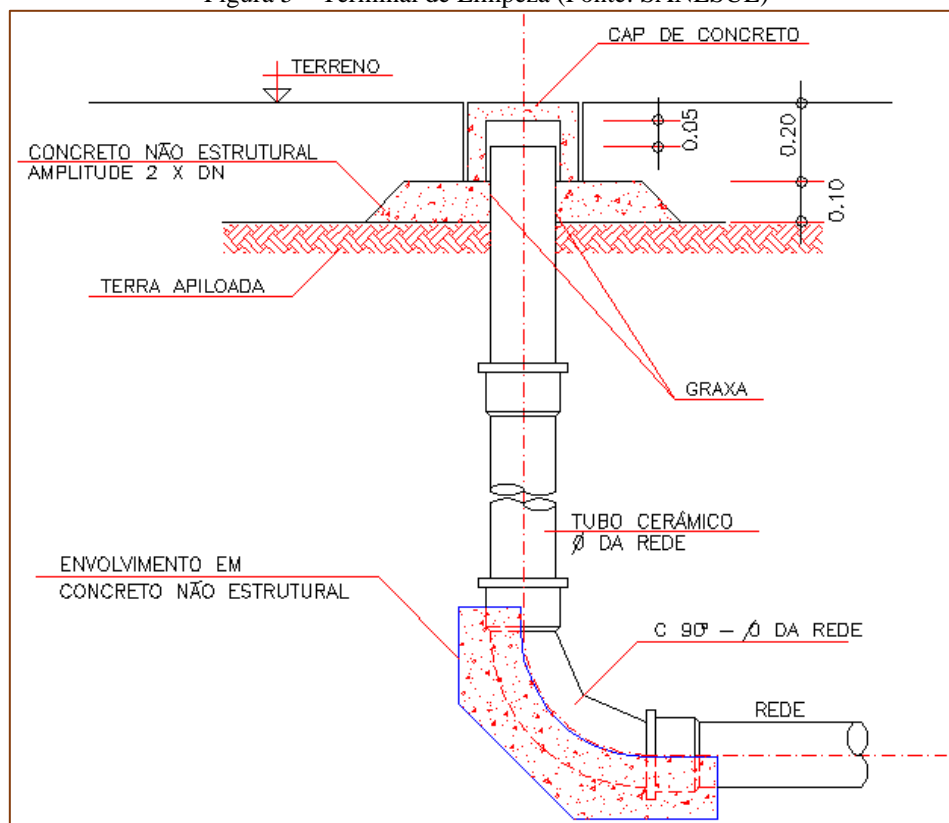
### 3.2.2 Poço de Inspeção (PI)

São semelhantes aos poços de visita; porém, seu diâmetro é constante, não havendo a parte chamada "balão" (Figura 4). Trata-se de um dispositivo não visitável que permite a inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Pode ser usado em substituição ao PV nos seguintes casos:

- Reunião de até dois trechos ao coletor (três entradas e uma saída);
- Nos pontos com degrau com altura inferior a 0,50m;
- A jusante de ligações prediais cujas contribuições podem acarretar problemas de manutenção tais como postos de gasolina, hotéis e hospitais.



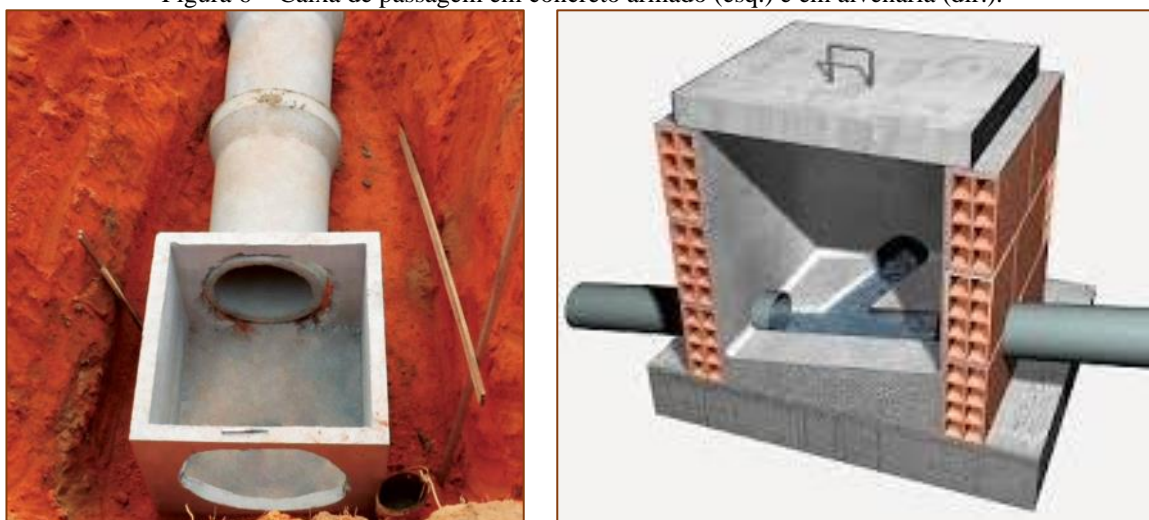
Figura 5 – Terminal de Limpeza (Fonte: SANESUL)



### 3.2.4 Caixa de passagem (CP)

Câmara (às vezes sem acesso) localizada em pontos singulares por necessidade construtiva e que permite a passagem de equipamento para limpeza do trecho a jusante (Figura 6). Pode ser utilizada em substituição ao PV nos casos em que houver mudança de direção, declividade, diâmetro e material.

Figura 6 – Caixa de passagem em concreto armado (esq.) e em alvenaria (dir.).



Fonte: <https://realfa.com.br/produto/caixas-de-concreto-armado/>  
<https://projetistaplano.com/detalhamento/caixa-de-inspecao/>

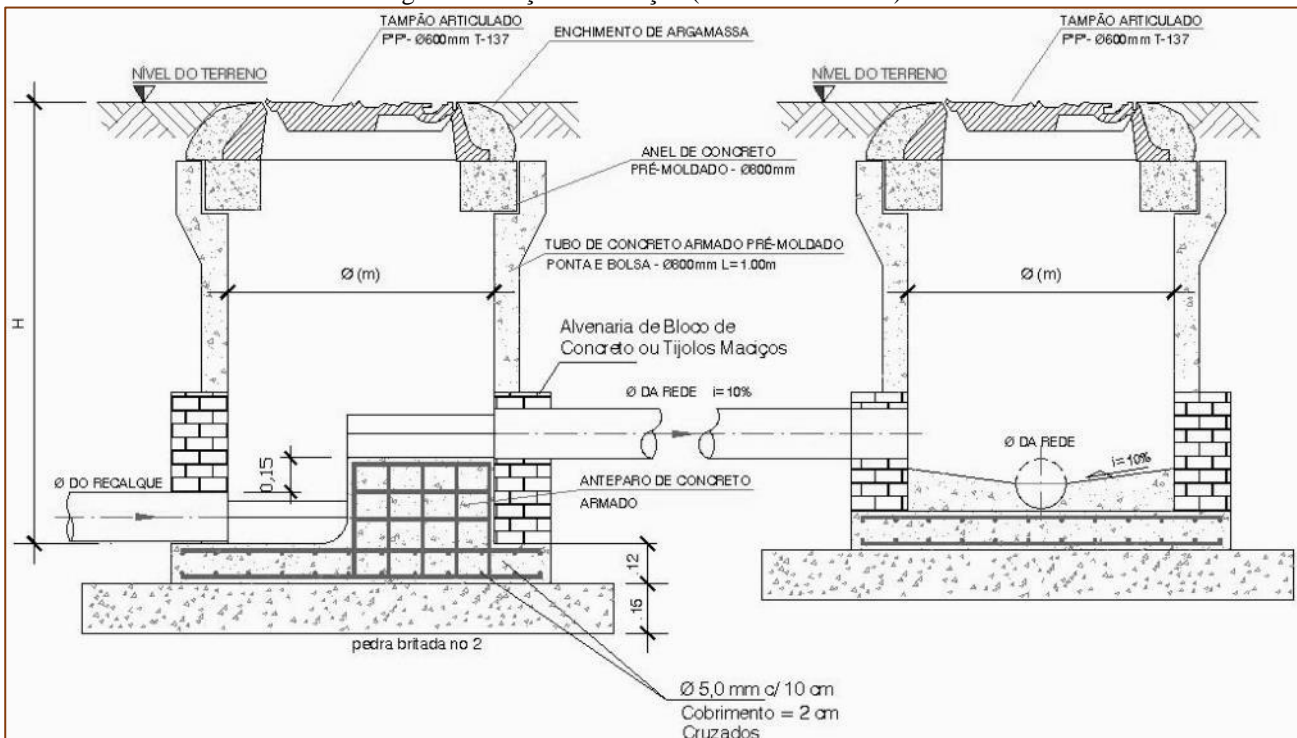




### 3.2.6 Poços de Transição (PV de Transição)

Um dispositivo projetado para receber esgoto de tubulações pressurizadas, como linhas de recalque, tem a função de transformar o fluxo sob pressão em escoamento livre dentro da rede coletora, através da dissipação de energia ao chocar-se contra um anteparo de concreto (Figura 9). Este dispositivo também minimiza a entrada de ar na tubulação de recalque, reduzindo o risco de cavitação no conjunto motobomba. Além disso, ele melhora a eficiência do sistema ao garantir uma transição suave entre diferentes tipos de escoamento.

Figura 9 – Poço de transição (Fonte: SANESUL).



### 3.2.7 Tubo de inspeção e limpeza em material flexível

Em determinadas situações, os PVs têm sido substituídos por terminais de inspeção e limpeza construídos em estruturas flexíveis (PVC, polietileno e polipropileno), necessitando apenas de ancoragem para sua instalação (Figura 10). Como características principais, têm-se a rápida instalação e a garantia da estanqueidade da tubulação, quando conectados a tubulações produzidas igualmente em materiais plásticos (PVC e PEAD), sendo uma alternativa para tubulações que transpassem regiões com altos níveis do lençol freático.

Embora esses materiais sejam valorizados por sua durabilidade, leveza e resistência à corrosão, existem alguns desafios e problemas potenciais associados ao seu uso, a destacar:

- a) **Expansão Térmica e Contração:** Podem sofrer expansão ou contração significativa devido a variações de temperatura. Isso pode levar a problemas de encaixe e vedação nas juntas, causando vazamentos ou desalinhamentos;
- b) **Resistência Química Limitada:** Embora sejam resistentes a muitos produtos químicos, ele pode ser afetado por certos solventes ou hidrocarbonetos. Isso é relevante em locais onde o esgoto pode conter esses tipos de substâncias;
- c) **Resistência ao Impacto:** Sob certas condições, especialmente em temperaturas baixas, pode se tornar mais frágil e suscetível a danos por impacto;
- d) **Dificuldades de Instalação:** A instalação de sistemas plásticos pode ser mais complexa em comparação com materiais tradicionais como concreto ou metal. Isso pode incluir a necessidade de equipamentos especializados para soldagem ou fusão das juntas, no caso do PEAD por exemplo;
- e) **Durabilidade sob Carga:** Embora sejam fortes, estes materiais podem não ter a mesma capacidade de suportar cargas pesadas como outros materiais. Isso pode ser uma consideração importante em áreas com tráfego intenso ou outras cargas pesadas no solo acima;
- f) **Problemas de Flutuação:** Em aplicações subterrâneas, especialmente em áreas com alto lençol freático, os materiais plásticos, devido à sua leveza, podem ter problemas de flutuação, exigindo ancoragem adicional para mantê-lo no lugar;
- g) **Degradabilidade à Ultravioleta:** A exposição prolongada à radiação ultravioleta pode degradar estes materiais, embora isso possa ser mitigado com a adição de estabilizadores UV durante o processo de fabricação; e
- h) **Custo:** Em alguns casos, sistemas de PEAD podem ser mais caros inicialmente do que alternativas de materiais como PVC ou concreto, embora possam oferecer uma vida útil mais longa e custos de manutenção mais baixos.

Figura 10 – Poço de inspeção em material plástico (esq.), e vista de um poço de inspeção (dir.).



Fonte: <https://asperbras.com/downloads/catalogo/CATALOGO%20SANEAMENTO%202023.pdf>

### 3.3 CONCEPÇÃO DA REDE DE ESGOTOS (ABNT NBR 9648/1986)

#### 3.3.1 Desenvolvimento da concepção nas diversas fases do projeto

Na fase do Estudo de concepção preliminar são desenvolvidas as seguintes atividades relativas ao SES:

- Estudo da população da área ou cidade e sua distribuição na área: delimitação em planta dos setores de densidades demográficas diferentes;
- Estabelecimento dos critérios para a previsão de vazões: quota de consumo por habitante, por dia; relação entre consumo de água e contribuição de esgotos; coeficientes do dia e hora de maior contribuição de esgotos; coeficientes do dia e hora de maior contribuição; vazão de infiltração;
- Estimativa das vazões dos grandes contribuintes: indústrias, hospitais, grandes edifícios em geral. Estes contribuintes devem ser localizados na planta da cidade, com o valor de sua vazão;
- Determinação, para cada setor de densidade demográfica, da sua vazão de esgotos específica, em litros por segundo por hectare, ou litros por segundo por metro de canalização;
- Divisão da cidade em bacias e sub-bacias de contribuição;
- Traçado e pré-dimensionamento dos coletores-troncos;

- Quantificação preliminar das quantidades de serviços que serão executados; para a rede de coletores, será feita uma pré-estimativa da extensão dos diversos diâmetros, com base nas vazões dos esgotos.

A apresentação desses trabalhos deve ser feita em:

- Memorial descritivo e justificativo, onde são reunidos todos os critérios de cálculo, descrição do sistema, cálculos hidráulicos etc.;
- Planta planialtimétrica da cidade em escala 1:5000 ou 1:1000 com curvas de nível de 5 em 5m, em que são desenhadas: a setorização das densidades demográficas, a divisão em bacias e sub-bacias de contribuição e o traçado dos coletores-troncos com seus diâmetros e extensões;
- Pré-estimativa das quantidades de serviços e custos.

A concepção da rede de coletores secundários é normalmente desenvolvida na fase de projeto propriamente dita e constitui-se, em resumo, no traçado da rede de coletores.

Para o estudo do traçado, há necessidade de planta topográfica planialtimétrica, em escala 1:2000 ou 1:1000, com nivelamento geométrico dos pontos onde devem ser projetados os órgãos acessórios.

As atividades que devem ser desenvolvidas são as seguintes:

- Delimitação, na planta em escala 1:2000 ou 1:1000., das bacias e sub-bacias de contribuição e dos setores de densidades demográficas diferentes;
- Localização dos órgãos acessórios da rede na planta, identificando-os por convenção adequada; e
- Localização da tubulação unindo os órgãos acessórios com a indicação do sentido de escoamento por uma seta no traçado da tubulação.

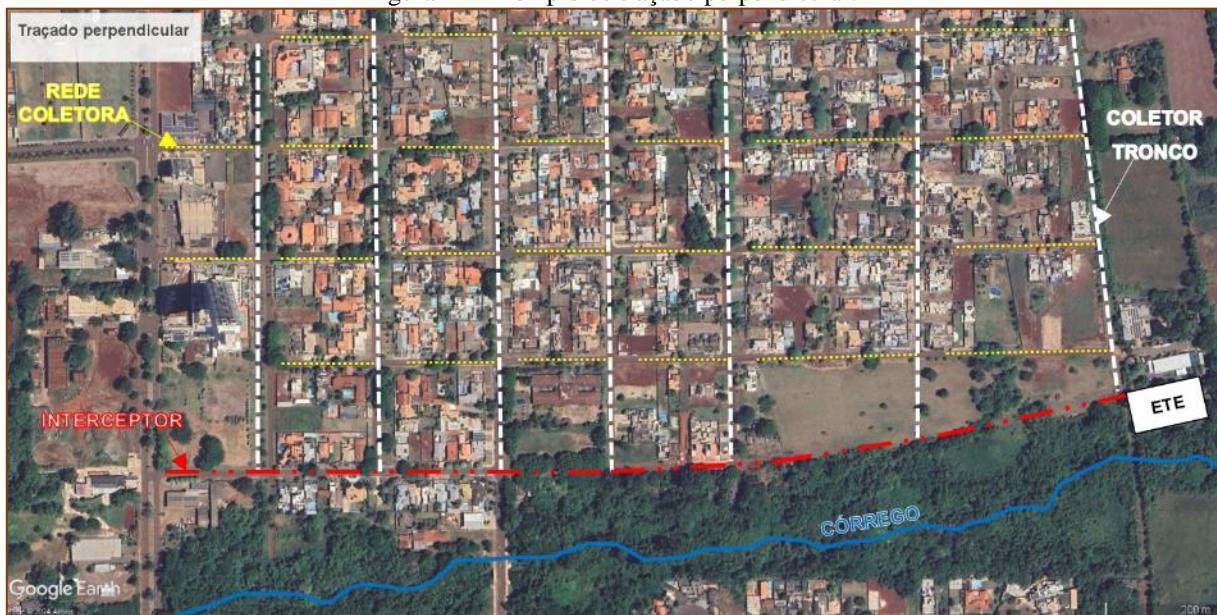
### **3.3.2 Tipos de redes**

O traçado da rede de esgotos está estreitamente relacionado à topografia da cidade, uma vez que o escoamento se processa de acordo com o caimento do terreno. Assim, podem-se ter os seguintes tipos de rede:



- Perpendicular:** O traçado é efetuado em cidades atravessadas ou circundadas por cursos de água, em regiões com topografia suavemente ondulada, como o município de Dourados/MS. A rede de esgoto compõe-se de vários coletores tronco independentes, com traçado praticamente perpendicular ao curso de água. Nesse traçado, é comum haver um interceptor marginal ao curso de água, recebendo as contribuições desses coletores (perpendiculares a ele) e levando os efluentes ao destino (Figura 11).

Figura 11- Exemplo de traçado perpendicular.



- Leque:** Os coletores principais irradiam a partir de um ponto central, típico em terrenos acidentados, como na cidade de São Paulo/SP. Este tipo de traçado é ideal para regiões com declives suaves, utilizando a gravidade para facilitar a coleta eficiente dos efluentes. É particularmente adequado para áreas urbanas planejadas, permitindo a centralização das operações de manutenção e monitoramento do sistema. O coletor tronco geralmente segue pelo fundo dos vales ou pelas partes mais baixas das bacias, recebendo as redes coletoras que se organizam em formato de leque ou lembrando uma “espinha de peixe” (Figura 12).

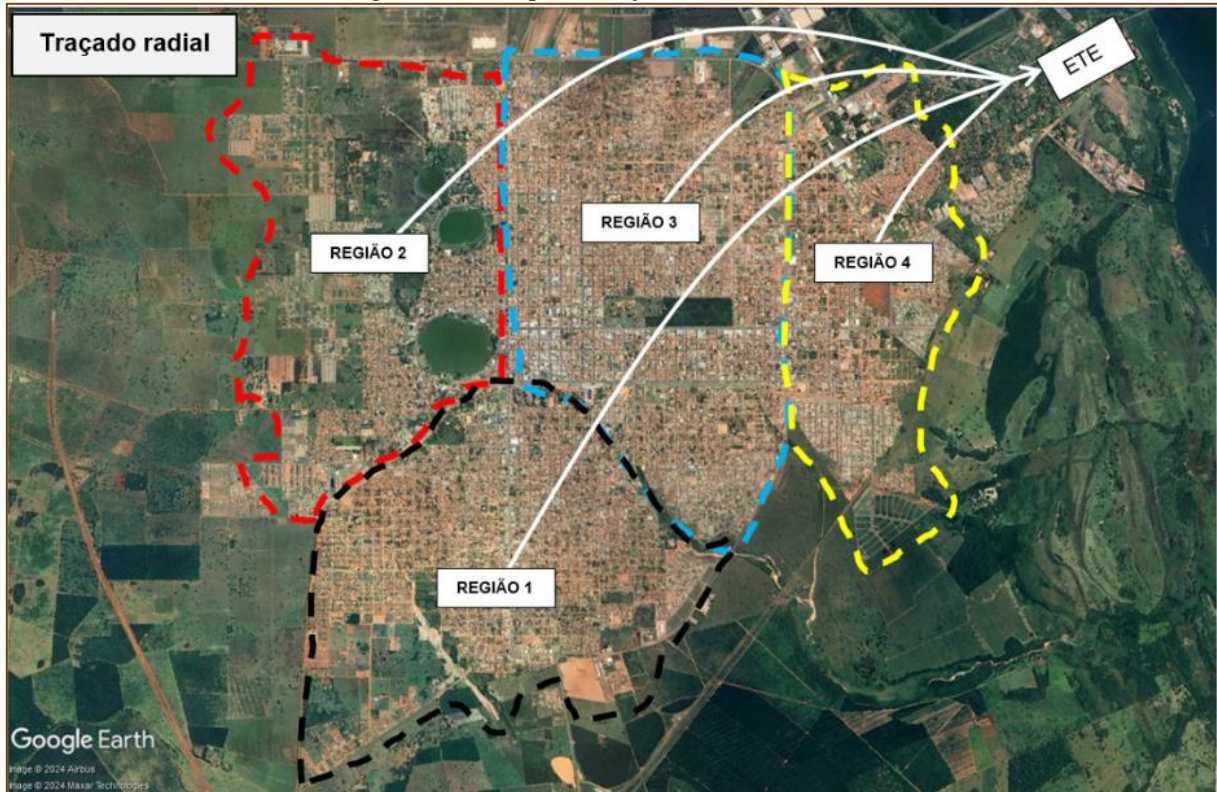
Figura 12- Exemplo de traçado em leque.



- **Radial ou Distrital:** é o traçado característico de cidades planas, como Três Lagoas/MS, a qual é dividida em distritos independentes com pontos baixos para onde os esgotos são direcionados. Dos pontos baixos, o esgoto é recalcado para distritos vizinhos, interceptores ou estações de tratamento. Este sistema facilita a coleta eficiente dos efluentes, permite flexibilidade na expansão urbana e centraliza a manutenção e monitoramento do sistema, embora exija um planejamento inicial detalhado e dependência dos pontos baixos para seu funcionamento eficiente (Figura 13).

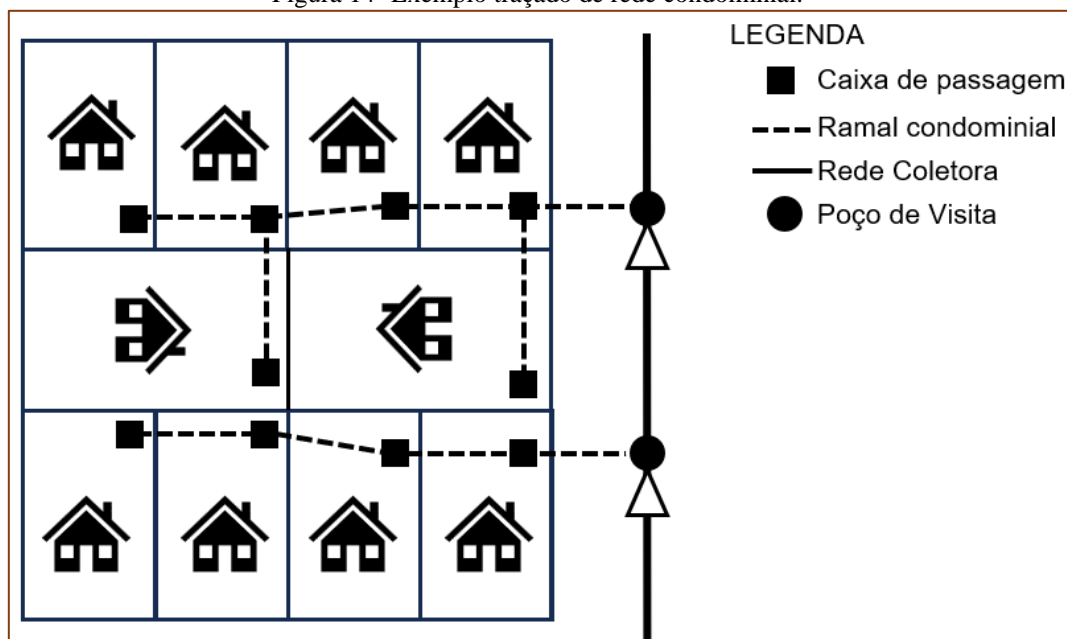


Figura 13- Exemplo de traçado radial ou distrital.



- **Rede Condominial:** conecta os lotes residenciais a um ramal específico, conhecido como ramal condominial, que, por sua vez, é ligado à rede coletora principal (Figura 14). Esses ramais são normalmente instalados a uma profundidade média de 0,60 m a 0,70 m e incluem caixas de passagem para facilitar a manutenção e a ligação dos ramais residenciais. A disposição dos ramais condominiais deve ser adaptada às características e necessidades de cada grupo atendido, podendo ser construídos ao longo do passeio ou nos fundos dos lotes (entre muros), conforme a conveniência dos usuários e da empresa de saneamento. Para que o sistema funcione corretamente, é fundamental que os usuários tenham uma conscientização ambiental em relação ao correto uso da rede de esgoto, a fim de evitar problemas operacionais, haja vista que a manutenção é intradomiciliar.

Figura 14- Exemplo traçado de rede condominial.



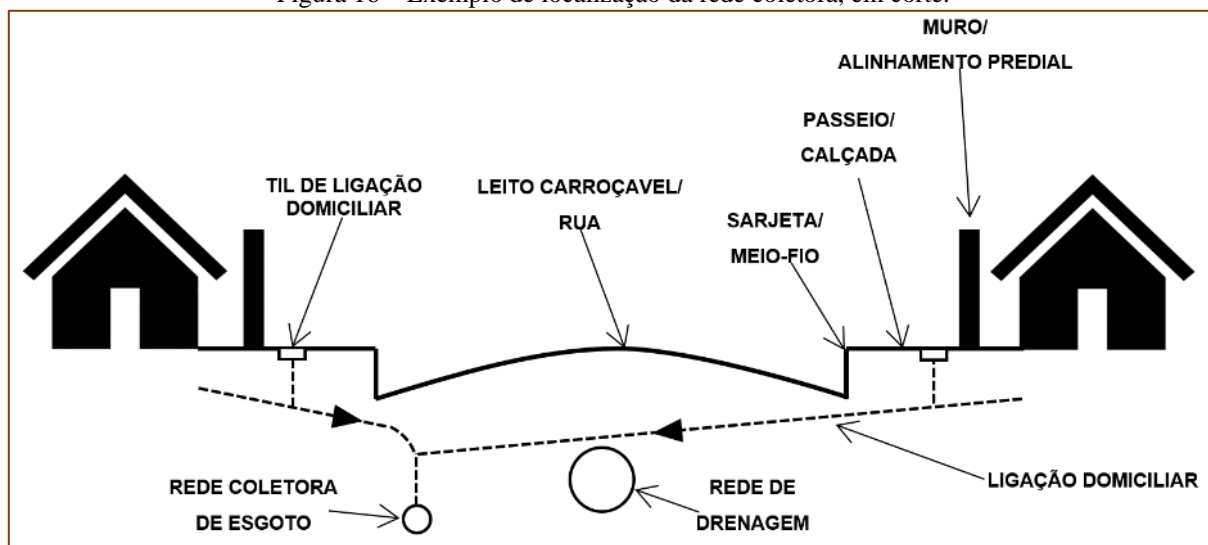
### 3.3.3 Localização da tubulação na via pública (ABNT NBR 12266)

A tubulação de esgotos será, preferencialmente, assentada no eixo do leito carroçável (rua). Porém, quando este for ocupado por galeria de águas pluviais, a rede será assentada ao 1/3 da largura entre o eixo e o meio fio, na porção mais favorável (terço inferior), conforme apresentado nas figuras 15 e 16.

Figura 15 – Exemplo de localização da rede coletora, em planta.



Figura 16 – Exemplo de localização da rede coletora, em corte.



Adicionalmente, existem casos em que a colocação de duas tubulações coletoras de esgotos na via pública, passando pelos passeios, é vantajosa. Isso ocorre quando fatores como ruas largas (superior a 15m), pavimentadas (superior a 10m), tráfego intenso, ou a presença de galerias de águas pluviais dificultam ou impedem as ligações prediais. Redes duplas podem ser necessárias para coletores muito grandes ( $\varnothing > 400\text{mm}$ ) ou profundos ( $> 4,0\text{m}$ ) que não recebem ligações prediais diretas.

Algumas companhias de saneamento pelo país têm adotado em novos projetos coletores públicos passando somente pela rua, em vez dos passeios/calçadas. As motivações incluem o acesso facilitado para manutenção, a maior velocidade de execução dos serviços de implantação, e a redução dos problemas à população durante a execução das obras ou em manutenções como desobstruções. Essa abordagem, alegam, minimiza interferências em áreas privadas e melhora a segurança e eficiência das operações.

Cabe ao projetista avaliar a melhor situação do local, considerando as características dos pavimentos, hábitos da população e outras especificidades para decidir a melhor alternativa de traçado dos coletores. É essencial analisar o impacto das obras, a facilidade de manutenção e a interferência nas atividades locais. Além disso, a disponibilidade orçamentária para a execução da rede deve ser levada em conta, garantindo um projeto viável e eficiente que atenda às necessidades da comunidade e ao planejamento urbano sustentável.

### 3.3.3.1 Locação no leito carroçável e passeio

Conforme preconizado pela NBR 17015:2023, tem-se que para as valas localizadas no leito carroçável da rua, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- a distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto, inclusive no caso dos ramais;
- nas redes simples, as tubulações devem ser localizadas em um dos terços laterais do leito, ficando a de esgoto no terço mais favorável às ligações prediais; e
- nas redes duplas, as tubulações devem ser localizadas o mais próximo possível dos meios-fios, uma em cada terço lateral do leito.

Para as valas localizadas nos passeios, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- o eixo das tubulações de esgoto deve ser localizado a uma distância mínima de 0,80 m do alinhamento dos lotes; e
- a separação mínima entre os eixos das redes de água e esgoto deve ser de 0,60 metros quando estão instaladas no mesmo nível. Em situações em que há sobreposição, a rede de água deve ser posicionada acima da rede de esgoto, garantindo que a parte inferior da tubulação de água esteja a pelo menos 0,20 metros acima da parte superior da tubulação de esgoto.

As recomendações anteriores devem ser estendidas também para a execução dos ramais de esgoto. No caso de redes simples, estas devem ser localizadas no terço mais favorável do pavimento. Instruções normativas das companhias de saneamento podem ser mais restritivas que as recomendações de norma.

## 3.3.4 Demais fatores intervenientes ao projeto de coletores

### 3.3.4.1 Planos diretores de urbanização e saneamento

Os planos diretores de urbanização e saneamento são instrumentos fundamentais para o planejamento e desenvolvimento sustentável das cidades. Eles estabelecem diretrizes e estratégias para o uso do solo, infraestrutura urbana e serviços de saneamento, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. Esses planos visam ordenar o crescimento urbano, melhorar a qualidade de vida da população, preservar recursos naturais e garantir a universalização dos serviços de saneamento, promovendo a saúde pública e a proteção ambiental.



#### 3.3.4.2 Interferências

O levantamento de interferências é uma etapa essencial no projeto de coletores de esgoto, pois identifica obstáculos que podem afetar a instalação das tubulações, como redes de água, gás, eletricidade, telecomunicações e outras infraestruturas subterrâneas. Esse levantamento detalhado permite ajustar o traçado dos coletores, evitando/minimizando conflitos e garantindo a segurança e eficiência do sistema. A consideração dessas interferências minimiza riscos de danos durante a construção e operação, além de reduzir custos e atrasos associados a imprevistos no canteiro de obras.

#### 3.3.4.3 Solo e Estruturas

O levantamento do tipo de solo, estruturas e sondagem é uma fase crucial no projeto de coletores de esgoto, pois define as características geotécnicas e a viabilidade técnica do traçado das tubulações. A análise do solo inclui a identificação de sua composição, resistência e capacidade de suporte, o que influencia diretamente a escolha dos materiais e métodos de construção. A sondagem geotécnica fornece dados detalhados sobre a profundidade e as condições do subsolo, ajudando a evitar problemas como assentamentos, deslizamentos e infiltrações. Este levantamento assegura a durabilidade e a segurança do sistema de esgoto, minimizando riscos durante a execução e a operação.

As características de suporte do solo, bem como a existência de rochas, relevo acidentado etc., podem definir soluções ou inviabilizar propostas. Uma boa amostragem com sondagens de terreno no local de futura implementação do projeto é de fundamental importância para a caracterização e quantificação dos serviços e traçado a ser definido no projeto dos coletores.



### 4.1 VAZÃO DE ESGOTO

O sistema de esgotamento mais utilizado no país é o do tipo separador absoluto. Esse sistema deve prever o acesso à rede coletora dos seguintes tipos de líquidos residuários, que são denominados esgoto sanitário:

- esgoto doméstico;
- águas de infiltração; e
- resíduos líquidos industriais.

#### 4.1.1 Esgoto doméstico

O esgoto doméstico é composto principalmente pelos resíduos líquidos provenientes das atividades diárias das residências, como uso de banheiros, cozinhas e lavanderias. Ele inclui águas residuais de banhos, descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas e louças, e outras atividades domésticas. Este tipo de esgoto contém matéria orgânica, nutrientes, detergentes e microrganismos, necessitando de tratamento adequado para evitar a contaminação dos corpos d'água e garantir a saúde pública. A contribuição de esgotos depende dos seguintes fatores:

- População da área de projeto, para início e final de plano;
- Contribuição per capita;
- Coeficiente de retorno esgoto/água; e
- Coeficiente de variação de vazão.

##### 4.1.1.1 População da área de projeto

A população de projeto é um elemento crucial na definição das diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de redes coletoras de esgoto. Ela representa a estimativa do número de habitantes que serão atendidos pela infraestrutura planejada ao longo do período de projeto, geralmente de 20 a 30 anos. A determinação da população de projeto envolve a análise de dados demográficos históricos, projeções de crescimento populacional, migrações e a urbanização da área de interesse.

Os dados dos censos brasileiros são disponibilizados no site do IBGE. Até o fechamento desta edição do livro, os dados estratificados do Censo 2022 em população Urbana e Rural dos municípios brasileiros ainda não haviam sido disponibilizados pelo IBGE. As informações dos demais censos populacionais podem ser obtidos no site do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), acessível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>.

Um vídeo tutorial para obtenção da população urbana e rural dos municípios brasileiros no sistema SIDRA está disponível em:

[https://www.youtube.com/watch?v=p5FmlX6g\\_jo&ab\\_channel=MapaseGeomarketing](https://www.youtube.com/watch?v=p5FmlX6g_jo&ab_channel=MapaseGeomarketing).

Para tutorial sobre a realização de pesquisas de dados do Censo 2022 no mesmo sistema acesse: [https://www.youtube.com/watch?v=aEQB9djNnkM&ab\\_channel=MapaseGeomarketing](https://www.youtube.com/watch?v=aEQB9djNnkM&ab_channel=MapaseGeomarketing).

Essa etapa é fundamental para dimensionar adequadamente as tubulações e garantir a eficiência e a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo. Os métodos de projeção populacional mais comumente utilizados em projetos de rede coletora são:

- Aritmético;
- Geométrico;
- Comparação;
- Extrapolação Gráfica; e
- Curva logística; Regressão etc.

#### **4.1.1.1 Densidade Populacional**

A densidade populacional específica "onde" está a população prevista na projeção populacional, distribuída pela área de projeto. Este fator é crucial para entender a distribuição espacial da população e assegurar que a infraestrutura de saneamento seja projetada de forma eficiente e sustentável. A consulta ao zoneamento estabelecido nos Plano Diretores Municipais é etapa precípua nesta tarefa.

A correta identificação da densidade populacional permite a melhor acurácia na determinação do traçado das redes coletoras, delineando as áreas de maior demanda. Assim, a combinação da projeção populacional (quanto) com a densidade demográfica (onde) garantirá o dimensionamento adequado dos coletores, minimizando a possibilidade de sub ou superdimensionamentos. A seguir apresentam-se algumas recomendações da SABESP referentes a densidade demográfica na região metropolitana de São Paulo (Tabela 01).

Tabela 01 – Densidade demográfica recomendadas pela SABESP.

<b>Características urbanas do bairro</b>	<b>Densidade demográfica de saturação (hab./ha)</b>
Bairros residenciais de luxo (lote padrão de 800m <sup>2</sup> )	100
Bairros residenciais médios (lote padrão de 450m <sup>2</sup> )	120
Bairros residenciais populares (lote padrão de 250m <sup>2</sup> )	150
Bairro misto residencial-comercial (predominância de prédios com 3 e 4 pavimentos)	300
Bairro residencial da zona central (predominância de prédios com 10 a 12 pavimentos)	450

Bairros mistos residencial-comercial-industrial da zona urbana (predominância de comércio e indústrias artesanais leves)	600
Bairro comercial da zona central (predominância de edifícios de escritórios)	1.000

Fonte: Adaptado de AZEVEDO NETO (2015).

A média de moradores por domicílio também é um indicador importante na análise de demandas de infraestrutura de saneamento na determinação da população de projeto. A Tabela 02 apresenta a média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados nas diferentes regiões do Brasil (IBGE, 2022).

Tabela 02 – Média de pessoas/economia nas regiões do Brasil.

<b>Brasil, Grande Região e Unidade da Federação</b>	<b>Média de moradores em domicílios particulares permanentes ocupados (Pessoas)</b>
Brasil	2,79
Norte	3,3
Nordeste	2,9
Sudeste	2,69
Sul	2,64
Centro-Oeste	2,78

Fonte: IBGE (2022).

#### 4.1.1.2 Contribuição per capita (consumo efetivo)

A contribuição de esgotos depende normalmente do abastecimento de água e tem relação direta com o valor aduzido. Deve-se, porém, considerar o consumo efetivo de água, não incluindo as perdas, sendo por este motivo adotado um coeficiente de retorno. O consumo médio de água no Brasil é da ordem 148,2 litros por habitante ao dia (SINISA, 2022), variando bastante de região para região. Fatores como clima, demografia, desenvolvimento industrial, hábitos culturais, hidrometração e tarifação, turismo, renda *per capita*, disponibilidade hídrica etc. influenciam diretamente nesse valor.

Estes dados, fidedignos à área de projeto, podem ser obtidos junto ao serviço de água e esgoto da localidade, ou no sítio do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), em [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua\\_esgoto/mapa-agua](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua). A seguir apresenta-se alguns exemplos de valores de consumo efetivo de água pelo país, com base nos dados do SINISA (2022) (Tabela 03).

Tabela 03 – Valores de consumo efetivo de água, *per capita*, de alguns municípios brasileiros.

Cidade/Estado	Região	População (habitantes)	Consumo efetivo de água per capita (L/dia)
Dourados/MS	Centro-Oeste	243 mil	158
Primavera do Leste/MT	Centro-Oeste	85 mil	148
Salvador/BA	Nordeste	2,4 milhão	126
Canindé/CE	Nordeste	74 mil	89
Atalaia do Norte/AM	Norte	15 mil	200
Belém/PA	Norte	1,3 milhão	141
Colatina/ES	Sudeste	120 mil	162
Bauru/SP	Sudeste	379 mil	208
Gramado/RS	Sul	40 mil	317
Tibagi/PR	Sul	203 mil	101

#### 4.1.1.3 Coeficiente de retorno

É um parâmetro importante que mede a relação entre o volume de esgotos coletados e o volume de água fornecido à população. Este coeficiente indica a fração da água consumida que efetivamente retorna ao sistema de esgoto. Enquanto parte significativa da água fornecida é utilizada para consumo direto e atividades domésticas, como a lavagem de calçadas, ruas e a rega de jardins, apenas uma porção retorna como esgoto. Essa métrica é essencial para dimensionar corretamente os sistemas de coleta e tratamento de esgoto, garantindo eficiência e sustentabilidade no gerenciamento dos recursos hídricos. O entendimento do coeficiente de retorno ajuda a planejar infraestrutura adequada e a prever a capacidade necessária dos coletores e interceptores para atender as demandas presente e futura da população.

Este situa-se na faixa de 0,6 a 0,9, dependendo de fatores intervenientes locais. Em áreas residenciais com muitos jardins, por exemplo, os valores do coeficiente de retorno são menores devido ao uso significativo de água para irrigação que não retorna ao sistema de esgoto. Em contrapartida, em áreas densamente povoadas, os valores tendem a ser mais elevados, pois a maior parte da água consumida retorna ao esgoto através do uso doméstico típico.

A norma ABNT NBR – 9649 recomenda o valor de 0,8 na falta de valores obtidos em campo.

#### 4.1.1.4 Coeficientes de variação de vazão:

Os coeficientes de variação de vazão são parâmetros fundamentais no dimensionamento de sistemas de esgoto, pois refletem as flutuações diárias e sazonais no volume de efluentes gerados por uma população. Esses coeficientes permitem ajustar as estimativas de vazão média para considerar picos de demanda e períodos de baixa utilização. Em projetos de redes coletoras, os coeficientes são usados para garantir que o sistema tenha capacidade adequada para lidar com variações extremas, evitando problemas de sobrecarga ou subutilização, e assegurando a eficiência e a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo, sendo eles:

- $K_1$  coeficiente de máxima vazão diária: é a relação entre o maior consumo diário verificado no ano e a vazão média diária
- $K_2$  coeficiente de máxima vazão horária: é a relação entre a máxima vazão horária e a média horária.
- $K_3$  coeficiente de mínima vazão horária: é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

A norma NBR – 9649 recomenda os valores de  $k_1=1,2$ ,  $k_2=1,5$  e  $k_3=0,5$  na falta de valores obtidos em campo.

#### 4.1.1.5 Infiltrações

São contribuições nas redes de esgotos, originárias do subsolo, ou serem advindas de encaminhamento acidental/clandestino de águas pluviais (contribuição pluvial parasitária). Para fins de projeto, a ABNT NBR 9649/1986 recomenda que apenas a infiltração proveniente do subsolo seja considerada nos cálculos dimensionais, tendo em vista que os coletores de esgoto no Brasil são dimensionados pelos preceitos do sistema de separador absoluto.

Deve-se ter muito critério para a seleção desses valores, uma vez que dependendo das características do terreno, e da extensão dos coletores, a vazão referente a porção de infiltração, pode superar, e em muito, as porções de esgoto doméstico e industrial. As taxas de infiltração dependem:

- Do material empregado;
- Do assentamento da tubulação;
- Das características do solo;
- Do nível do lençol freático; e
- Quantidade e extensão das ligações prediais.

Modernamente, com o emprego de tubulações de material plástico nos sistemas, em especial PVC e PEAD, os valores de infiltração tendem a diminuir. Bruno e Tsutiya (1983) recomendam para coletores acima do lençol freático o valor de  $0,20 \text{ L/s x km}$  e situados abaixo do lençol freático  $0,10 \text{ L/s x km}$ . A norma indica valores variando de  $0,05$  a  $1,0 \text{ L/s x km}$ .

## 4.2 DESPEJOS INDUSTRIAIS

Os despejos industriais são os resíduos líquidos gerados por atividades industriais e comerciais. Estes despejos podem conter substâncias químicas e poluentes específicos, necessitando de um pré-tratamento adequado antes de serem lançados na rede coletora de esgoto doméstico. A Resolução Conama n. 430/2011, juntamente com resoluções estaduais e municipais pertinentes, estabelece os padrões de lançamento de efluentes, garantindo que os despejos industriais tratados estejam dentro dos limites aceitáveis para não comprometerem a eficiência das estações de tratamento de esgoto e a qualidade ambiental.

Não se deve permitir o lançamento in natura no coletor público de despejos industriais que:

- Sejam nocivos à saúde ou prejudiciais à segurança dos trabalhos da rede;
- Interfiram em qualquer sistema de tratamento;
- Obstruam tubulações e equipamentos;
- Ataquem as tubulações, afetando a resistência ou durabilidade de suas estruturas; e
- Apresentem temperatura superior à 45°C.

## 4.3 CÁLCULO DAS VAZÕES E TAXAS DE CONTRIBUIÇÃO LINEAR

Quando não existem medições de vazão utilizáveis no projeto:

- Para início de plano:  $Q_i = k_2 \cdot \bar{Q}_i + I_i + \sum Q_{ci}$
- Para fim de plano:  $Q_f = k_2 \cdot k_1 \cdot \bar{Q}_f + I_f + \sum Q_{cf}$

Onde:  $Q_i, Q_f$  = vazão máxima inicial e final de esgoto sanitário, L/s;

$K_1$  = coeficiente de máxima vazão diária;

$K_2$  = coeficiente de máxima vazão horária;

$I_i, I_f$  = contribuição de infiltração inicial e final, L/s;

$Q_{ci}, Q_{cf}$  = contribuição pontual inicial e final, L/s;

$\bar{Q}_i$  = contribuição média inicial de esgoto doméstico, L/s;  $\rightarrow \bar{Q}_i = \frac{C \cdot P_i \cdot q_i}{86400}$

$\bar{Q}_f$  = contribuição média final de esgoto doméstico, L/s;  $\rightarrow \bar{Q}_f = \frac{C \cdot P_f \cdot q_f}{86400}$

$C$  = coeficiente de retorno;

$P_i, P_f$  = população inicial e final, hab.;

$q_i, q_f$  = consumo de água efetivo per capita inicial e final, (L/hab x dia).

**IMPORTANTE:** As contribuições singulares provêm de indústrias, hospitais, escolas, quartéis etc., e ainda de áreas de expansão previstas no projeto. Quando essas vazões ultrapassarem a metade da vazão normal de dimensionamento do trecho serão consideradas descargas concentradas.

No dimensionamento de redes de esgoto sanitário no Brasil, utiliza-se como uma ferramenta de simplificação dos cálculos o conceito de taxa de contribuição linear ( $T_x$ ). Ela é calculada pela divisão da vazão de esgoto sanitário da área atendida pelo comprimento total da rede na área de projeto. Esta taxa representa a quantidade de esgoto gerado por metro de rede, facilitando a estimativa da vazão total em qualquer segmento desta. Com base nessa taxa, é possível determinar o diâmetro adequado e a declividade necessária para cada trecho da rede, garantindo a manutenção dos critérios de autolimpeza e controle da lâmina máxima de escoamento.

- Para início de plano:  $Tx_i = Q_i/L_i$
- Para fim de plano:  $Tx_f = Q_f/L_f$

Onde:  $Tx_i$ ,  $Tx_f$ = Taxa de contribuição linear inicial e final, L/s.m;

$L_i$ ,  $L_f$ = Comprimento total de rede coletora inicial e final na área de projeto, m.

#### 4.4 CRITÉRIOS HIDRÁULICOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ESGOTO

O projeto hidráulico-sanitário das tubulações de esgoto envolve considerações sobre três aspectos principais:

- Hidráulicos: as tubulações funcionando como condutos livres deverão transportar as vazões máximas e mínimas previstas no projeto; e
- Deposição de materiais sólidos encontrados nos esgotos – ação de autolimpeza.

##### 4.4.1 Critérios de Autolimpeza

###### 4.4.1.1 Velocidade de autolimpeza

A vazão do esgoto é variável com o tempo, assim como a lâmina e a velocidade na tubulação. Nos períodos de menor contribuição, materiais sólidos podem ser depositados na tubulação, por este motivo deve-se assegurar uma velocidade mínima que propicie a autolimpeza nas horas de maior contribuição.



A norma recomenda que para velocidade inicial variando entre 0,50 e 0,60m/s, a relação  $y_0/D$  deverá ser superior a 20%, sendo  $y$  a lâmina correspondente à vazão de dimensionamento para início de plano. Para velocidades acima de 0,60m/s podem ser tolerados enchimentos menores que 20%.

#### 4.4.1.2 Tensão trativa

A tensão trativa é definida com uma tensão tangencial exercida sobre a parede do conduto pelo líquido escoado.

Tensão trativa crítica é definida como uma tensão mínima necessária para o início do movimento das partículas depositadas nas tubulações de esgoto.

Para determinação da tensão trativa temos:

$$\sigma = \gamma \cdot R_h \cdot I$$

Onde:  $\sigma$  = tensão trativa média, em N/m<sup>2</sup> ou Pa;

$\gamma$  = peso específico do líquido, 10<sup>4</sup> N/m<sup>3</sup> para o esgoto;

$R_h$  = raio hidráulico, m

$I$  = declividade da tubulação, m/m

**Nota:**  $\sigma = 10.000 \left( \frac{N}{m^3} \right) \times R_h (m) \times I \left( \frac{m}{m} \right) \geq 1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa$ . Para obtenção da tensão trativa em Pascal (Pa), considera-se 1 kgf/m<sup>2</sup>  $\approx$  10 N/m<sup>2</sup> = 10 Pa.

A declividade mínima poderá ser obtida pela aplicação da fórmula aproximada:

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47}, \text{ com } Q_i \text{ em L/s e } I_{\min} \text{ em m/m.}$$

A norma recomenda que deva ser verificado pelo critério de tensão trativa média de valor mínimo  $\sigma_t = 1,0$  Pa, calculada para vazão inicial ( $Q_i$ ), nunca inferior a 1,5 L/s (vazão referente a uma descarga típica), para coeficiente de Manning  $n=0,013$  (para simulação de condições de deterioração na tubulação). Para tubulações plásticas, como PVC ou PEAD, a critério do projetista e/ou do titular dos serviços de saneamento local, o coeficiente de Manning a ser adotado pode ser da ordem de  $n=0,010$  (ABNT NBR 7367/1988).

Para o dimensionamento de interceptores de pequenos diâmetros, seguem-se os mesmos preceitos da ABNT NBR 9649:1986. Já para interceptores de grandes dimensões, a normatização é dada pela ABNT NBR 12207:2016. Essas tubulações se caracterizam pela defasagem das contribuições, resultando num efeito de amortecimento das vazões máximas. Nela, a recomendação no caso de lançamento de contribuição de tempo seco ao interceptor, o valor mínimo de tensão trativa média deve ser de 1,5 Pa para a vazão inicial ( $Q_i$ ) e coeficiente de Manning  $n=0,013$  (para valores diferentes de  $n$ , os valores de arraste e declividade mínima a serem adotados devem ser justificados no projeto). O traçado deve ser constituído por trechos retilíneos, em planta e perfil. A declividade mínima poderá ser obtida pela aplicação da fórmula aproximada:

$$I_{\min} = 0,00035.Q_i^{-0,47}, \text{ com } Q_i \text{ em L/s.}$$

**ATENÇÃO:** Nos interceptores de grandes dimensões deve-se avaliar o seu comportamento hidráulico para as condições de contribuição de horizonte de projeto, acrescidas da vazão de contribuição pluvial parasitária. Deve-se considerar o efeito de amortecimento das vazões em decorrência das variações no regime de escoamento e das sucessivas defasagens das contribuições dos coletores tronco. Requisitos específicos e projeto devem ser observados na ABNT NBR 12207:2016.

#### **4.4.2 Dimensionamento hidráulico**

##### **4.4.2.1 Vazão mínima**

Quando não existirem dados pesquisados e comprovados com validade estatística, a vazão mínima a ser considerada em qualquer trecho de um sistema de esgoto sanitário deve ser de 1,5 L/s, correspondente a uma descarga. Este valor é estabelecido para garantir que o sistema opere eficientemente mesmo em condições de baixo fluxo, prevenindo a sedimentação de sólidos e mantendo a autolimpeza das tubulações.

##### **4.4.2.2 Diâmetro mínimo**

Embora a NBR 9649/1986 (ABNT, 1986) recomende um diâmetro nominal mínimo de 100 mm, as operadoras de sistemas de esgotamento sanitário (SES) têm adotado, em novos coletores públicos, um diâmetro de 150 mm. Essa prática se deve à maior facilidade de manutenção, à redução na incidência de obstruções e à maior capacidade de carga que um diâmetro maior proporciona (CAESB, 1997; CEDAE, 2016; CORSAN, 2016; SABESP, 2020; COMPESA, 2020; SANESUL, 2022).

#### 4.4.2.3 Declividade mínima

A declividade mínima ( $I_{\min}$ ) a ser adotada em sistemas de esgoto sanitário deve ser tal que proporcione uma tensão trativa média não inferior a 1,0 Pa, calculada para a vazão de início de plano ( $Q_i$ ). Esta exigência garante que a força do fluxo seja suficiente para transportar os sólidos presentes no esgoto até a ETE, prevenindo a sedimentação e a obstrução da tubulação. A declividade mínima que satisfaz essa condição, considerando coeficiente de Manning  $n=0,013$  se dá por:

$$I_{\min} = 0,0055.Q_i^{-0,47}, \text{ sendo } I_{\min} \text{ em m/m e } Q_i \text{ em L/s}$$

#### 4.4.2.4 Declividade máxima

A declividade máxima admissível ( $I_{\max}$ ) em sistemas de esgoto sanitário é aquela que resulta em uma velocidade final ( $V_f$ ) de 5 m/s para a vazão final no final do plano ( $Q_f$ ). Essa limitação é crucial não apenas para garantir a eficiência do fluxo, mas também para proteger a integridade estrutural da tubulação. Velocidades excessivamente altas podem causar erosão da parede interna, desgaste acelerado dos materiais e possíveis rupturas, além de gerar forças turbulentas que afetam negativamente as conexões e os suportes da tubulação. Deste modo, promove-se a durabilidade e a segurança da infraestrutura do sistema de coleta e transporte, prevenindo/minimizando problemas operacionais e prolongando a vida útil do sistema. Esta pode ser obtida pela seguinte expressão (para  $n=0,013$ ):

$$I_{\max} = 4,65.Q_f^{-2/3}, \text{ sendo } Q_f \text{ em L/s}$$

#### 4.4.2.5 Velocidade máxima

Quando a velocidade final ( $V_f$ ) é superior à velocidade crítica ( $V_c$ ), a maior lâmina admissível deve ser de 50% do diâmetro do coletor. Essa medida garante a ventilação adequada do trecho, permitindo que o ar circule na parte superior da tubulação e prevenindo a formação de condições anaeróbicas que poderiam levar à geração de gases corrosivos e odores desagradáveis. Assegura-se também que o sistema de esgoto funcione de maneira eficiente, mantendo a integridade estrutural da tubulação e promovendo um fluxo estável e seguro. Essa prática é fundamental para evitar problemas operacionais e prolongar a vida útil dos coletores. A velocidade crítica é definida por:

$$V_c = 6.\sqrt{g.R_h}$$

#### 4.4.2.6 Lâmina mínima

É recomendável que a lâmina mínima de escoamento em tubulações de esgoto sanitário seja de, pelo menos, 20% do diâmetro da tubulação. Esta recomendação tem como objetivo garantir que o fluxo de esgoto seja mantido a uma velocidade adequada para evitar a deposição de sólidos e minimizar a formação de gases nocivos. Manter uma lâmina mínima adequada assegura que a tubulação funcione de maneira eficiente, reduzindo o risco de entupimentos e facilitando a autolimpeza do sistema.

#### 4.4.2.7 Lâmina máxima

Para a vazão de final de plano, é importante que a lâmina de escoamento não ultrapasse 75% do diâmetro do coletor. Essa recomendação visa garantir que haja uma margem de segurança suficiente para acomodar variações no fluxo, prevenindo transbordamentos e garantindo a eficiência do sistema de esgoto. Manter a lâmina abaixo de 75% do diâmetro também permite a passagem de ar na parte superior da tubulação, o que ajuda a reduzir a pressão e minimizar problemas de ventilação. Esse controle é essencial para a operação adequada e a durabilidade da infraestrutura de saneamento, assegurando que os coletores possam lidar com picos de vazão sem comprometer a integridade do sistema.

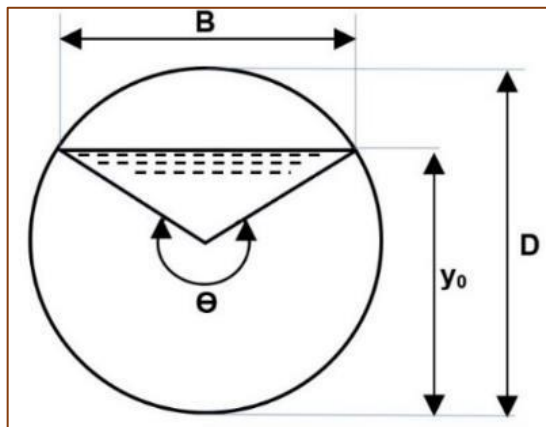
#### 4.4.2.8 Equações Básicas

O equacionamento básico no dimensionamento de condutos de esgoto centra-se fundamentalmente na aplicação da fórmula de Manning e na equação da continuidade. A seguir, são apresentadas essas equações essenciais, no Sistema Internacional de Unidades (SI):

- **Continuidade:**  $Q = V \cdot A$  (m<sup>3</sup>/s), sendo  $Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s);  $V$  = Velocidade (m/s); e  $A$  = área molhada da seção transversal da tubulação (m<sup>2</sup>).
- **Manning:**
  - **Para velocidade:**  $V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$ , sendo  $V$  = Velocidade (m/s);  $n$  = coeficiente de rugosidade de Manning (s.m<sup>-1/3</sup>);  $R_h$  = raio hidráulico (m), que é a razão entre a área molhada ( $A$ ) e o perímetro molhado ( $P$ ); e  $I$  = declividade do fundo do canal (m/m).
  - **Para vazão:**  $\frac{n \cdot Q}{\sqrt{I}} = A \cdot R_h^{2/3}$ , sendo  $Q$  = Vazão (m<sup>3</sup>/s); e  $A$  = área molhada da seção transversal da tubulação (m<sup>2</sup>).

De maneira a facilitar os cálculos, em função o ângulo central ( $\Theta$ ) formado pela superfície de lâmina livre (B) na tubulação de diâmetro (D) qualquer, tendo por base o centro do tubo (Figura 17), pode-se estabelecer uma relação trigonométrica, de modo a ser possível determinar os parâmetros de altura de lâmina ( $y_0$ ), área molhada (A), perímetro molhado (P) e Raio Hidráulico ( $R_h$ ) do escoamento.

Figura 17- Corte esquemático em tubulação em escoamento livre.



$$\begin{aligned}\Theta &= 2 \arcsin (1 - 2y_0 / D) \\ y_0 &= D \frac{(1 - \cos \theta / 2)}{2} \\ B &= D \sin \theta / 2 \\ P &= \frac{\theta D}{2} \\ A &= D^2 \frac{(\theta - \sin \theta)}{8} \rightarrow A = \frac{D^2}{4} \left[ \frac{\pi \theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right] \\ R_h &= D \frac{(1 - \sin \frac{\theta}{2})}{4} \rightarrow R_h = \frac{D}{4} \left[ 1 - \frac{360 \cdot \sin \theta}{2 \pi \theta} \right]\end{aligned}$$

Ao substituir os valores de Raio Hidráulico e área molhada, no equacionamento de Manning, tem-se:

$$\frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \cdot I^{1/2}} = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{\pi \theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right) \cdot \left[ \frac{1}{4} \left( 1 - 360 \frac{\sin \theta}{2 \pi \theta} \right) \right]^{2/3}$$

De modo a facilitar os cálculos, na equação anterior, chamou-se o termo  $\frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \cdot I^{1/2}}$  de Fator Hidráulico ( $F_H$ ) da seção circular. Assim, ao fazermos a fração direita da equação em termos de  $\Theta = 2 \cdot \arcsin (1 - 2y_0 / D)$ ,  $F_H = f (y_0/D)$ , obtém-se a tabela 1, atribuindo valores de  $y_0/D$  de 0,01 a 1, com variação de 0,01, resultando nos valores correspondentes de  $F_H$ ,  $R_H/D$ ,  $A/D^2$  e  $P/D$ . Um vídeo tutorial apresentando a dedução da Tabela 04 pode ser acessado em:

<https://www.youtube.com/watch?v=26hh1uEHTNQ>.

Tabela 4 – Valores de  $F_H$ ,  $R_H/D$ ,  $A/D^2$  e  $P/D$ .

$y_0/D$	$F_H$	$R_H/D$	$A/D^2$	$P/D$	$y_0/D$	$F_H$	$R_H/D$	$A/D^2$	$P/D$
0,01	0,0001	0,0066	0,0013	0,2003	0,27	0,0497	0,1566	0,1711	1,0928
0,02	0,0002	0,0132	0,0037	0,2838	0,28	0,0534	0,1614	0,18	1,1152
0,03	0,0005	0,0197	0,0069	0,3482	0,29	0,0572	0,1662	0,189	1,1374
0,04	0,0009	0,0262	0,0105	0,4027	0,3	0,061	0,1709	0,1982	1,1593
0,05	0,0015	0,0326	0,0147	0,451	0,31	0,065	0,1756	0,2074	1,181
0,06	0,0022	0,0389	0,0192	0,4949	0,32	0,0691	0,1802	0,2167	1,2025
0,07	0,0031	0,0451	0,0242	0,5355	0,33	0,0733	0,1847	0,226	1,2239
0,08	0,0041	0,0513	0,0294	0,5735	0,34	0,0776	0,1891	0,2355	1,2451
0,09	0,0052	0,0575	0,035	0,6094	0,35	0,082	0,1935	0,245	1,2661
0,1	0,0065	0,0635	0,0409	0,6435	0,36	0,0864	0,1978	0,2546	1,287
0,11	0,0079	0,0695	0,047	0,6761	0,37	0,091	0,202	0,2642	1,3078
0,12	0,0095	0,0755	0,0534	0,7075	0,38	0,0956	0,2062	0,2739	1,3284
0,13	0,0113	0,0813	0,06	0,7377	0,39	0,1003	0,2102	0,2836	1,349
0,14	0,0131	0,0871	0,0668	0,767	0,4	0,105	0,2142	0,2934	1,3694
0,15	0,0152	0,0929	0,0739	0,7954	0,41	0,1099	0,2182	0,3032	1,3898
0,16	0,0173	0,0986	0,0811	0,823	0,42	0,1148	0,222	0,313	1,4101
0,17	0,0196	0,1042	0,0885	0,85	0,43	0,1197	0,2258	0,3229	1,4303
0,18	0,022	0,1097	0,0961	0,8763	0,44	0,1248	0,2295	0,3328	1,4505
0,19	0,0246	0,1152	0,1039	0,9021	0,45	0,1298	0,2331	0,3428	1,4706
0,2	0,0273	0,1206	0,1118	0,9273	0,46	0,1349	0,2366	0,3527	1,4907
0,21	0,0301	0,1259	0,1199	0,9521	0,47	0,1401	0,2401	0,3627	1,5108
0,22	0,0331	0,1312	0,1281	0,9764	0,48	0,1453	0,2435	0,3727	1,5308
0,23	0,0362	0,1364	0,1365	1,0004	0,49	0,1506	0,2468	0,3827	1,5508
0,24	0,0394	0,1416	0,1449	1,0239	0,5	0,1558	0,25	0,3927	1,5708
0,25	0,0427	0,1466	0,1535	1,0472	0,51	0,1611	0,2531	0,4027	1,5908
0,26	0,0461	0,1516	0,1623	1,0701	0,52	0,1665	0,2562	0,4127	1,6108
0,53	0,1718	0,2592	0,4227	1,6308	0,77	0,2928	0,3031	0,6489	2,1412
0,54	0,1772	0,2621	0,4327	1,6509	0,78	0,2969	0,3036	0,6573	2,1652
0,55	0,1826	0,2649	0,4426	1,671	0,79	0,3008	0,3039	0,6655	2,1895
0,56	0,1879	0,2676	0,4526	1,6911	0,8	0,3047	0,3042	0,6736	2,2143
0,57	0,1933	0,2703	0,4625	1,7113	0,81	0,3083	0,3043	0,6815	2,2395
0,58	0,1987	0,2728	0,4724	1,7315	0,82	0,3118	0,3043	0,6893	2,2653
0,59	0,2041	0,2753	0,4822	1,7518	0,83	0,3151	0,3041	0,6969	2,2916
0,6	0,2094	0,2776	0,492	1,7722	0,84	0,3183	0,3038	0,7043	2,3186
0,61	0,2147	0,2799	0,5018	1,7926	0,85	0,3212	0,3033	0,7115	2,3462
0,62	0,22	0,2821	0,5115	1,8132	0,86	0,3239	0,3026	0,7186	2,3746
0,63	0,2253	0,2842	0,5212	1,8338	0,87	0,3264	0,3018	0,7254	2,4039
0,64	0,2306	0,2862	0,5308	1,8546	0,88	0,3286	0,3007	0,732	2,4341
0,65	0,2358	0,2881	0,5404	1,8755	0,89	0,3305	0,2995	0,7384	2,4655
0,66	0,2409	0,29	0,5499	1,8965	0,9	0,3322	0,298	0,7445	2,4981
0,67	0,246	0,2917	0,5594	1,9177	0,91	0,3335	0,2963	0,7504	2,5322
0,68	0,2511	0,2933	0,5687	1,9391	0,92	0,3345	0,2944	0,756	2,5681
0,69	0,256	0,2948	0,578	1,9606	0,93	0,3351	0,2921	0,7612	2,6061
0,7	0,261	0,2962	0,5872	1,9823	0,94	0,3353	0,2895	0,7662	2,6467
0,71	0,2658	0,2975	0,5964	2,0042	0,95	0,3349	0,2865	0,7707	2,6906
0,72	0,2705	0,2987	0,6054	2,0264	0,96	0,3339	0,2829	0,7749	2,7389
0,73	0,2752	0,2998	0,6143	2,0488	0,97	0,3322	0,2787	0,7785	2,7934
0,74	0,2798	0,3008	0,6231	2,0715	0,98	0,3294	0,2735	0,7816	2,8578
0,75	0,2842	0,3017	0,6319	2,0944	0,99	0,3248	0,2666	0,7841	2,9413
0,76	0,2886	0,3024	0,6405	2,1176	1	0,3117	0,25	0,7854	3,1416

## 4.5 CRITÉRIOS ESPECÍFICOS A SEREM ATENDIDOS EM PROJETOS

### 4.5.1 Localização dos coletores na via pública

A rede coletora pode ser assentada em cinco posições diferentes. A escolha da posição da rede na via pública depende dos seguintes fatores:

- Conhecimento prévio das interferências
- Profundidade dos coletores
- Tráfego
- Largura da rua
- Soleira dos prédios.

Dependendo das condições da via pública, pode-se assentar uma tubulação (rede simples) ou até duas tubulações (rede dupla).

### 4.5.2 Profundidade dos coletores

**Máximas:** as profundidades máximas dos coletores, quando assentadas nos passeios, deverão ficar em torno de 2,0 a 2,5m, dependendo do tipo do solo. No leito carroçável e nos terços, as profundidades máximas serão definidas em função das características técnicas do projeto, das interferências e, também dos percentuais de atendimento das soleiras baixas.

As profundidades máximas das redes de esgotos não devem ultrapassar 3,0 a 4,0m. Profundidades maiores só serão admitidas após justificativa técnico-econômica.

Para coletores situados abaixo de 4,0m de profundidade, devem ser projetados coletores auxiliares mais rasos para receberem as ligações prediais.

**ATENÇÃO:** A rede coletora de esgoto não deve ser aprofundada unicamente para atender algumas economias isoladas com cotas de soleira abaixo do nível da rua. Antes de decidir por um aprofundamento, deve-se realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica para suportar a decisão. Essa análise deve considerar os custos adicionais de escavação e construção mais profunda no traçado como um todo, bem como os potenciais desafios operacionais e de manutenção. Além disso, pode-se avaliar a possibilidade de alternativas como a manutenção de solução individual nos pontos de soleira (ex. fossa séptica e sumidouro) ou a instalação de estações elevatórias para atender as necessidades das economias afetadas. Um percentual mínimo é frequentemente estabelecido para que essa abordagem seja economicamente e tecnicamente justificável. O valor usual é que pelo menos 70% das economias ao longo do trecho sejam atendidas diretamente pela rede coletora sem necessidade de profundidades excessivas.



**Mínimas:** As profundidades mínimas são estabelecidas para atender as condições de recobrimento mínimo, para a proteção da tubulação e, também para permitir que a ligação predial seja executada adequadamente. Para o coletor assentado no leito da via de tráfego, o recobrimento da tubulação não deve ser inferior a 0,90m, ou a 0,65m, para coletor assentado no passeio. Recobrimento menor deve ser justificado em projeto.

A profundidade mínima do coletor (Figura 18) para atender às ligações prediais pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$H_m = x + I_R \cdot L_R + h_{CP} + \text{valor da soleira negativa (caso exista)}$$

Onde:  $H_m$  = profundidade mínima da rede coletora (m);

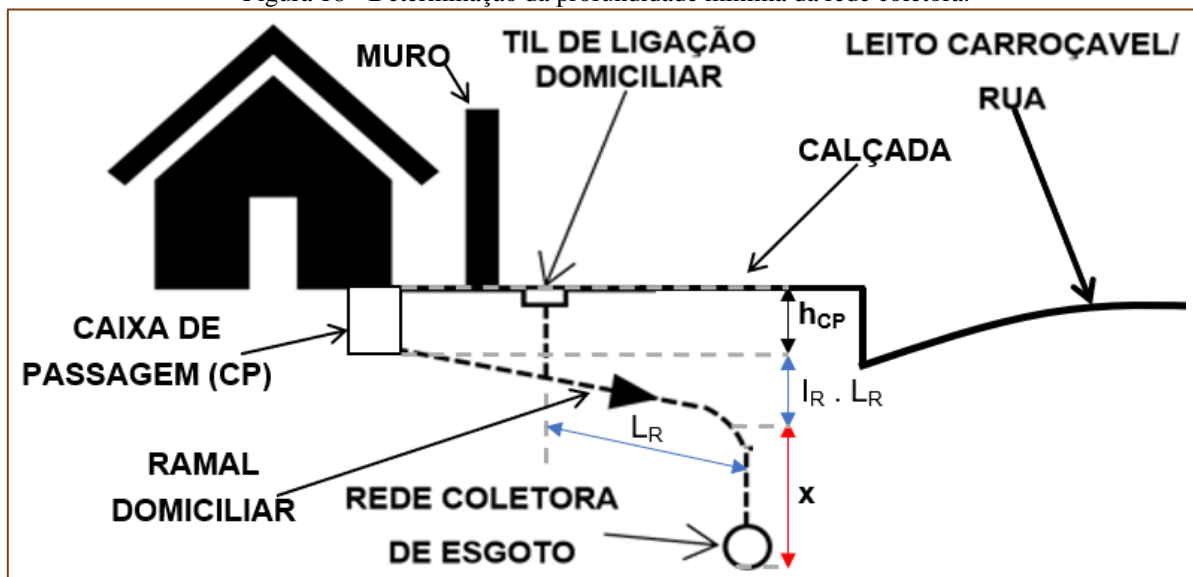
$x$  = distância entre a geratriz inferior interna do coletor público até a geratriz inferior interna do ramal predial (m);

$I_R$  = declividade do ramal predial (m/m);

$L_R$  = distância entre o coletor público e o Til de ligação/caixa de inspeção (m);

$h_{CP}$  = profundidade da última caixa de passagem da residência (m); e

Figura 18 - Determinação da profundidade mínima da rede coletora.



O valor de  $x$  varia de acordo com o ângulo utilizado para conexão do ramal com coletor público e os seus diâmetros. Valores mínimos de  $x$  e  $I_R$  recomendados são apresentados a seguir (Tabela 5).

**CURIOSIDADE:** Vídeo orientativo de como o morador deve fazer para efetuar a ligação de sua residência à rede coletora de esgoto:

[https://www.youtube.com/watch?v=HssQrQe53H8&ab\\_channel=CASAN](https://www.youtube.com/watch?v=HssQrQe53H8&ab_channel=CASAN).

Tabela 5 - Valores mínimos de  $x$  e  $I_R$  recomendados para diversos diâmetros de ramal domiciliar e rede coletora.

Diâmetro do coletor público (mm)	Diâmetro e declividade do ramal (%)		
	100 $i = 2\%$	150 $i = 0,7\%$	200 $i = 0,5\%$
150	0,20	-----	-----
200	0,25	0,24	0,23
300	0,35	0,34	0,32
450	0,48	0,47	0,46

Fonte: Adaptado de Tsutiya e Sobrinho (2011).

Instruções normativas das companhias de saneamento podem ser mais restritivas que as recomendações de norma. A Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL), por exemplo, recomenda que o recobrimento e a profundidade da rede/coletores obedeçam aos seguintes critérios nos sistemas por ela operados (Figura 19):

Figura 19 – Recomendações de recobrimento e profundidade para coletores de esgoto propostos pela SANESUL.

Tipo de Pavimento	Recobrimento mínimo (m)	Profundidade máxima (m)
Via de tráfego pavimentada	1,00	3,50
Via de tráfego sem pavimentação	1,20	3,50
Passeio	0,90	1,80

Fonte: SANESUL (2020).

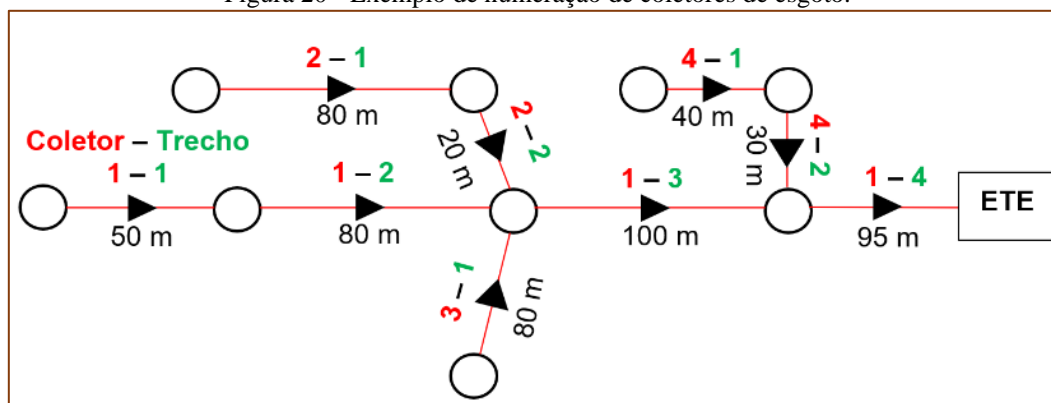
#### 4.5.3 Distância entre singulares

O espaçamento entre PV, PI ou TL consecutivos deve ser limitado pelo alcance dos equipamentos de desobstrução (*sewer-jet*). Normalmente, adota-se a distância de 100 m entre singularidades.

#### 4.5.4 Numeração dos trechos

A numeração dos coletores e dos trechos deve ser feita de montante para jusante. Assim, o maior coletor receberá o número 1 e o seu primeiro trecho será 1. Numera-se a partir daí todos os trechos. O primeiro coletor que chegar ao coletor 1 será o coletor 2, que terá os seus trechos numerados de montante para jusante, a partir de 1 e assim sucessivamente (Figura 20).

Figura 20 - Exemplo de numeração de coletores de esgoto.



#### 4.5.5 Materiais e tipos de tubulação para coletores de esgoto

Na concepção e operação de sistemas de esgoto, a escolha dos materiais e tipos de tubulação é essencial para garantir a eficiência e durabilidade dos sistemas. As tubulações precisam atender a requisitos específicos de resistência mecânica, química e ambiental, além de serem economicamente viáveis. Entre os materiais mais utilizados destacam-se o PVC, o ferro fundido, o PEAD, o concreto armado e a fibra de vidro (PRFV).

##### 4.5.5.1 Manilhas de Barro Vidrado (MBV)

As manilhas de barro vidrado foram uma das primeiras formas de tubulação utilizadas nos sistemas de esgotamento sanitário, particularmente antes do advento de materiais mais modernos como o PVC e o concreto armado. Essas manilhas eram feitas de cerâmica com uma camada de esmalte vítreo, o que conferia certa resistência à corrosão e à abrasão interna. Contudo, com o tempo, as desvantagens das manilhas de barro vidrado se tornaram mais evidentes.



A fragilidade do material cerâmico em comparação com outros materiais de tubulação moderna levou à sua gradual substituição. As manilhas de barro vidrado são suscetíveis a quebras e rachaduras, especialmente em solos instáveis ou durante eventos de pressão excessiva. Além disso, a instalação dessas manilhas era trabalhosa e demandava cuidados especiais para garantir a integridade das juntas, que frequentemente apresentavam problemas de vedação.

Atualmente, as manilhas de barro vidrado foram amplamente substituídas por materiais mais duráveis e fáceis de instalar, como o PVC e o concreto. A evolução das técnicas de manufatura e o

desenvolvimento de materiais mais avançados tornaram as manilhas de barro vidrado obsoletas em sistemas de esgoto modernos. Seu uso hoje é restrito a contextos históricos ou em sistemas muito antigos que ainda estão em operação.

#### 4.5.5.2 Tubulação de PVC

O PVC (policloreto de vinila) é um material plástico leve e versátil, muito utilizado em sistemas de esgoto e drenagem devido à sua resistência química e facilidade de instalação. Encontrados em diâmetros nominais (DN) na faixa de 100 a 400 mm e de 6 m a 12 m de comprimento, são o material mais empregado atualmente no país em SES. Existem dois tipos principais de tubulação de PVC: de parede lisa e de parede corrugada.

##### a) Tubos de PVC de Parede Lisa (maciça)

Os tubos de PVC de parede lisa são fabricados com uma única camada de material homogêneo, o que oferece uma estrutura sólida e contínua. Estes tubos têm uma superfície interna suave que minimiza a perda de carga e o acúmulo de sedimentos, melhorando a eficiência hidráulica.

Este tipo de tubulação é fácil de instalar devido ao seu peso reduzido, o que diminui os custos de mão de obra e transporte. Elas também possuem excelente resistência à corrosão química, prolongando sua vida útil mesmo em ambientes agressivos. No entanto, os tubos de PVC de parede lisa podem ter maior rigidez em comparação aos de parede corrugada.



##### b) Tubos de PVC de Parede Corrugada

Os tubos de PVC de parede corrugada têm uma estrutura com camadas externas onduladas e uma camada interna lisa, projetada para maximizar a resistência estrutural enquanto minimiza o peso. Essa configuração permite uma alta resistência a compressões, sendo uma alternativa para aplicações em áreas de alta carga, como estradas e estacionamentos.



A principal vantagem dos tubos de parede corrugada é a maior flexibilidade comparada aos tubos maciços, o que permite que se adaptem a movimentos do solo com menores chances de rompimento. Eles apresentam menor custo comparados aos de parede maciça, pois sua produção

requer menos material sem comprometer a resistência. Entretanto, a complexidade nas conexões pode exigir métodos específicos para garantir a vedação adequada entre as seções, e o design corrugado pode aumentar a resistência ao fluxo comparado aos tubos de parede lisa, embora isso seja minimizado pela superfície interna suave.

#### 4.5.5.3 Tubulação de Ferro Fundido

Embora menos comuns em projetos de redes coletoras, as tubulações de ferro fundido são utilizadas em certas aplicações de esgoto devido à sua durabilidade e resistência mecânica, como, por exemplo, em tubulações aéreas (ponta e bolsa ou flangeadas) ou em interceptores que requeiram recobrimento inferior ao mínimo. São fabricadas numa vasta gama de diâmetros nominais (DN), geralmente de 80 a 2000 mm, e de 1 m a 7 m de comprimento.



A longevidade do ferro fundido é uma de suas maiores vantagens, já que ele pode resistir bem a mudanças de temperatura e pressão. No entanto, o ferro fundido é pesado, o que dificulta seu manuseio, aumentando os custos de instalação e a necessidade de utilização de equipamentos especializados. Além disso, ele pode corroer se não for adequadamente protegido, exigindo manutenção regular para preservar sua integridade.

#### 4.5.5.4 Tubulação de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

O PEAD é um material plástico versátil, amplamente utilizado em aplicações de esgoto devido à sua resistência à corrosão, estanqueidade e flexibilidade. Pode ser encontrado em diâmetros nominais (DN) que variam de 100 a 1600 mm e de 6 m a 12 m de comprimento.



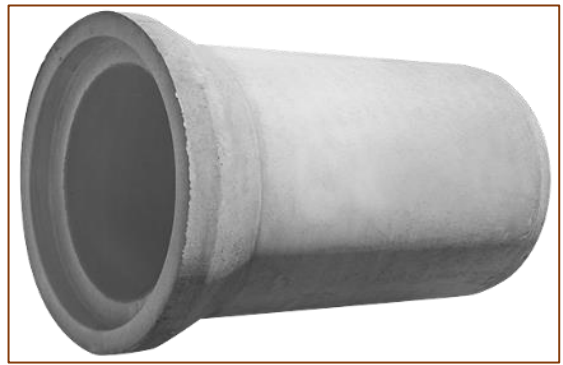
Além de sua resistência química e à abrasão, o PEAD possui uma superfície interna lisa que melhora a eficiência hidráulica. No entanto, o custo inicial do PEAD pode ser mais elevado em comparação a outros materiais, e ele requer técnicas de fusão térmica para conexão, o que exige mão-de-obra especializada. Também é importante considerar a proteção contra exposição prolongada ao UV, que podem degradar o material ao longo do tempo.

Por ser um material leve e de maior estanqueidade, quando demandado em grandes diâmetros (> 400 mm) para uso em coletores tronco ou interceptores, este material tem ganhado espaço frente as tubulações de concreto armado nos SES e projetos de drenagem urbana.



#### 4.5.5.5 Tubulação de Concreto

Os tubos de concreto classe EA-2 (para redes de esgoto) são amplamente utilizados devido à sua robustez e durabilidade. Esse material é especialmente adequado para coletores de grande diâmetro que precisam suportar altas cargas externas. A resistência à compressão dos tubos de concreto os torna ideais para áreas de tráfego intenso, onde a integridade estrutural é crucial. São fabricados em DN variando de 400 a 1200 mm.



Contudo, a sua instalação requer equipamentos pesados devido ao peso do material. A manutenção também pode ser complexa, especialmente em sistemas subterrâneos de difícil acesso.

#### 4.5.5.6 Tubulação de Fibra de Vidro (PRFV)

As tubulações de fibra de vidro são conhecidas por sua alta resistência à corrosão e resistência mecânica, sendo uma escolha popular em ambientes agressivos, como em esgotos industriais. O material oferece uma boa relação entre peso e resistência, permitindo que seja usado em aplicações onde tanto a resistência quanto a leveza são necessárias. Contudo, em geral, essas tubulações resistem



a valores de velocidade de fluxo interna inferiores se comparadas aos tubos de materiais plásticos, por exemplo.

Permitem a construção de peças específicas, o que possibilita uma grande flexibilidade construtiva. No entanto, o custo inicial pode ser maior em comparação com outras opções, e elas podem exigir cuidados especiais durante a instalação para evitar danos, já que são mais sensíveis a impactos e abrasões sem a proteção adequada.

#### 4.5.6 Definição de escoramento de vala

O escoramento de valas é uma técnica utilizada na construção civil para garantir a estabilidade das paredes de uma vala ou trincheira durante a escavação e a execução de obras. Este método envolve o uso de suportes temporários, como pranchas de madeira, painéis de aço ou sistemas hidráulicos, para prevenir o desmoronamento do solo, protegendo os trabalhadores e evitando danos às infraestruturas adjacentes. O escoramento é essencial em valas profundas ou em terrenos instáveis, garantindo a segurança e a eficiência do processo de construção.



As diretrizes legais e técnicas referentes a este tópico são tratadas, entre outras, pela Norma Regulamentadora - NR 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção e pela ABNT NBR 17015:2023 - Execução de Obras Lineares para Transporte de Água Bruta e Tratada, Esgoto Sanitário e Drenagem Urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis.

O padrão de escoramento de vala varia conforme a profundidade e o formato da vala, além do tipo de solo, garantindo a segurança e a estabilidade das escavações, a critério do projetista e do engenheiro responsável pela execução. Os estudos de sondagem na área de projeto, com especial atenção em regiões de solo menos estável, devem nortear as ações da equipe de projeto e de execução de serviços. Com base nesses dados, o projetista definirá no projeto executivo as quantidades, locais, seções-tipo da vala (retangular, trapezoidal ou mista) e tipos de escoramentos necessários para cada região da área de projeto.

Para escavações com profundidade igual ou inferior a 1,25 m (um metro e vinte e cinco centímetros), deve-se avaliar localmente a existência de riscos ocupacionais e, se necessário, adotar medidas de prevenção. Já as escavações com profundidade superior a 1,25 m devem ser protegidas com taludes ou escoramentos definidos em projeto e devem dispor de escadas ou rampas colocadas próximas aos postos de trabalho, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida dos trabalhadores.

Em solos instáveis ou em valas mais profundas, escoramentos são imprescindíveis. Para profundidades entre 1,25 e 3,00 metros, recomenda-se avaliar a utilização de escoramento com pranchas de madeira ou painéis de aço. Em valas com mais de 3,00 metros, recomenda-se o uso de sistemas hidráulicos ou escoramento metálico modular, ajustando conforme as características específicas do solo e da obra.

**ATENÇÃO:** O projetista deve ter especial atenção a fatores intervenientes além do tipo de solo, como travessias de tubulação de drenagem, adutoras, telefonia, passagem sob rodovias, via férrea etc. As intervenções executivas nessas áreas só poderão acontecer após comunicação e autorização dos titulares dos serviços pertinentes e podem requerer escoramentos adequados para sustentação dessas infraestruturas. Em geral, a aprovação desses órgãos requer análise prévia e aprovação do projeto de travessia das tubulações, preferencialmente por Método Não Destrutivo (MND), sob rodovias e vias férreas.

Os tipos de escoramento, suas dimensões mínimas, espaçamentos máximos, detalhamentos de projeto e croquis construtivos estão disponíveis na ABNT NBR 17015:2023, item 4.2.7.7 – Tipos de escoramentos e Anexo C.

Qualquer alteração ou imprevisto nas condições inicialmente estabelecidas no projeto deve ser comunicado de imediato ao coordenador de projetos, para que ele efetue as adequações necessárias. A título de exemplo, apresentamos na Tabela 6 uma sugestão de padrão de escoramento para solos mais estáveis (entendendo-se por estáveis os solos com maior teor de argila, como latossolo vermelho).

Tabela 6 - Exemplo de faixas de escoramento em função da profundidade de vala, para solos estáveis (latossolo vermelho).

Intervalos de Escoramento (m)		
Pontalete	1,35	1,8
Descontínuo	1,8	3,5
Contínuo	3,5	3,50
Especial	>	3,50

#### 4.6 METODOLOGIA DE CÁLCULO

Para refinar o passo a passo do dimensionamento de uma rede coletora de esgoto, considerando os critérios e recomendações das normas específicas, pode-se estabelecer uma rotina de cálculo ajustada, como se segue:

**a-** Definição da População e Área de Projeto:

- Estimar a população atual e futura na área de projeto;
- Analisar a densidade populacional e o tipo de ocupação (residencial, comercial, industrial).

**b-** Definição dos Coeficientes para Cálculo das Vazões:

- Estabelecer coeficientes para calcular as vazões de esgoto ( $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $C$ , taxa de infiltração, rugosidade de Manning etc.) no início ( $Q_i$ ) e no fim ( $Q_f$ ) do plano, considerando fatores como crescimento populacional e desenvolvimento da área.

**c-** Traçado Preliminar da Rede em Função da Topografia e numeração dos trechos:

- Realizar um levantamento topográfico da área;
- Definir o traçado preliminar da rede de esgoto, otimizando o escoamento por gravidade e minimizando a necessidade de bombeamento;
- Deve-se minimizar o traçado da rede coletora em paralelo às curvas de nível (CN). Buscar, sempre que possível, traçado dos coletores de maneira perpendicular às CN, para aproveitar a declividade natural do terreno, minimizando assim o aprofundamento das tubulações; e
- Efetuar a numeração dos trechos, de montante para a jusante, sendo o coletor mais longo enumerado com o número 1.

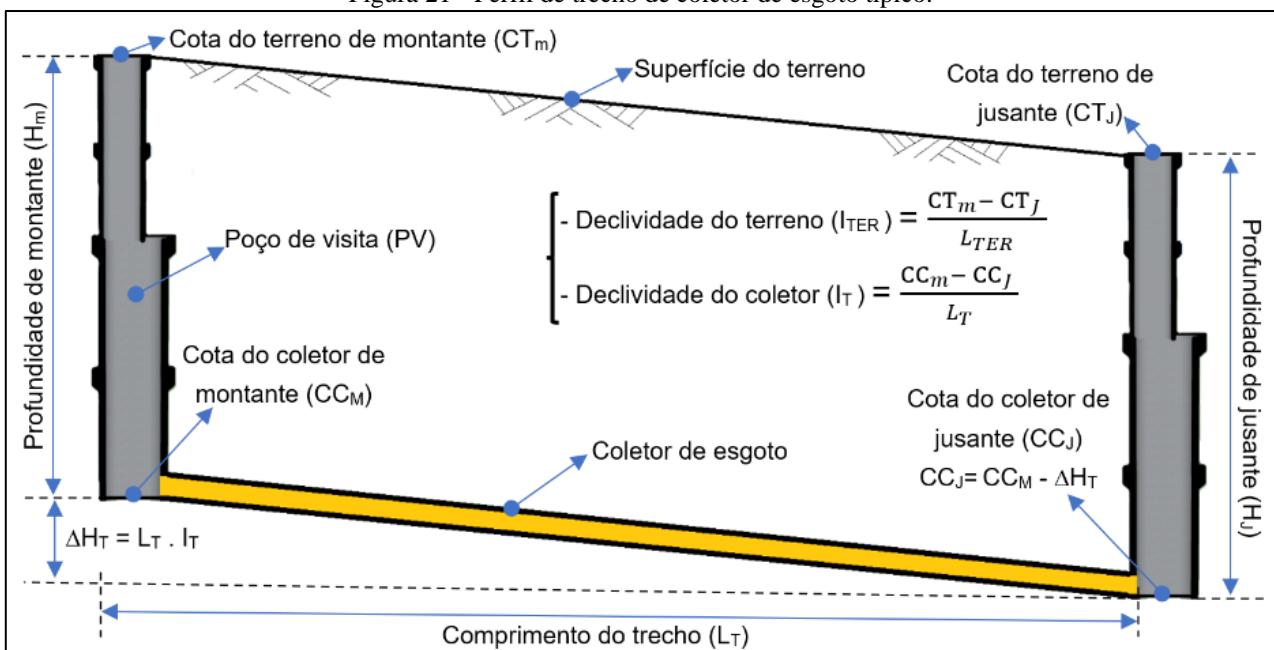
**d-** Determinação das Vazões de Esgoto:

- Calcular a vazão de esgoto doméstico com base na população e no consumo per capita de água;
- Estimar a vazão de esgoto sanitário de início e fim de plano, incluindo contribuições de estabelecimentos comerciais, industriais e institucionais, se aplicável;
- As vazões pontuais podem ser aplicadas pontualmente, no cálculo da vazão dos trechos específicos. Caso isso ocorra, estas vazões singulares não devem entrar no cálculo da vazão de esgoto sanitário;
- Incluir a vazão de infiltração, se aplicável.

**e-** Cálculo das Taxas de Contribuição Linear e numeração dos trechos:

- Determinar as taxas de contribuição linear de início e fim de plano para cálculo da vazão de cada trecho da rede ( $q_t$ );
- A numeração e o cálculo das vazões dos trechos, devem ser feitos de montante à jusante; e
- a vazão em cada trecho ( $q_t$ ) se dá pelo produto da taxa de contribuição linear ( $T_x$ ) com o comprimento do trecho ( $L_t$ ), adicionado ao somatório das vazões de montante ao trecho ( $q_{tm}$ ) e às descargas concentradas ( $Q_c$ ), caso  $Q_c$  não tenham sido adicionadas ao cálculo da taxa. Sendo assim :  $q_t = T_x \cdot L_t + \sum q_{tm} + \sum Q_c$ .

Figura 21 - Perfil de trecho de coletor de esgoto típico.



**IMPORTANTE:** A partir do passo “F”, a verificação deverá ser feita trecho a trecho.

**f-** Determinação da Declividade Média do Terreno ( $I_t$ ):

- Identificar as cotas do terreno (cota de terreno de montante -  $CT_m$  e cota de terreno de jusante -  $CT_j$ ) nos pontos extremos de cada trecho e medir a extensão ( $L_{TER}$ ) do trecho;
- Calcular a declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) para cada trecho:  $I_{TER} = (CT_j - CT_m) / L_{TER}$ .

**g-** Cálculo da Declividade Mínima do trecho ( $I_{min}$ ):

- Usar a equação  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  para calcular  $I_{min}$ , garantindo uma tensão trativa média não inferior a 1,0 Pa;
- Caso  $q_t$ , em início de plano seja menor do que 1,5 L/s, utiliza-se como  $Q_i = 1,5$  L/s, para cálculo do  $I_{min}$  do trecho, resultando em  $I_{min} = 0,00455$  m/m.

**h-** Cálculo da Declividade Máxima ( $I_{max}$ ):

- Calcular  $I_{max}$  com  $I_{max} = 4,65 \times Q_f^{-2/3}$ .

**i-** Seleção da Declividade do Trecho ( $I_T$ ):

- Comparar  $I_{TER}$  com  $I_{min}$  e a  $I_{max}$ ;
- Se  $I_{TER} < I_{min}$ , usar  $I_{min}$  como  $I_T$ ;
- Se  $I_{TER} \geq I_{min}$ , manter  $I_{TER}$  como  $I_T$ ; e
- Se  $I_{TER} > I_{max}$ , deve-se determinar outra  $I_T < I_{max}$  de forma a assegurar a integridade das tubulações.

**j-** Determinação do Diâmetro da tubulação:

- Por norma, o diâmetro mínimo de rede deve ser de DN 100. Deve-se atentar para normas específicas do operador do sistema de saneamento;
- O diâmetro a ser selecionado, deve buscar, sempre que possível, a lâmina mínima de 20%, para início de plano. Como lâmina máxima a norma define 75% do diâmetro da tubulação;
- O diâmetro é definido tendo por base a vazão máxima de esgoto sanitário de fim de plano no trecho em análise, e da declividade do trecho, que foi definida com base na vazão de início de plano;
- A Tabela 1 (Fator Hidráulico) pode ser utilizada para a estimativa inicial, ao se arbitrar um valor de  $y_0/D$ , encontrando-se o valor de  $F_H$ . Na sequência, isolando-se o Diâmetro na equação  $D = \left( \frac{Q_f \cdot n}{F_H \cdot I^{1/2}} \right)^{3/8}$ , este pode ser determinado;

- Adotando como  $y_0/D = 75\%$  e  $n = 0,013$ , teremos  $D \text{ (m)} = (0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}})^{3/8}$ .

**k-** Verificação da Velocidade Crítica ( $V_c$ ), Lâmina de Escoamento e arraste:

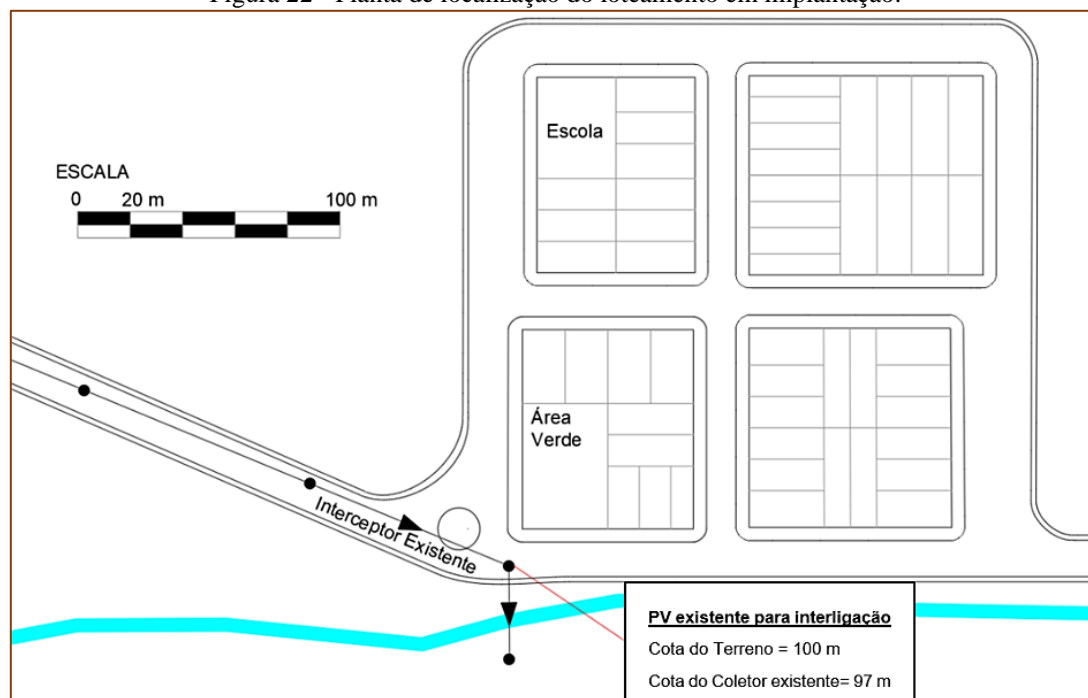
- Calcular a área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico, velocidade, tensão trativa, para as vazões de início e fim de plano, para o diâmetro definido;
- Calcular  $V_c = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ ; e
- Assegurar que a lâmina máxima admissível seja de 50% do diâmetro do coletor quando  $V_f > V_c$ .

**l-** Considerações adicionais:

- Analisar profundidades de montante e jusante, assegurando que a cota do coletor de jusante esteja abaixo das cotas dos coletores de montante a ele;
- Avaliar o cruzamento da rede com interferências (redes de água, drenagem, elétrica, telefonia, fibra ótica etc.);
- O projeto deve indicar o tipo mais adequado de escoramento para cada trecho, levando em consideração a profundidade do coletor e estabilidade do solo;
- Instalar poços de visita e tubos de queda conforme necessário, respeitando o espaçamento máximo de 100 m entre dispositivos;
- Os passos de **e** até **k** devem ser repetidos até que todos os trechos da área de projeto, de montante a jusante, serem dimensionados; e
- Não pode haver estrangulamento de tubulação durante o dimensionamento.

**Exemplo:** Efetuar o dimensionamento, de acordo com as normas brasileiras, da rede coletora de esgoto do loteamento apresentado na figura 24, que será interligado no interceptor existente indicado no cadastro. A rede deverá ser executada na rua. O levantamento planialtimétrico estabeleceu que todas as cotas de terreno do arruamento são 100 m. Considere o adensamento de 4 pessoas/lote, a taxa de infiltração da ordem de 0,07 L/s.km, descarga pontual da escola na ordem de 0,2 L/s e o diâmetro mínimo da rede de 150 mm e a vazão per capita de 180 L/dia. A rede deve ser executada na rua, que já se encontra pavimentada.

Figura 22 - Planta de localização do loteamento em implantação.



### **Resolução:**

**a- Definição da população de projeto:** Por se tratar de um loteamento, a taxa máxima de ocupação (população de fim de plano) se dará em função da ocupação máxima dos lotes. O número total de lotes na área de projeto são 50. Com a taxa de ocupação de 4 pessoas/lote, a população de horizonte de projeto será de 200 pessoas (50 lotes x 4 pessoas/lote).

Para a população de início de plano, pode se arbitrar uma taxa de ocupação, por exemplo, para os primeiros 07 anos do loteamento. Nesse caso adotaremos uma taxa de 35% dos lotes, implicando em uma população em início de plano ( $P_i$ ) de 70 habitantes.

**b- Definição dos coeficientes para cálculo das vazões:** Os coeficientes serão os estabelecidos por norma, uma vez que não foram fornecidos no enunciado. Deste modo,  $K_1$  (máxima horária) = 1,2;  $K_2$  (máxima horária) = 1,5; Coeficiente de Retorno (C) = 0,8.

**c- Traçado preliminar da rede em função da topografia e numeração de trecho:** O traçado preliminar deve buscar aproveitar a declividade natural do terreno, de forma a minimizar a profundidade dos coletores. Outro ponto fundamental é passar as redes coletoras comente em frente aos lotes a serem atendidos, evitando passar coletores em locais onde não há economias para atender. O estudo da topografia local, e um cadastro planialtimétrico detalhado, em especial em regiões que já dispõem de edificações construídas, são fundamentais para identificar o

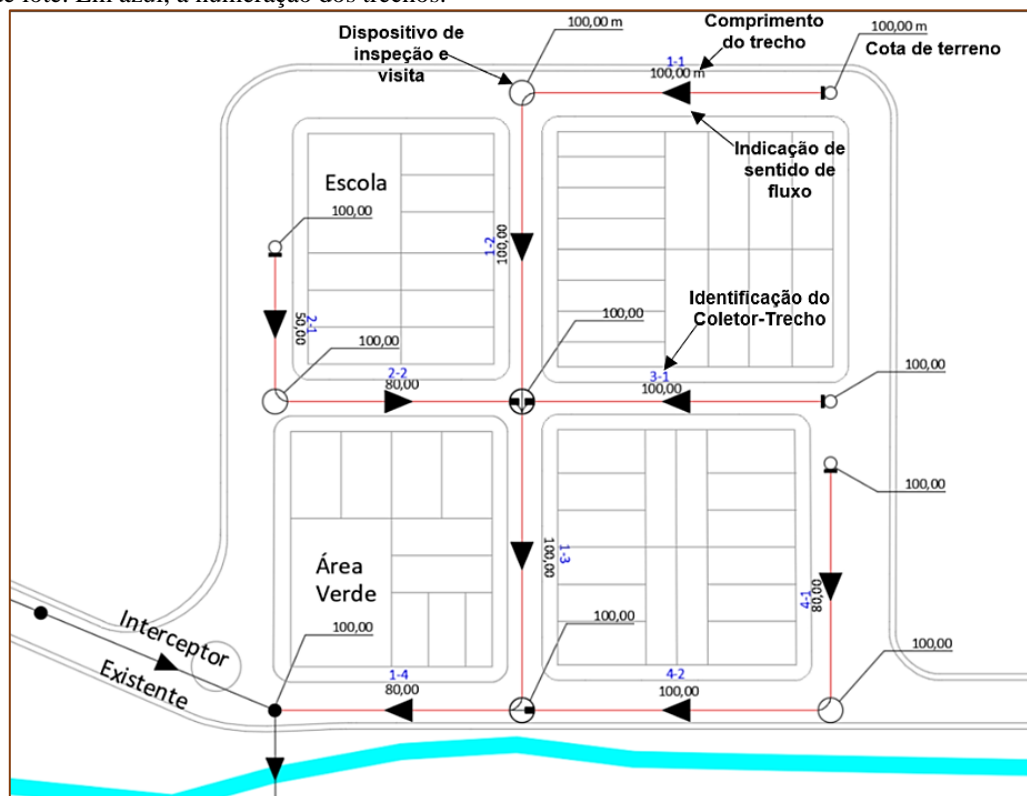
caminhamento mais eficaz do sistema de esgotamento. A seguir, a Figura 25 apresenta uma sugestão de traçado para a área de projeto, considerando os fatores elencado. Poços de inspeção e visita já foram previamente alocados em mudanças de direção da tubulação, união de várias tubulações, e em trechos retilíneos com mais de 100 m de extensão.

A numeração é realizada de montante para a jusante, com o primeiro trecho do coletor mais longo recebendo a denominação 1. Seu primeiro trecho será 1, ficando com a notação “1-1”. O primeiro coletor que contribuir ao coletor 1, será denominado coletor 2, e seu primeiro trecho terá a denotação 1, ficando o primeiro trecho do coletor 2 denotado por “2-1”. Os demais trechos e coletores serão definidos seguindo esta sequência lógica.

Deste modo, a extensão total de rede coletora ( $L_t$ ) para área de projeto é de 790 m. Adotaremos que esse valor será constante para início e fim de plano, uma vez que a rede necessária para atender as residências já será executada, independente de ainda não existirem imóveis já construídas no loteamento.

**IMPORTANTE:** Por se tratar de uma área de projeto com declividade plana, neste exemplo, não efetuaremos o cálculo da declividade máxima. Os cálculos serão executados em declividade mínima, com vistas a minimizar a custos de escavação.

Figura 23 - Traçado preliminar da rede (em vermelho) em função da topografia, com a rede coletora passando em todas as frentes de lote. Em azul, a numeração dos trechos.





**d- Determinação das vazões de esgoto:** O enunciado nos traz que a vazão per capita ( $q_i$ ) na área de projeto (para início e fim de plano) é da ordem de 180 L / hab.dia, e a taxa de infiltração é de 0,07 L/s.km.

**IMPORTANTE:** Neste exemplo, descarga pontual ( $Q_{ci}$ ) referente à escola será utilizada como descarga pontual, lançada no trecho referente. Portanto, ela **NÃO** entrará no cálculo das taxas de contribuição.

- Assim, a vazão média de esgoto doméstico de início de plano ( $\bar{Q}_i$ ) será:

$$\bar{Q}_i = \frac{C.P_i.q_i}{86400} \rightarrow \bar{Q}_i = \frac{0,8 \cdot 70 \text{ pessoas} \cdot 180 \text{ L/pessoas.dia}}{86400 \text{ s/dia}} = 0,12 \text{ L/s}$$

- A vazão média de esgoto doméstico de fim de plano ( $\bar{Q}_f$ ) será:

$$\bar{Q}_f = \frac{C.P_f.q_f}{86400} \rightarrow \bar{Q}_f = \frac{0,8 \cdot 200 \text{ pessoas} \cdot 180 \text{ L/pessoas.dia}}{86400 \text{ s/dia}} = 0,33 \text{ L/s}$$

Como as descargas pontuais da área de projeto serão inseridas no dimensionamento do trecho específico, teremos:

- Para vazão máxima de esgoto sanitário de início de plano, tem-se:  $Q_i = k_2 \cdot \bar{Q}_i + I_i$ ; e
- Para vazão máxima de esgoto sanitário de fim de plano:  $Q_f = k_2 \cdot k_1 \cdot \bar{Q}_f + I_f$
- Determinando a vazão de infiltração ( $I_x$ ), sendo a taxa de infiltração e comprimento total de rede, os mesmos para início de fim de plano. Assim  $I_i = I_f = 0,79 \text{ km} \times 0,07 \text{ L/s.km} = 0,055 \text{ L/s}$ .
- $Q_i = k_2 \cdot \bar{Q}_i + I_i = 1,5 \times 0,12 \text{ L/s} + 0,055 \text{ L/s} = 0,20 \text{ L/s}$
- $Q_f = k_2 \cdot k_1 \cdot \bar{Q}_f + I_f = 1,2 \times 1,5 \times 0,33 \text{ L/s} + 0,055 \text{ L/s} = 0,65 \text{ L/s}$

**e- cálculo da taxa de contribuição linear:**

- - Para início de plano:  $Tx_i = Q_i/L_i = 0,20 \text{ L/s} \div 790 \text{ m} = 0,00025 \text{ L/s.m}$
- - Para fim de plano:  $Tx_f = Q_f/L_f = 0,65 \text{ L/s} \div 790 \text{ m} = 0,00082 \text{ L/s.m}$

**f- dimensionamento dos coletores de esgoto:** O dimensionamento deve ser efetuado de montante para jusante, respeitando a numeração dos trechos, e a alimentação dos coletores. Deve se buscar a declividade mínima do coletor, de forma a atender ao arraste mínimo de 1 Pa para redes coletoras de esgoto.

**- Dimensionamento Trecho 1-1:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0$  m/m ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 1-1} = T x_i \cdot L_{1-1} = 0,00025 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,025 \text{ L/s.}$$

Como  $Q_i < 1,5$  L/s (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5$  L/s.

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045$  m/m ou 0,5% para o trecho 1-1;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 1-1 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação). Calculando  $Q_f$  no trecho 1-1 teremos  $= 0,00082 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,082 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s}$ . Então, adotaremos como  $Q_f$  para o trecho 1-1 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro indicado pelo equacionamento (0,075 m) é inferior ao diâmetro mínimo indicado para ser adotado no coletor pelo enunciado (0,15 m). Desta forma, o diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c\ 1-1} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f\ 1-1} = 0,0015$  m<sup>3</sup>/s,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045$  m/m, teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009$  m; e  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c\ 1-1} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3$  m/s

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 1-1 teremos:

$$V_f = Q_f/A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f\ 1-1} < V_{c\ 1-1}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

**IMPORTANTE:** O diâmetro a ser selecionado, deve buscar, sempre que possível, a lâmina mínima de 20%, para início de plano, o que não foi possível no caso em tela, pois, na  $Q_f$  a lâmina é de 9%. Neste caso, deve-se adotar soluções paliativas, principalmente em início de plano, de forma a evitar problemas de obstrução nos coletores nessas condições hidráulicas.

Algumas medidas de prevenção consistem em:

- a) Instalação de dispositivos de controle de fluxo:** Utilizar dispositivos que possam controlar e regular o fluxo de esgoto dentro da tubulação, garantindo uma velocidade mínima que previna a sedimentação, mesmo em condições de baixa vazão;
- b) Manutenção, inspeção e limpeza periódica:** Implementar um plano de manutenção que inclua limpezas periódicas das tubulações para remover sedimentos acumulados. Embora isso possa aumentar os custos operacionais, pode ser uma solução viável se ajustes no sistema não forem possíveis ou práticos; e
- c) Adoção de sistemas de recirculação:** Em casos extremos, pode-se considerar a implementação de sistemas de recirculação que mantenham um fluxo mínimo constante na tubulação, assegurando a movimentação dos sólidos e evitando a sedimentação.

A seleção de medidas deve ser baseada em uma análise técnica detalhada e considerar aspectos econômicos, operacionais e ambientais.

**- Dimensionamento Trecho 1-2:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0$  m/m ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 1-2} = Q_{i\ 1-1} + T x_i \cdot L_{1-2} = 0,025 + 0,00025 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,050 \text{ L/s.}$$

Como  $Q_i < 1,5$  L/s (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5$  L/s.

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045$  m/m ou 0,5% para o trecho 1-2;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 1-2 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75$  % e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f\ 1-2} = Q_{f\ 1-1} + T x_f \cdot L_{1-2}$  no trecho 1-2 teremos

$$Q_{f\ 1-2} = 0,082 \text{ L/s} + 0,00082 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,164 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s.}$$

Então, adotaremos como  $Q_{f\ 1-2}$  para o trecho 1-2 o valor de 1,5 L/s:

$$D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro indicado pelo equacionamento (0,075 m) é inferior ao diâmetro mínimo indicado para ser adotado no coletor pelo enunciado (0,15 m). Desta forma, o diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c\ 1-2} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f\ 1-2} = 0,0015$   $m^3/s$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045$   $m/m$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009$   $m$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c\ 1-2} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3$   $m/s$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 1-2 teremos:

$$V_{f\ 1-2} = Q_{f\ 1-2} / A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9$$
  $m/s$

→ Como  $V_{f\ 1-2} < V_{c\ 1-2}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 2-1:**

Atenção ao dimensionamento!! Pelo traçado estabelecido (Figura 25), no poço de visita de jusante ao trecho 1-2, recebe-se a contribuição do coletor 2 (composto por dois trechos, o 2- e o 2-2) e do coletor 3 (3-1). Deste modo, para dimensionamento do coletor 1-3, faz-se necessário o dimensionamento da contribuição dos coletores 2 e 3, uma vez que a vazão no coletor 1-3 será dada pelos somatórios das vazões dos coletores imediatamente a montante dele, acrescido a suas próprias contribuições ( $Q_{i\ 1-3} = Q_{i\ 1-2} + Q_{i\ 2-2} + Q_{i\ 3-1} + Tx_i \cdot L_{1-3}$ ).

ATENÇÃO: Em planta também tem-se a indicação de uma descarga pontual concentrada referente à escola, da ordem de 0,2 L/s. Deste modo a vazão no trecho 2-1 será dada por:

$$Q_{i\ 2-1} = Tx_i \cdot L_{2-1} + Q_{ci}$$

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0$   $m/m$  ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 2-1} = Tx_i \cdot L_{2-1} + Q_{ci} = 0,00025$$
  $L/s \cdot m \times 50m + 0,20$   $L/s = 0,213$   $L/s$ .

Como  $Q_i < 1,5$   $L/s$  (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5$   $L/s$ .

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5$   $L/s^{-0,47} = 0,0045$   $m/m$  ou 0,5% para o trecho 2-1;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 2-1 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}}\right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f2-1} = T x_f \cdot L_{2-1} + Q_{cf}$  no trecho 2-1 teremos

$$Q_{f2-1} = 0,00082 \text{ L/s.m} \times 50 \text{ m} + 0,20 \text{ L/s} = 0,241 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s.}$$

Então, adotaremos como  $Q_{f2-1}$  para o trecho 2-1 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}}\right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c2-1} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f2-1} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045 \text{ m/m}$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009 \text{ m}$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

$$\text{Assim, } V_{c2-1} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 \text{ m/s}$$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 2-1 teremos:

$$V_{f2-1} = Q_{f2-1}/A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f2-1} < V_{c2-1}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 2-2:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0 \text{ m/m}$  ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min}=0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 2-2} = Q_{i\ 2-1} + T x_i \cdot L_{2-2} = 0,213 \text{ L/s} + 0,00025 \text{ L/s.m} \times 80 \text{ m} = 0,233 \text{ L/s.}$$

Como  $Q_i < 1,5 \text{ L/s}$  (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5 \text{ L/s}$ .

Assim,  $I_{min}=0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045 \text{ m/m}$  ou 0,5% para o trecho 2-2;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 2-2 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

#### \* Diâmetro do coletor:

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}}\right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f\ 2-2} = Q_{f\ 2-1} + T x_f \cdot L_{2-2}$  no trecho 2-2 teremos

$$Q_{f\ 2-2} = 0,241 \text{ L/s} + 0,00082 \text{ L/s.m} \times 80 \text{ m} = 0,31 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s.}$$

Então, adotaremos como  $Q_{f\ 2-2}$  para o trecho 2-2 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}}\right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro indicado pelo equacionamento (0,075 m) é inferior ao diâmetro mínimo indicado para ser adotado no coletor pelo enunciado (0,15 m). Desta forma, o diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

#### \* Velocidade Crítica:

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c\ 2-2} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f\ 2-2} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045 \text{ m/m}$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009 \text{ m}$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

$$\text{Assim, } V_{c\ 2-2} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 \text{ m/s}$$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 2-2 teremos:

$$V_{f\ 2-2} = Q_{f\ 2-2} / A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$



→ Como  $V_{f2-2} < V_{c2-2}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 3-1:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0$  m/m ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i3-1} = T x_i \cdot L_{3-1} = 0,00025 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,025 \text{ L/s.}$$

Como  $Q_i < 1,5$  L/s (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5$  L/s.

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045$  m/m ou 0,5% para o trecho 3-1;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 3-1 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f3-1} = T x_f \cdot L_{3-1}$  no trecho 3-1 teremos

$$Q_{f3-1} = 0,00082 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,082 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s.}$$

Então, adotaremos como  $Q_{f3-1}$  para o trecho 3-1 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c3-1} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f3-1} = 0,0015$  m<sup>3</sup>/s,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045$  m/m, teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009$  m;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c\ 3-1} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 \text{ m/s}$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 2-1 teremos:

$$V_{f\ 3-1} = Q_{f\ 3-1} / A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f\ 3-1} < V_{c\ 3-1}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

### - Dimensionamento Trecho 1-3:

#### \* Declividade do coletor:

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0 \text{ m/m}$  ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 1-3} = Q_{i\ 1-2} + Q_{i\ 2-2} + Q_{i\ 3-1} + Tx_i \cdot L_{1-3} = 0,05 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,233 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,025 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 0,00025 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m}$$

$$Q_{i\ 1-3} = 0,33 \text{ L/s}$$

Como  $Q_{i\ 1-3} < 1,5 \text{ L/s}$  (vazão de uma descarga), utiliza-se na equação de  $I_{min}$  a  $Q_i = 1,5 \text{ L/s}$ .

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045 \text{ m/m}$  ou 0,5% para o trecho 1-3;

→ Como  $I_{TER} < I_{min}$ , calculado para a vazão  $Q_i$ , a declividade do coletor ( $I_T$ ) 1-3 a ser adotada será  $I_{min}$  de 0,0045 m/m.

#### \* Diâmetro do coletor:

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f\ 1-3} = Q_{f\ 1-2} + Q_{f\ 2-2} + Q_{f\ 3-1} + Tx_f \cdot L_{1-3}$  no trecho 1-3 teremos

$$Q_{f\ 1-3} = 0,164 \text{ L/s} + 0,31 \text{ L/s} + 0,082 \text{ L/s} + 0,00082 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,64 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s}.$$

Então, adotaremos como  $Q_{f\ 1-3}$  para o trecho 1-3 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c\ 1-3} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f\ 1-3} = 0,0015$  m<sup>3</sup>/s,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045$  m/m, teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009$  m;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c\ 1-3} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3$  m/s

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 2-1 teremos:

$$V_{f\ 1-3} = Q_{f\ 1-3} / A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f\ 1-3} < V_{c\ 1-3}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 4-1:**

→ Para dimensionamento do trecho 1-4, faz-se necessário, de maneira análoga ao trecho 1-3, dimensionar as contribuições dos coletores a montante dele. No caso, temos os trechos 1-3, e o coletor 4 (composto pelos trechos 4-1 e 4-2). Deste modo, inicialmente dimensionaremos o trecho 4-1;

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100) / 100 = 0$  m/m ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 4-1} = T x_i \cdot L_{4-1} = 0,00025 \text{ L/s.m} \times 80\text{m}$$

$Q_{i\ 4-1} = 0,02$  L/s  $\therefore Q_{i\ 4-1} = 1,5$  L/s (adotado) e  $I_{min} = 0,0045$  m/m ou 0,5% para o trecho 4-1;

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f4-1} = Tx_f \cdot L_{4-1} = 0,00082 \frac{L}{s} \times 80 \text{ m} = 0,066 \text{ L/s} \therefore Q_{f4-1} = 1,5 \text{ L/s}$

$$D \text{ (m)} = \left( 0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c4-1} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f4-1} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045 \text{ m/m}$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009 \text{ m}$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c4-1} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 \text{ m/s}$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 2-1 teremos:

$$V_{f4-1} = Q_{f4-1}/A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f4-1} < V_{c4-1}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 4-2:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100)/100 = 0 \text{ m/m}$  ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i4-2} = Q_{i4-1} + Tx_i \cdot L_{4-2} = 0,02 + 0,00025 \text{ L/s.m} \times 100\text{m} = 0,045 \text{ L/s} \leq 1,5 \text{ L/s} \therefore Q_i = 1,5 \text{ L/s.}$$

Assim,  $I_{min} = 0,0055 \times 1,5 \text{ L/s}^{-0,47} = 0,0045 \text{ m/m}$

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}}\right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f4-2} = Q_{f4-1} + T x_f \cdot L_{4-2}$  no trecho 4-2 teremos

$$Q_{f4-2} = 0,066 \text{ L/s} + 0,00082 \text{ L/s.m} \times 100 \text{ m} = 0,15 \text{ L/s} < 1,5 \text{ L/s.}$$

Então, adotaremos como  $Q_{f4-2}$  para o trecho 4-2 o valor de 1,5 L/s :

$$D \text{ (m)} = \left(0,0457 \frac{0,0015 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0045^{1/2}}\right)^{3/8} = 0,075 \text{ m}$$

→ O diâmetro indicado pelo equacionamento (0,075 m) é inferior ao diâmetro mínimo indicado para ser adotado no coletor pelo enunciado (0,15 m). Desta forma, o diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c4-2} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f4-2} = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045 \text{ m/m}$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009 \text{ m}$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c4-2} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 \text{ m/s}$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 1-2 teremos:

$$V_{f4-2} = Q_{f4-2}/A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 \text{ m/s}$$

→ Como  $V_{f4-2} < V_{c4-2}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor.

**- Dimensionamento Trecho 1-4:**

**\* Declividade do coletor:**

→ Determinação da declividade do terreno ( $I_{TER}$ ) =  $(CT_m - CT_j) / L_t = (100 - 100)/100 = 0 \text{ m/m}$  ou 0%;

→ Declividade mínima  $I_{min}=0,0055 \times Q_i^{-0,47}$  (que garante o arraste de 1 Pa), com:

$$Q_{i\ 1-4} = Q_{i\ 1-3} + Q_{i\ 4-2} + T x_i \cdot L_{1-4} = 0,33 \frac{L}{s} + 0,045 \frac{L}{s} + 0,00025 L/s \cdot m \times 80m$$

$$Q_{i\ 1-4} = 0,40 L/s \leq 1,5 L/s \therefore Q_i = 1,5 L/s$$

Assim,  $I_{min}=0,0055 \times 1,5 L/s^{-0,47} = 0,0045 m/m$ ;

**\* Diâmetro do coletor:**

→ O diâmetro mínimo estabelecido pelo enunciado é de DN 150;

→ Utilizando a equação  $D (m) = \left( 0,0457 \frac{Q_f}{I_T^{1/2}} \right)^{3/8}$ , podemos estimar o diâmetro do coletor, com  $y_0/D = 75\%$  e manning de 0,013 (condições de degradação da tubulação).

Calculando  $Q_{f\ 1-4} = Q_{f\ 1-3} + Q_{f\ 4-2} + T x_f \cdot L_{1-4}$  no trecho 1-4 teremos

$$Q_{f\ 1-4} = 0,64 L/s + 0,15 L/s + 0,082 L/s + 0,00082 L/s \cdot m \times 80 m = 0,94 L/s < 1,5 L/s.$$

Então, adotaremos como  $Q_{f\ 1-4}$  para o trecho 1-4 o valor de 1,5 L/s :

$$D (m) = \left( 0,0457 \frac{0,0015 m^3/s}{0,0045^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,075 m$$

→ O diâmetro a ser adotado para instalação no trecho será o de 0,15 m (DN 150).

**\* Velocidade Crítica:**

→ Cálculo da velocidade crítica  $V_{c\ 1-4} = 6 \cdot \sqrt{g \cdot R_H}$ . Da tabela 1, para o DN 150 e  $Q_{f\ 1-4} = 0,0015 m^3/s$ ,  $n = 0,013$  e  $I_T = 0,0045 m/m$ , teremos  $F_H = 0,05 \therefore y_0/D = 0,09$ ;  $R_H = 0,0575 \times D = 0,009 m$ ;  $A = 0,035 (D)^2$ .

Assim,  $V_{c\ 1-4} = 6 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 0,009} = 3,3 m/s$

→ Calculando a velocidade de final de plano no trecho 1-4 teremos:

$$V_{f\ 1-4} = Q_{f\ 1-4} / A = 0,0015 / 0,035 (0,15)^2 = 1,9 m/s$$

→ Como  $V_{f\ 1-4} < V_{c\ 1-4}$  a lâmina máxima admissível pode extrapolar 50% do diâmetro do coletor. Contudo, a vazão para o DN selecionado, utiliza cerca de 9% do coletor.



**g- Estabelecimento das cotas dos coletores e definição dos órgãos acessórios de rede:** Após dimensionados as tubulações do SES, o próximo passo é a definição das cotas dos coletores, em planta, e o detalhamento dos órgãos acessórios do projeto. Como no dimensionamento, os cálculos são estabelecidos de montante à jusante, respeitando a ordem de chegada dos coletores no tramo principal.

A planta do projeto de rede coletora da área de projeto deve possuir todos os detalhamentos necessários à execução dos serviços técnicos de instalação do sistema.

#### **- Trecho 1-1**

\* A cota de terreno de montante ( $CT_m$ ) do trecho 1-1 é 100 m, e a de jusante ( $CT_j$ ) é de 100 m (ver em planta na figura 24);

\* A distância entre os pontos, que será adotada como comprimento do coletor ( $L_{T\ 1-1}$ ), é de 100 m (ver em planta na figura 24);

\* A declividade do trecho 1-1 ( $I_{T\ 1-1}$ ), estabelecida em “f”, é de 0,0045 m/m;

\* O diâmetro do coletor, estabelecido em “f”, é de 0,15 m (DN 150); e

\* O enunciado trata que a rede coletora deve ser executada na rua. Por norma, o recobrimento mínimo (Rec) em vias pavimentadas é de 0,90 m. Como o diâmetro da tubulação (DN) é de 0,15 m, a profundidade de instalação da tubulação de montante ( $H_m$ ) será dada por:

$$H_{M\ 1-1} = \text{Rec} + \text{DN} = 0,90\ \text{m} + 0,15\ \text{m} \rightarrow H_{M\ 1-1} = 1,05\ \text{m}$$

\* A Cota geométrica de instalação do coletor de Montante ( $CC_M$ ) se dá por:

$$CC_{M\ 1-1} = CC_{M\ 1-1} - H_{M\ 1-1} = 100\ \text{m} - 1,05\ \text{m} \rightarrow CC_M = 98,95\ \text{m}$$

\* A cota geométrica de instalação do coletor de jusante ( $CC_J$ ) se dá por:

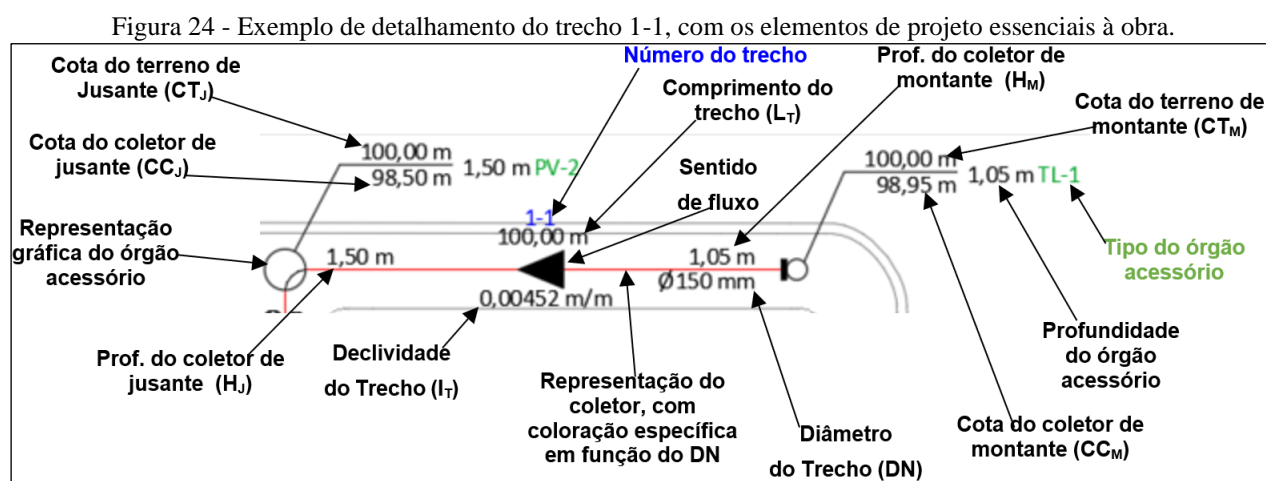
$$CC_{J\ 1-1} = CC_{M\ 1-1} - (I_{T\ 1-1} \times L_{T\ 1-1}) = 98,95\ \text{m} - (0,0045\ \text{m/m} \times 100\ \text{m}) \rightarrow CC_J = 98,50\ \text{m}$$

\* A profundidade de instalação da tubulação de jusante ( $H_J$ ) será dada por:

$$H_{J\ 1-1} = CT_{J\ 1-1} + CC_{J\ 1-1} = 100\ \text{m} - 98,50\ \text{m} \rightarrow H_{J\ 1-1} = 1,50\ \text{m}$$

\* Os dispositivos de inspeção a serem instalados a montante e a jusante, o serão em função de suas finalidades. A montante, como não há contribuições acima dele, há a necessidade apenas de acesso para inserção de dispositivos de desobstrução e limpeza. Por esse motivo, instalar-se-á um Terminal de Limpeza (TL). À jusante, como há mudança de direção de fluxo, pode ser instalado um poço de inspeção (PI) ou Poço de Inspeção e Visita (PV). O detalhamento do trecho com as informações em planta, é apresentado na figura 24.

**IMPORTANTE:** O padrão de simbologia para representação dos elementos de projeto dependerá o manual de elementos gráficos e do manual de elaboração de projetos do setor/empresa/departamento responsável pela operação dos serviços de saneamento básico do município ao qual a rede será projetada e executada.



### - Trecho 1-2

\* A cota de terreno de montante ( $CT_m$ ) do trecho 1-2 é 100 m, e a de jusante ( $CT_j$ ) é de 100 m (ver em planta na figura 24);

\* A distância entre os pontos, que será adotada como comprimento do coletor ( $L_{T1-2}$ ), é de 50 m (ver em planta na figura 24);

\* A declividade do trecho 1-2 ( $I_{T1-2}$ ), estabelecida em “f”, é de 0,0045 m/m;

\* O diâmetro do coletor, estabelecido em “f”, é de 0,15 m (DN 150); e

\* O trecho 1-2 é jusante do trecho 1-1. Portanto, a sua cota de montante não pode ser mais “rasa” que a jusante de 1-1, senão o esgoto gerado a montante não escoará. Deste modo, convencionalmente, adotar-se-á como a cota de jusante do trecho 1-1, como a cota do coletor de montante do trecho 1-2, assegurando assim a continuidade do escoamento do esgoto;

\* Deve ser respeitado o recobrimento mínimo de 0,90 m. Como o  $H_{J1-1} = H_{M1-2} = 1,50$  m, atende à condição de recobrimento;

\* A  $CC_{J1-2}$  sera  $CC_{J1-2} = CC_{M1-2} - (I_{T1-2} \times L_{T1-2}) = 98,50$  m -  $(0,0045$  m/m  $\times 100$  m)  $\rightarrow$   
 $CC_{J1-2} = 98,05$  m;

\* A profundidade de instalação da tubulação de jusante ( $H_{J1-2}$ ) será dada por:

$$H_{J1-2} = CT_{J1-2} + CC_{J1-2} = 100$$
 m - 98,05 m  $\rightarrow H_{J1-2} = 1,95$  m

\* Dada a profundidade do coletor, e a distância entre o PV-2, o PV-3 (órgão acessório a jusante do trecho 1-2) deverá ser do tipo de inspeção e visita.

### **- Trecho 2-1**

\* Considerando o sentido de escoamento estabelecido, a profundidade do coletor 1-3 dependerá da profundidade dos coletores a montante a ele. Ante o exposto, há a necessidade de dimensionamento dos coletores que alimentam o coletor 1-3, no caso os coletores 2 e 3 (Figura 25);

\* A cota de terreno de montante ( $CT_{M2-1}$ ) do trecho 2-1 é 100 m, e a de jusante ( $CT_{J2-1}$ ) é de 100 m (ver em planta na figura 24);

\* A distância entre os pontos, que será adotada como comprimento do coletor ( $L_{T2-1}$ ), é de 50 m (ver em planta na figura 24);

\* A declividade do trecho 2-1 ( $I_{T2-1}$ ), estabelecida em "f", é de 0,0045 m/m;

\* O diâmetro do coletor, estabelecido em "f", é de 0,15 m (DN 150); e

\* Recobrimento mínimo (Rec) em vias pavimentadas é de 0,90 m e a profundidade de instalação da tubulação de montante ( $H_{M2-1}$ ) será dada por:

$$H_{M2-1} = Rec + DN = 0,90$$
 m + 0,15 m  $\rightarrow H_{M2-1} = 1,05$  m

\* A Cota geométrica de instalação do coletor de Montante ( $CC_{M2-1}$ ) se dá por:

$$CC_{M2-1} = CC_{M2-1} - H_{M2-1} = 100$$
 m - 1,05 m  $\rightarrow CC_{M2-1} = 98,95$  m

\* Início de rede, utilizaremos Terminal de Limpeza (TL);

\* A cota geométrica de instalação do coletor de jusante ( $CC_{J2-1}$ ) se dá por:

$$CC_{J2-1} = CC_{M2-1} - (I_{T2-1} \times L_{T2-1}) = 98,95$$
 m -  $(0,0045$  m/m  $\times 50$  m)  $\rightarrow CC_{J2-1} = 98,72$  m

\* A profundidade de instalação da tubulação de jusante ( $H_J$ ) será dada por:

$$H_{J2-1} = CT_{J2-1} + CC_{J2-1} = 100 \text{ m} - 98,72 \text{ m} \rightarrow H_{J2-1} = 1,28 \text{ m}$$

### **- Trecho 2-2**

\*  $CT_{M2-2} = 100 \text{ m}$  e a  $CT_{J2-2} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T2-2} = 80 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T1-2} = 0,0045 \text{ m/m}$ ;

\* DN 150;

\* O trecho 2-2 é jusante do trecho 2-1  $\therefore H_{J2-1} = H_{M2-2} = 1,28 \text{ m}$ , e atende à condição de recobrimento (0,90 m);

\*  $CC_{M2-2} = CT_{M2-2} - H_{M2-2} = 100 \text{ m} - 1,28 = 98,72 \text{ m}$

\*  $CC_{J2-2} = CC_{M2-2} - (I_{T2-2} \times L_{T2-2}) = 98,72 \text{ m} - (0,0045 \text{ m/m} \times 80 \text{ m}) \rightarrow CC_{J2-2} = 98,36 \text{ m}$ ;

\* A profundidade de instalação da tubulação de jusante ( $H_{J2-2}$ ) será dada por:

$$H_{J2-2} = CT_{J2-2} + CC_{J2-2} = 100 \text{ m} - 98,05 \text{ m} \rightarrow H_{J2-2} = 1,95 \text{ m}$$

\* Dada a profundidade do coletor, e a distância entre o PV-2, o PV-3 (órgão acessório a jusante do trecho 1-2) deverá ser do tipo de inspeção e visita.

### **- Trecho 3-1**

\*  $CT_{M3-1} = 100 \text{ m}$ , e a  $CT_{J3-1} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T3-1} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T3-1} = 0,0045 \text{ m/m}$ ;

\* DN 150;

\*  $H_{M3-1} = \text{Rec} + \text{DN} = 0,90 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \rightarrow H_{M3-1} = 1,05 \text{ m}$

\* Início de rede, uso de TL;

\*  $CC_{M3-1} = CC_{M3-1} - H_{M3-1} = 100 \text{ m} - 1,05 \text{ m} \rightarrow CC_{M3-1} = 98,95 \text{ m}$ ;

\*  $CC_{J3-1} = CC_{M3-1} - (I_{T3-1} \times L_{T3-1}) = 98,95 \text{ m} - (0,0045 \text{ m/m} \times 100 \text{ m}) \rightarrow CC_{J3-1} = 98,50 \text{ m}$ ; e

\*  $H_{J3-1} = CT_{J3-1} + CC_{J3-1} = 100 \text{ m} - 98,50 \text{ m} \rightarrow H_{J3-1} = 1,50 \text{ m}$ .

### **- Trecho 1-3**

\* Esse trecho recebe 3 trechos de montante (1-2, 2-2 e 3-1), com profundidades distintas, sendo:  $H_{J_{1-2}} = 1,95 \text{ m}$ ;  $H_{J_{2-2}} = 1,64 \text{ m}$ ; e  $H_{J_{3-1}} = 1,50 \text{ m}$ . Para garantias de escoamento de todos os trechos a montante de 1-3, devemos adotar como profundidade de montante do trecho 1-3 ( $H_{M_{1-3}}$ ), a maior profundidade dos trechos a sua montante, no caso,  $H_{M_{1-3}} = H_{J_{1-2}} = 1,95 \text{ m}$ , que também respeita o recobrimento mínimo;

\* Os trechos 2-2 (1,64 m) e 3-1 (1,50 m) chegam mais rasos que  $H_{J_{1-3}}$  (1,95 m). Faremos uso de degrau para a conexão com o PV 3;

\*  $CT_{M_{1-3}} = 100 \text{ m}$ , e a  $CT_{J_{1-3}} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T_{1-3}} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T_{1-3}} = 0,0045 \text{ m/m}$ ;

\* DN 150;

\*  $CC_{M_{1-3}} = CC_{M_{1-3}} - H_{M_{1-3}} = 100 \text{ m} - 1,95 \text{ m} \rightarrow CC_{M_{1-3}} = 98,05 \text{ m}$ ;

\*  $CC_{J_{1-3}} = CC_{M_{1-3}} - (I_{T_{1-3}} \times L_{T_{1-3}}) = 98,05 \text{ m} - (0,0045 \text{ m/m} \times 100 \text{ m}) \rightarrow CC_{J_{1-3}} = 97,60 \text{ m}$ ; e

\*  $H_{J_{1-3}} = CT_{J_{1-3}} + CC_{J_{1-3}} = 100 \text{ m} - 97,60 \text{ m} \rightarrow H_{J_{1-3}} = 2,40 \text{ m}$ .

### **- Trecho 4-1**

\* Montante do trecho 1-4, deve ser dimensionado antes;

\*  $CT_{M_{4-1}} = 100 \text{ m}$ , e a  $CT_{J_{4-1}} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T_{4-1}}$ , é de 80 m (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T_{4-1}} = 0,0045 \text{ m/m}$ ;

\* DN 150;

\*  $H_{M_{4-1}} = \text{Rec} + \text{DN} = 0,90 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \rightarrow H_{M_{4-1}} = 1,05 \text{ m}$

\*  $CC_{M_{4-1}} = CC_{M_{4-1}} - H_{M_{4-1}} = 100 \text{ m} - 1,05 \text{ m} \rightarrow CC_{M_{4-1}} = 98,95 \text{ m}$

\* Início de rede, utilizaremos Terminal de Limpeza (TL);

\*  $CC_{J_{4-1}} = CC_{M_{4-1}} - (I_{T_{4-1}} \times L_{T_{4-1}}) = 98,95 \text{ m} - (0,0045 \text{ m/m} \times 100 \text{ m}) \rightarrow CC_{J_{4-1}} = 98,59 \text{ m}$

\*  $H_{J_{4-1}} = CT_{J_{4-1}} + CC_{J_{4-1}} = 100 \text{ m} - 98,59 \text{ m} \rightarrow H_{J_{4-1}} = 1,41 \text{ m}$

### **- Trecho 4-2**

\*  $CT_{M_{4-2}} = 100 \text{ m}$  e a  $CT_{J_{4-2}} = 100 \text{ m}$  (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T_{4-2}} =$  de 100 m (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T_{4-2}} = 0,0045 \text{ m/m}$ ;

\* DN 150;

\* O trecho 4-2 é jusante do trecho 4-1  $\therefore H_{J4-1} = H_{M4-2} = 1,41$  m, e atende à condição de recobrimento (0,90 m);

\*  $CC_{M4-2} = CT_{M4-2} - H_{M4-2} = 100$  m - 1,41 = 98,59 m

\*  $CC_{J4-2} = CC_{M4-2} - (I_{T4-2} \times L_{T4-2}) = 98,59$  m - (0,0045 m/m  $\times$  100 m)  $\rightarrow CC_{J4-2} = 98,14$  m;

\*  $H_{J4-2} = CT_{J4-2} + CC_{J4-2} = 100$  m - 98,14 m  $\rightarrow H_{J4-2} = 1,86$  m

\* Uso de Poço de inspeção e visita (PV).

#### **- Trecho 1-4**

\* Recebe os trechos 1-3 e 4-2;

\*  $CT_{M1-4} = 100$  m e a  $CT_{J1-4} = 100$  m (ver em planta na figura 24);

\*  $L_{T1-4} =$  de 80 m (ver em planta na figura 24);

\*  $I_{T4-2} = 0,0045$  m/m;

\* DN 150;

\* O trecho 1-4 é jusante dos trechos 1-3 ( $H_{J1-3} = 2,40$  m) e 4-2 ( $H_{J4-2} = 1,86$  m). Adotaremos como  $H_{M1-4}$ , o valor mais profundo, ou seja,  $H_{M1-4} = H_{J1-3} = 2,40$  m;

\*  $CC_{M1-4} = CT_{M1-4} - H_{M1-4} = 100$  m - 2,40 = 97,60 m

\*  $CC_{J1-4} = CC_{M1-4} - (I_{T1-4} \times L_{T1-4}) = 97,60$  m - (0,0045 m/m  $\times$  800 m)  $\rightarrow CC_{J1-4} = 97,23$  m; e

\* Há de se observar na Figura 24, que o PV de jusante do trecho 1-4 refere-se a um PV existente da rede coletora ao qual iremos interligar nossa área de projeto. E ele tem a profundidade de 3,0 m ( $CC_{existente} = 97$  m). Em nosso dimensionamento, o trecho 1-4, a jusante, chega com cota 97,23 m, sendo um pouco acima do PV existente, permitindo sua interligação, e manutenção das condições hidráulicas do coletor.

**NOTA:** O dimensionamento manual, como observado, pode ser um processo extenso. Modernamente, este procedimento é realizado com o auxílio de planilhas eletrônicas ou softwares (alguns destes estão elencados no Item 7 – Softwares de Dimensionamento). Os softwares de dimensionamento têm a vantagem de já realizar o desenho do traçado, além de facilitar simulações de diversas opções de caminhamento de coletor. Softwares como o AutoCAD Civil 3D vão além, permitindo a elaboração de planilha orçamentária com quantificação dos serviços e materiais referentes ao traçado dimensionado.



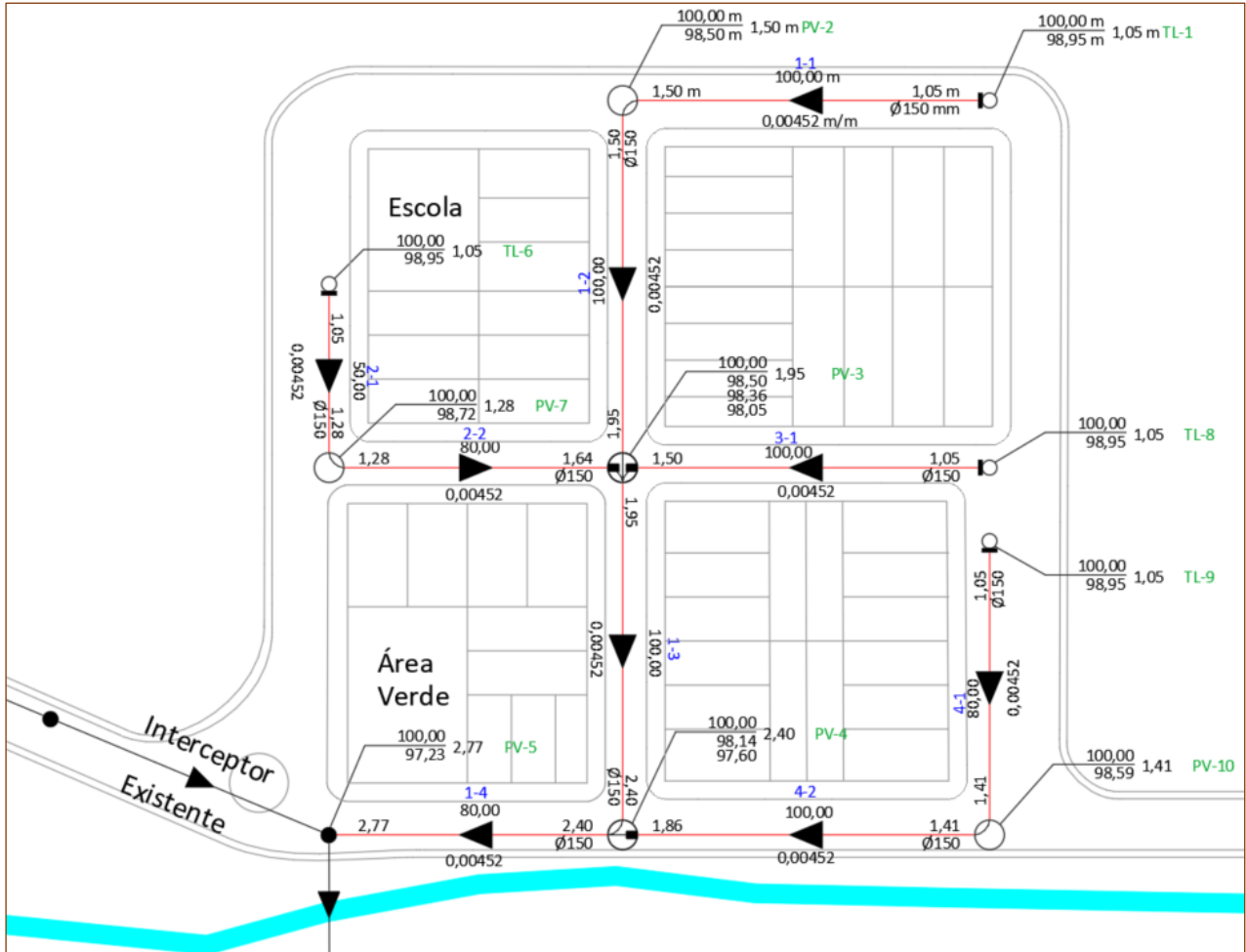
Por fim, elaborou-se uma tabela resumo compilando os resultados calculados (Tabela 7).

Tabela 7 - Planilha resumo do dimensionamento efetuado.

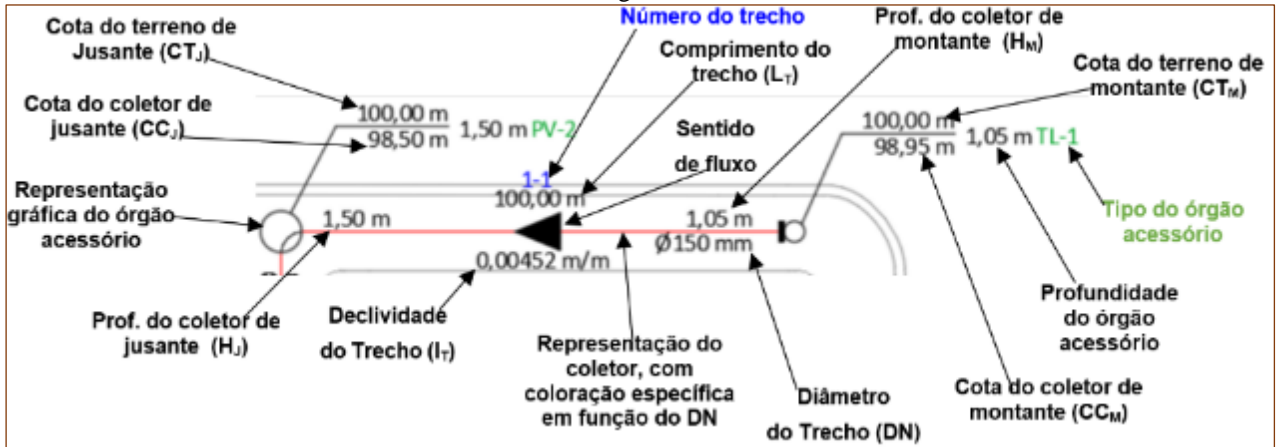
Coletor	Trecho	PV	Ext. (m)	Contr. Linear INI./FIM (L/s)	Contr. Trecho INI./FIM (L/s)	Q Pontual INI./FIM (L/s)	Q calculado INI./FIM (L/s)	Q projeto INI./FIM (L/s)	DN mm	Decliv m/m	Cota Terreno MONT/JUS (m)	Cota Coletor MONT/JUS (m)	Recobri. Coletor MONT/JUS (m)	Prof. Vala MONT/JUS (m)	Y/D INI./FIM	V INI./FIM (m/s)	Tensão Trativa INI./FIM (Pa)	Vcrit INI./FIM (m/s)
1	1-1		100,00	0,05	0,13	0,00	0,18	1,50	150	0,0045	100,00	98,95	0,90	1,05	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,05	0,19	0,00	0,24	1,50			100,00	98,50	1,35	1,50	0,26	0,41	1,02	2,83
1	1-2		100,00	0,05	0,13	0,00	0,36	1,50	150	0,0045	100,00	98,50	1,35	1,50	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,05	0,19	0,00	0,48	1,50			100,00	98,05	1,80	1,95	0,26	0,41	1,02	2,83
2	2-1		50,00	0,03	0,07	0,00	0,09	1,50	150	0,0045	100,00	98,95	0,90	1,05	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,03	0,09	0,00	0,12	1,50			100,00	98,73	1,12	1,27	0,26	0,41	1,02	2,83
2	2-2		80,00	0,04	0,11	0,00	0,24	1,50	150	0,0045	100,00	98,73	1,12	1,27	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,04	0,15	0,00	0,31	1,50			100,00	98,37	1,48	1,63	0,26	0,41	1,02	2,83
3	3-1		100,00	0,05	0,13	0,00	0,18	1,50	150	0,0045	100,00	98,95	0,90	1,05	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,05	0,19	0,00	0,24	1,50			100,00	98,50	1,35	1,50	0,26	0,41	1,02	2,83
1	1-3		100,00	0,05	0,13	0,00	0,96	1,50	150	0,0045	100,00	98,05	1,80	1,95	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,05	0,19	0,00	1,27	1,50			100,00	97,60	2,25	2,40	0,26	0,41	1,02	2,83
4	4-1		80,00	0,04	0,11	0,00	0,15	1,50	150	0,0045	100,00	98,95	0,90	1,05	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,04	0,15	0,00	0,19	1,50			100,00	98,59	1,26	1,41	0,26	0,41	1,02	2,83
4	4-2		100,00	0,05	0,13	0,00	0,33	1,50	150	0,0045	100,00	98,59	1,26	1,41	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,05	0,19	0,00	0,43	1,50			100,00	98,14	1,71	1,86	0,26	0,41	1,02	2,83
1	1-4		80,00	0,04	0,11	0,00	1,44	1,50	150	0,0045	100,00	97,60	2,25	2,40	0,26	0,41	1,02	2,83
				0,04	0,15	0,00	1,90	1,90			100,00	97,24	2,61	2,76	0,29	0,44	1,12	2,97

**h- Elaboração da planta executiva para execução:** Estabelecidos todos os critérios essenciais à obra, é necessário elaborar a planta do projeto de engenharia da rede coletora dimensionada (Figura 25), utilizando o padrão de elementos gráficos do município ao qual o projeto será submetido para análise.

Figura 25 - Projeto de rede coletora dimensionada.



Legenda:



Qualquer orçamento de serviço baseia-se em dados técnicos obtidos do projeto básico ou Executivo e de suas variantes à execução da obra, fatos que permitem um mínimo de previsibilidade.

Simplificadamente pode-se dizer que para montar um orçamento é necessário conhecer os coeficientes de produtividade da mão de obra, consumo dos materiais e consumo horário dos equipamentos utilizados para fazer os serviços da obra. A multiplicação do consumo pelo custo unitário e pelas quantidades de serviços da obra nos dará o custo diretamente utilizado na produção de cada um dos serviços de execução do projeto.

Para uma orçamentação realística, a equipe de projeto deve se atentar a todos os detalhes executivos do sistema dimensionado.

**IMPORTANTE:** Reuniões com a equipe de execução/fiscalização para fechamento da orçamentação são altamente recomendados para evitar/minimizar imprevistos e serviços/insumos não relacionados na orçamentação inicial.

Além desses consumos, são necessários os preços unitários de cada insumo e as quantidades de serviços envolvidos na obra. Pode-se usar informações do SINAPI para compor os custos unitários. O SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) é uma referência nacional de custos e índices da construção civil, mantido atualizado pela Caixa Econômica Federal em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ele fornece preços unitários de materiais, mão de obra e equipamentos, baseados em pesquisas realizadas em diversas regiões do país, garantindo uma base confiável para a elaboração de orçamentos de obras. Um tutorial de como baixar os dados da Tabela SINAPI pode ser acessado em:

[https://www.youtube.com/watch?v=CFZJeJgEw3Q&ab\\_channel=Eng.AlexWetler](https://www.youtube.com/watch?v=CFZJeJgEw3Q&ab_channel=Eng.AlexWetler).

Para projetos contratados por departamentos de água e esgoto ou companhias de saneamento, é bastante usual que estes órgãos possuam suas próprias composições de preços, tendo por base o SINAPI e composições próprias, para serem utilizados como referência nos orçamentos dos serviços por eles contratados.

### 5.1 DOCUMENTOS NECESSÁRIOS À MONTAGEM DO ORÇAMENTO

- **Projetos Executivos:** de todos os elementos da obra ou serviço, necessários à execução técnica da obra de saneamento;
- **Memorial Descritivo:** definido, que tem por objetivo caracterizar as condições e métodos de execução e o padrão para cada tipo de serviço, indicando os locais de aplicação deles; e

- **Condições Contratuais:** claras, inclusive com critérios de medição, definição de responsabilidades, definindo-se demais fatores que possam influenciar no custo total.

## 5.2 TIPOS DE SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) disponibiliza dois tipos de orçamentos para insumos (tubos de PVC, concreto, anel de vedação para tubo de PVC, brita 1, areia etc.) e serviços (assentamento de tubulação, escavação e reaterro de vala etc.): desonerado e não desonerado.

### 5.2.1 SINAPI Não desonerado

O SINAPI Não Desonerado inclui os encargos sociais e trabalhistas na composição dos preços dos insumos e serviços. Isso significa que os valores apresentados já consideram custos adicionais que incidem sobre a mão de obra, tais como:

- FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço);
- INSS (Instituto Nacional do Seguro Social);
- Férias;
- 13º salário;
- Seguro de acidentes de trabalho; e
- Outros encargos trabalhistas obrigatórios.

Esse tipo de orçamento é ideal para orçamentos detalhados que exigem uma visão completa dos custos, incluindo encargos trabalhistas. Comumente usados em licitações públicas e projetos que precisam atender a normas específicas, mais comuns em obras relacionadas a sistemas de saneamento básico, como os sistemas de esgotamento sanitário.

### 5.2.2 SINAPI Desonerado

O SINAPI Desonerado apresenta os preços dos insumos e serviços sem incluir os encargos sociais e trabalhistas (sem contribuição ao INSS). Esses valores refletem apenas o custo direto da mão de obra, materiais e equipamentos, sem considerar os custos adicionais decorrentes das obrigações legais.

Esse tipo de orçamento é útil para estimativas iniciais, análises de viabilidade, ou situações em que os encargos sociais e trabalhistas serão adicionados separadamente. Facilita comparações entre custos diretos de diferentes fornecedores ou regiões.

### 5.3 EXEMPLO DE ORÇAMENTAÇÃO PARA INSTALAÇÃO DE REDE COLETORA DE ESGOTO

A seguir efetuaremos um exemplo simplificado de uma quantificação e orçamentação básica de 1.200 m de rede coletora (1,5 m de profundidade), em DN 200, com 12 Poços de Inspeção (diâmetro interno de 0,60 m), a ser executado em via com pavimentação asfáltica. Vamos considerar que em função das características do local da obra, a equipe executora tem uma produção de assentamento de 80 m/dia. Vamos utilizar como base a Tabela SINAPI de 12/07/2024 (Mato Grosso do Sul) – Não Desonerado e cotações locais, para precificação dos itens.

- **Movimentação de solo**

**- Dimensões da Vala:**

*Comprimento: 1200 metros*

*Largura: 0,60 metros*

*Profundidade: 1,50 metros*

**- Cálculo do Volume de Escavação:**

*Volume de escavação = Comprimento × Largura × Profundidade*

*Volume de escavação = 1200 m × 0,60 m × 1,50 m*

*Volume de escavação = 1080,0 m<sup>3</sup>*

**- Cálculo do Volume da tubulação:**

*Volume da tubulação = Comprimento × Área*

*Volume da tubulação = 1200 m ×  $\pi$  × DN<sup>2</sup> × 4<sup>-1</sup>*

*Volume da tubulação = 37,68 m<sup>3</sup>*

**- Cálculo do Volume expurgo/entulho:**

*Este material não poderá ser reaproveitado no reaterro da vala (retorno do solo escavado após o assentamento da tubulação), devendo ser direcionado à aterro de resíduos da construção civil.*

*Volume de expurgo (bota fora/entulho) = Comprimento × Largura × Profundidade*

*Volume de expurgo = 1200 m × 0,6 m × 0,25 m (referente ao corte no pavimento asfáltico)*

*Volume de expurgo = 180,0 m<sup>3</sup>*

**- Cálculo do Volume de reaterro da vala:**

*Volume de reaterro = Volume de escavação - Volume da tubulação*

*Volume de reaterro = 1080 m<sup>3</sup> - 37,68 m<sup>3</sup>*

*Volume de reaterro = 1042,32 m<sup>3</sup>*

**- Verificação de necessidade de fornecimento de aterro:**

*Volume de escavação = 1080,0 m<sup>3</sup>*

*Volume de reaterro = 1042,32 m<sup>3</sup>*

*Volume de expurgo = 180,0 m<sup>3</sup>*

*Numa análise inicial, precisaremos de 1042,32 m<sup>3</sup> para reaterrar a vala escavada. Teremos um volume de solo reutilizável de 900 m<sup>3</sup> (Volume de escavação - Volume de expurgo). Contudo, necessitamos, adicionalmente, de considerar o Fator de Apiloamento do solo para o reaterro.*

*O fator de apiloamento representa o aumento do volume do solo após a escavação devido à sua aeração. Esse fator é utilizado para calcular a quantidade de material necessário para o reaterro, considerando a densidade do solo compactado versus a densidade do solo escavado. Em geral, o fator de apiloamento para reaterro mecanicamente compactado varia entre 10% e 30%, dependendo do tipo de solo e das condições de compactação. Utilizaremos aqui 15% como exemplo.*

*Neste caso, o Volume de reaterro corrigido pelo fator de apiloamento se dará por:*

*Volume de reaterro corrigido = 1042,32 m<sup>3</sup> x 1,15 (acrécimo de 15%)*

*Volume de reaterro corrigido = 1198,67 m<sup>3</sup>*

*Considerando que temos 900 m<sup>3</sup> de solo utilizável que sobrou da escavação, precisaremos de fornecimento de 298,67 m<sup>3</sup> de aterro (Volume de reaterro corrigido - volume de solo reutilizável).*

**- Orçamentação dos itens de movimentação de solo**

- *Volume de escavação = 1080,0 m<sup>3</sup> → Item SINAPI 90099 – Escavação Mecanizada de vala até 1,5 m, em locais com alto nível de interferência – R\$ 15,64/m<sup>3</sup>;*
- *Volume de reaterro corrigido = 1198,67 m<sup>3</sup> → Item SINAPI 93369 – Reaterro mecanizado de vala até 1,5 m com solo – R\$ 16,48/m<sup>3</sup>*

**OBSERVAÇÃO:** *Em geral, o reaterro lateral ao tubo e até uns 10-20 cm acima da geratriz superior do tubo assentado é realizado manualmente (SINAPI 73964/006 e 93382), o que gira em torno de 10 a 20% do total do volume de reaterro. Neste exemplo, não efetuamos esta consideração para critérios de simplificação do exemplo.*

- *Fornecimento de aterro = 298,67 m<sup>3</sup> → Cotação mercado local – R\$ 51,00/m<sup>3</sup>*
- *Volume de expurgo = 180,0 m<sup>3</sup> → Item SINAPI 100981 - Carga manobra e descarga de entulho – R\$ 9,19/m<sup>3</sup>*
- *Serviços de recomposição do asfalto:*



- ✓ *Cotação local - Execução de imprimação impermeabilizante com asfalto diluído CM-30, para o fechamento de valas → 1.200 m (comprimento) x 0,6 m (largura) = 720 m<sup>2</sup> - R\$ 11,05;*
- ✓ *Item SINAPI 102100 - Execução e compactação de base e/ou sub-base para pavimentação de brita graduada simples – exclusive carga e transporte → 1.200 m (comprimento) x 0,6 m (largura) x 0,3 m (espessura) = 216 m<sup>3</sup> – R\$ 170,54/m<sup>3</sup>; e*
- ✓ *Item SINAPI 95955 - Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento – exclusive transporte (espessura 3 cm) → 1.200 m (comprimento) x 0,6 m (largura) x 0,03 m (espessura) = 21,60 m<sup>3</sup> – R\$ 1.665,90/m<sup>3</sup>.*

Tabela 8 - Quantificação orçamentária de itens de movimentação de solo.

<b>Código SINAPI</b>	<b>Descrição do Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
90099	<i>Escavação Mecanizada de vala até 1,5 m, em locais com alto nível de interferência</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1.080,00</i>	<i>15,64</i>	<i>16.891,20</i>
93369	<i>Reaterro mecanizado de vala até 1,5 m com solo de 1ª qualidade</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>1.198,67</i>	<i>16,48</i>	<i>19.754,08</i>
-	<i>Fornecimento de aterro</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>298,67</i>	<i>51,00</i>	<i>15.232,17</i>
100981	<i>Carga manobra e descarga de entulho/expurgo/bota fora</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>180,00</i>	<i>9,19</i>	<i>1.654,20</i>
-	<i>Execução de imprimação impermeabilizante com asfalto diluído CM-30, para o fechamento de valas</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>720,00</i>	<i>11,05</i>	<i>7.956,00</i>
102100	<i>Execução e compactação de base e/ou sub-base para pavimentação de brita graduada simples – exclusive carga e transporte</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>216,00</i>	<i>170,54</i>	<i>36.836,64</i>
95955	<i>Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento – exclusive transporte (espessura 3 cm)</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>21,60</i>	<i>1.665,90</i>	<i>35.983,44</i>

- **Escoramento**

*Para dimensionamento do escoramento de vala, consideraremos que o solo é de boa qualidade (latossolo vermelho), que a frente de execução de obra é única (somente uma equipe), que efetua o assentamento de 80 m/dia, e o material do escoramento será reaproveitado. A modelagem da quantificação do escoramento depende, dentre outras, das características executivas da frente de obra. Utilizaremos escoramento do tipo pontalete, em vala retangular. Desse modo, escoraremos as*

2 paredes em montagem única (número de paredes x altura x comprimento da vala = 2 x 1,5 m x 80 m), resultando em uma área de escoramento de 240 m<sup>2</sup>.

- Escoramento de vala tipo pontalete, até 1,5 m de profundidade = 240 m<sup>2</sup> → Item SINAPI 101570 – Escoramento de vala tipo pontalete, com profundidade de 0 a 1,5 m, largura menor que 1,5 m – R\$ 23,44/m<sup>2</sup>;

Tabela 9 - Quantificação orçamentária de escoramento.

Código SINAPI	Descrição do Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
101570	Escoramento de vala tipo pontalete, com profundidade de 0 a 1,5 m, largura menor que 1,5 m	m <sup>2</sup>	240,00	23,44	5.625,60

- **Fundações e estruturas**

- *Tratam se de 12 Poços de Inspeção para esgoto → Item SINAPI 97977 – Poço de Inspeção circular para esgoto, excluído tampão – R\$ 1.591,03/un.*
- *Tampão circular de poço de visita → Cotação local – Tampão circular de ferro fundido para poço de visita DN 600 – R\$ 386,58/un.*

Tabela 10 – Quantificação orçamentária do Poço de Inspeção.

Código SINAPI	Descrição do Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
97977	Instalação de poço de Inspeção circular para esgoto, DN 60 mm, excluído tampão	un.	12	1.591,03	19.092,36
-	Fornecimento e instalação de tampão circular de ferro fundido para poço de visita de esgoto sanitário, DN 600	un.	12	386,58	4.638,96

- **Fornecimento, assentamento e cadastro técnico da rede**

- *Tratam se de 1.200 m de tubulação em DN 200 → Item SINAPI 90694 – Fornecimento e assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, DN 200 mm – R\$ 142,78/m*
- *Serviços de topografia para locação e nivelamento da rede para assentamento e Realização do cadastro da rede executada (as built):*
  - ✓ *Considerando 15 dias de execução da obra (1.200 m / 80 m/dia), a 8 h diária de execução, teremos um total de 120 h de serviço. Normalmente, os serviços de Serviços de Topografia para Locação e Nivelamento da Rede pode consumir de 10 - 20% do*

*total de horas da obra. Para a realização do Cadastro da Rede Executada (As Built) pode consumir aproximadamente 5-10% do total de horas da obra. No exemplo, vamos considerar 20 h para nivelamento (Item SINAPI 90781 – Topógrafo com encargos complementares – R\$ 23,82/hora) e 10 h para As Built (Item SINAPI 90777 – Engenheiro de obra júnior com encargos complementares – R\$ 116,82).*

Tabela 11 - Quantificação orçamentária da tubulação.

<b>Código SINAPI</b>	<b>Descrição do Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
90694	Fornecimento e assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, DN 200 mm	m	1.200,00	142,78	171.336,00
90781	Serviços de Topografia para Locação e Nivelamento da Rede	horas	20	23,82	476,40
90777	Cadastro georreferenciado da rede de esgoto (as built)	horas	10	116,82	1.168,20

- **Totalização orçamentária**

*A totalização orçamentária é a etapa final do processo de elaboração de um orçamento de obra, onde são reunidas todas as quantificações dos serviços previamente analisados e seus respectivos preços obtidos na tabela SINAPI. Nesse item, agregamos os custos individuais dos serviços já quantificados, seus valores unitários e a valoração total do serviço. A soma desses custos resulta no valor total estimado para a execução completa da obra. (Tabela 12).*

**IMPORTANTE:** *Neste exemplo de composição orçamentária, não aplicamos BDI (taxa de Bonificação e Despesas Indiretas). Este é um fator aplicado ao custo direto da obra para cobrir despesas administrativas, tributos, riscos e lucro. Os órgãos financiadores têm suas próprias políticas relacionadas a aceitação de inclusão de percentual de BDI aos valores de custos unitários dos insumos e serviços, geralmente variando entre 15% a 30%. Exemplos de despesas que compõem o BDI incluem seguros, despesas administrativas, impostos como ISS (Imposto sobre Serviços) e PIS/Cofins, além de margem de lucro do empreiteiro.*

Tabela 12 – Orçamento geral do estudo.

<b>Código SINAPI</b>	<b>Descrição do Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
90099	Escavação Mecanizada de vala até 1,5 m, em locais com alto nível de interferência	m <sup>3</sup>	1.080,00	15,64	16.891,20
93369	Reaterro mecanizado de vala até 1,5 m com solo de 1ª qualidade	m <sup>3</sup>	1.198,67	16,48	19.754,08
-	Fornecimento de aterro	m <sup>3</sup>	298,67	51,00	15.232,17
100981	Carga manobra e descarga de entulho/expurgo/bota fora	m <sup>3</sup>	180,00	9,19	1.654,20
-	Execução de imprimação impermeabilizante com asfalto diluído CM-30, para o fechamento de valas	m <sup>2</sup>	720,00	11,05	7.956,00
102100	Execução e compactação de base e/ou sub-base para pavimentação de brita graduada simples – exclusive carga e transporte	m <sup>3</sup>	216,00	170,54	36.836,64
95955	Execução de pavimento com aplicação de concreto asfáltico, camada de rolamento – exclusive transporte (espessura 3 cm)	m <sup>3</sup>	21,60	1.665,90	35.983,44
101570	Escoramento de vala tipo pontalete, com profundidade de 0 a 1,5 m, largura menor que 1,5 m	m <sup>2</sup>	240,00	23,44	5.625,60
97977	Instalação de poço de Inspeção circular para esgoto, DN 60 mm, excluído tampão	un.	12	1.591,03	19.092,36
-	Fornecimento e instalação de tampão circular de ferro fundido para poço de visita de esgoto sanitário, DN 600	un.	12	386,58	4.638,96
90694	Fornecimento e assentamento de tubo de PVC para rede coletora de esgoto de parede maciça, DN 200 mm	m	1.200,00	142,78	171.336,00
90781	Serviços de Topografia para Locação e Nivelamento da Rede	horas	20	23,82	476,4
90777	Cadastro georreferenciado da rede de esgoto (as built)	horas	10	116,82	1.168,20
<b>Valor Total da obra</b>			<b>336.645,25</b>		

A utilização da filosofia de projeto BIM (*Building Information Modeling*), que traduzido para o português significa, “modelagem de construção com informação”, já é uma realidade nas construções brasileiras. Como o próprio nome diz, BIM, nada mais é do que modelar uma construção associando a ela o máximo de informações possíveis, por óbvio, tal abordagem permite uma série de vantagens, tais como, análises precisas relacionadas ao orçamento, documentações, colaborações entre diferentes atores do processo e o desempenho geral da construção.

O uso do BIM permite uma abordagem colaborativa e em tempo real para a gestão de projetos de construção. As ferramentas que permitem a utilização do BIM, de modo geral, possibilitam a modelagem tridimensional e em tempo real, associando a este modelo o máximo de informações possíveis, assim, o BIM centraliza todas as informações de um projeto em um único modelo, permitindo a análise de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção, passando pela execução, operação e podendo chegar até a demolições.

A Figura 26 demonstra como o BIM permite uma abordagem holística da construção, permitindo ainda na fase de projeto, a gestão do máximo de informações, e assim, facilitando todas as fases posteriores do empreendimento (execução, operação e intervenções)

Figura 26- Fluxograma da Metodologia BIM.



Fonte: <https://www.adbarbieri.com/pt-br/blog/metodologia-bim>

O BIM envolve todos os participantes do projeto, como arquitetos, engenheiros, construtores, proprietários e especialistas, facilitando a colaboração e comunicação entre as partes, pois todos trabalham com um modelo único baseado em dados reais.

A metodologia BIM consolida todas as informações do projeto em um único modelo, criado colaborativamente por todos os envolvidos. Este modelo pode incluir produtos necessários para a construção, incorporando suas características, custos e informações de contato para aquisição.

Essa abordagem representa uma evolução em relação aos métodos tradicionais de projeto baseados em plantas, pois além das informações geométricas, inclui dados sobre tempos, custos, impacto ambiental e manutenção.

## 6.1 VANTAGENS NO USO DO BIM

- **Evolução na gestão de dados e informações complexas dos projetos:** O BIM permite a centralização e organização eficiente de todos os dados de um projeto, facilitando o acesso e a análise de informações essenciais;
- **Simplificação da comunicação entre as partes:** A metodologia melhora a comunicação entre todos os envolvidos, otimizando os fluxos de trabalho e reduzindo a possibilidade de erros;
- **Antecipação e resolução de problemas construtivos:** Com o BIM, é possível identificar e solucionar problemas potenciais antes que eles ocorram na obra, economizando tempo e recursos;
- **Otimização de custos e tempos de obra:** O uso de BIM permite uma melhor previsão e controle de custos e prazos, resultando em obras mais eficientes e econômicas;
- **Simulação de medidas de segurança e prevenção de riscos:** A modelagem BIM permite simular cenários de segurança, melhorando a prevenção de riscos durante a construção;
- **Facilidade no uso de materiais pré-fabricados:** A metodologia facilita a incorporação e uso de materiais pré-fabricados, por meio de bibliotecas de materiais, promovendo maior eficiência na construção;
- **Desenvolvimento de obras mais eficientes e sustentáveis:** O BIM contribui para a criação de projetos mais sustentáveis, com melhor uso de recursos e menor impacto ambiental; e
- **Facilitação na operação dos empreendimentos:** A utilização do BIM permite a construção de modelos acoplados de informações, que por sua vez podem ser subsídios para a operação do empreendimento (manutenções, recuperações etc.), bem como a tomada de decisões em intervenções que possam ser necessárias no empreendimento.

## 6.2 TRANSPARÊNCIA E LEGALIDADE

BIM representa uma transformação digital no setor da construção, promovendo maior transparência em obras públicas e oferecendo diversos outros benefícios. Por lei, as obras públicas devem utilizar a metodologia BIM. O Decreto federal nº 10.306, de 2 de abril de 2020, estabelece a obrigatoriedade do uso do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e entidades da administração pública federal. Esta medida visa aumentar a eficiência, a transparência e a qualidade dos projetos públicos.

Com a adoção do BIM, as entidades governamentais podem gerenciar melhor os recursos, reduzir desperdícios e assegurar que os projetos atendam aos padrões de qualidade e segurança necessários. A integração de todas as partes envolvidas e a centralização das informações do projeto contribuem para uma execução mais precisa e monitorada das obras públicas, garantindo que os benefícios do BIM sejam plenamente aproveitados.

Essa exigência legal também se aplica fortemente ao setor de saneamento, que predominantemente utiliza recursos públicos como principal fonte de financiamento. Seja por meio de recursos onerosos ou a fundo perdido, a implementação do BIM torna-se essencial para a gestão eficiente e transparente dos projetos de saneamento. As autoridades públicas podem, dessa forma, assegurar que os investimentos sejam aplicados de maneira eficaz, atendendo às necessidades da população com maior precisão e controle.

Dada a importância dessa nova ferramenta, os profissionais da área de saneamento devem se adaptar e dominar o uso do BIM. A exigência legal impõe um novo padrão de qualidade e gestão, demandando que os engenheiros, arquitetos, projetistas e outros profissionais envolvidos adquiram novas habilidades e conhecimentos. A capacitação contínua e o treinamento específico em BIM são cruciais para que esses profissionais possam contribuir efetivamente para o sucesso dos projetos de saneamento, garantindo que os recursos públicos sejam utilizados de forma responsável e eficiente.

Assim, a implementação do BIM não só melhora a transparência e a legalidade dos projetos de saneamento financiados com recursos públicos, mas também promove uma cultura de inovação e melhoria contínua entre os profissionais do setor. A adoção desta metodologia representa um avanço significativo na maneira como os projetos de infraestrutura são planejados, executados e gerenciados, resultando em benefícios duradouros para a sociedade.



Com o advento da computação, o dimensionamento de redes coletoras de esgoto tornou-se muito mais eficiente e preciso, graças ao uso de softwares especializados. Esses programas permitem simulações, análises e otimizações dos sistemas de esgotamento sanitário de maneira mais rápida e com maior conformidade às normas técnicas. A seguir, elencamos alguns destes softwares.

### 7.1 CESG - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA /USP



O CESg é um sistema computacional desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica- FCTH da Universidade de São Paulo-USP, utilizado para projetar redes urbanas de esgotamento sanitário, de acordo com os padrões das normas brasileiras, especificamente NBR 9649/1986 e NBR 14.486/2000 (FCTH, 2001). O software

do tipo proprietário. O sistema gera automaticamente os desenhos de engenharia necessários e realiza o levantamento das quantidades de materiais e serviços, necessárias para a elaboração do orçamento das obras. Os projetos podem ser exportados para programas de desenho auxiliado por computador (CAD), em formato DXF para detalhamento dos projetos.

O software contou com uma versão gratuita, patrocinada pela empresa de Tubos e conexões Tigre, denominada CESg Tigre, destinada ao dimensionamento de redes de esgoto utilizando tubulação da empresa.

As duas versões do softwares encontram-se descontinuadas pela FCTH. Um video tutorial de uso do software pode ser acessado em:

[https://www.youtube.com/watch?v=K\\_gYbDkOiu0](https://www.youtube.com/watch?v=K_gYbDkOiu0) .



## 7.2 OPENFLOWS SEWERGEMS - BENTLEY SYSTEMS

SewerGEMS é um software proprietário desenvolvido pela Bentley Systems para modelagem hidráulica e hidrológica de sistemas de esgoto. Suporta a modelagem de redes de esgoto sanitário, combinadas e drenagem pluvial. Ele oferece uma abordagem integrada para a análise, design e operação de sistemas de esgoto sanitário, permitindo que engenheiros otimizem redes complexas de esgoto e drenagem. Apresenta suporte para padrões de dimensionamento e operação de sistemas de esgoto conforme as diretrizes da ABNT e outras organizações. Possui ferramentas para importação e exportação de dados geoespaciais, facilitando a análise e visualização em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Mais informações em <https://www.bentley.com/software/openflows-sewer/>.

## 7.3 SANCAD - SANEGRAPH



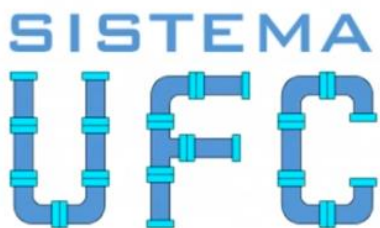
O SANCAD é um software proprietário desenvolvido pela SANEGRAPH Serviços de Informática e Saneamento, para auxiliar no traçado e dimensionamento de redes coletoras de esgotos sanitários. O software é projetado para funcionar em conjunto com plataformas CAD como AutoCAD, BricsCAD, GstarCAD e ZwcAD. Efetua o dimensionamento de acordo com as Normas Brasileiras da ABNT em vigor – NBR 9649/1986 e NBR 14.486/2000. Permite a elaboração de simulações, levantamento de quantitativos, perfis longitudinais, geração isométrica da rede etc. O software conta com versão de demonstração. Maiores informações em <https://www.sanegraph.net.br/produtos/sancad/>.

## 7.4 SWMM - EPA



O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um software livre desenvolvido pela EPA para a simulação de escoamento de águas pluviais, esgotos combinados e sanitários e outros sistemas de drenagem em áreas urbanas. O SWMM permite a análise de sistemas de drenagem urbana, redes de esgoto sanitário e pluvial, e a avaliação dos impactos de diferentes cenários de desenvolvimento e controle de inundações. Efetua a simulação hidrológica, modelagem de componentes do sistema, análise de gestão e controle de poluição, integração com sistemas SIG etc. Maiores informações em <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>.

## 7.5 UFC - 9 – LAHC/ UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ



O Sistema UFC trata-se de conjunto de softwares escritos em diversas linguagens de programação, desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica Computacional-LAHC da Universidade Federal do Ceará-UFC, que realizam todas as tarefas referentes ao traçado e dimensionamento hidráulico otimizado de sistemas de saneamento básico (SAA, SES e SDU). O módulo UFC9 trabalha com o traçado e dimensionamento de redes de Esgotamento Sanitário e Estações Elevatórias de Esgoto, em ambiente CAD. Maiores Informações em <http://www.lahc.ufc.br/manual/>.

## 7.6 QESG – QGIS



O QESG (*Sanitary Sewage System Networks Design*) é um plugin desenvolvido para o QGIS, uma plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG) gratuita e de código aberto (ALMERIO, 2024). Este plugin auxilia no projeto e dimensionamento de redes de esgotamento sanitário, aproveitando as capacidades de um ambiente SIG para suportar a organização, desenvolvimento, e apresentação final de projetos de rede de esgoto. Inclui opções para definir equações de declividade mínima de acordo com as normas ABNT NBR 9649 e NBR 14486, ou manualmente. Permite simulações de fluxo, dimensionamento, análise de cenários etc. Maiores Informações em <https://plugins.qgis.org/plugins/QEsg/>. Um vídeo tutorial de uso do complemento pode ser acessado em: <https://www.youtube.com/watch?v=Mht9Shoz59U>.

## 7.7 AUTOCAD CIVIL 3D – AUTODESK



O AutoCAD Civil 3D é um software proprietário desenvolvido pela Autodesk para a modelagem de informações de construção (BIM) e projetos de engenharia. Utilizado para o design, simulação, análise e dimensionamento de projetos de infraestrutura, como estradas, redes de esgoto, abastecimento de água, drenagem urbana etc. Permite a modelagem de terreno, simulação de cenários, quantificação de volumes de escavação, levantamento de quantitativos, simulação hidráulica, perfis, integração com SIG etc. Há disponibilização gratuita para avaliação (*trial*). Maiores informações em <https://www.autodesk.com/br/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

## 7.8 AUTODESK REVIT – SOFTWARE BIM



O Revit, desenvolvido pela Autodesk, é um software de modelagem de informações da construção (BIM) que permite a criação de projetos arquitetônicos, de engenharia estrutural e de engenharia MEP (mecânica, elétrica e hidráulica) de forma integrada. A plataforma proporciona ferramentas para o desenvolvimento de modelos 3D detalhados, simulações e documentações de construção, facilitando a colaboração entre diferentes disciplinas durante todas as fases do ciclo de vida de um edifício, desde a concepção até a manutenção. Suporta o planejamento e a coordenação de projetos complexos, permitindo aos usuários visualizarem e ajustarem todos os aspectos de um edifício em um ambiente unificado. Também gera automaticamente plantas, elevações, cortes e listas de materiais a partir do modelo 3D. Há disponibilização gratuita para avaliação (*trial*). Mais informações disponíveis em: <https://www.autodesk.com/br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.

Os Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), como anteriormente definido, são constituídos de unidades de coleta, transporte, afastamento, tratamento e disposição final de esgotos sanitários. Os componentes de coleta e afastamento remetem-se as redes coletoras, coletores-tronco, interceptores e estações elevatórias de esgoto. A estação de tratamento de esgotos (ETE) e seu emissário final são as unidades constituintes do Tratamento e disposição dos efluentes.

Os princípios básicos do licenciamento ambiental visam assegurar que qualquer atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente seja previamente avaliada e controlada. No contexto dos SES, esses princípios garantem sejam projetados e operados com o mínimo impacto ambiental possível. A legislação pertinente, incluindo as normas federais, estaduais e municipais, define as diretrizes e procedimentos a serem seguidos, além de identificar as instituições responsáveis pela emissão das licenças ambientais necessárias.

No Brasil, o licenciamento ambiental é regulamentado pela Lei Federal nº 6.938/1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, e pela Resolução CONAMA nº 237/1997, que detalha os procedimentos para o licenciamento ambiental em nível federal. Além disso, os estados e municípios possuem suas próprias legislações específicas que complementam e adaptam as normas federais às suas particularidades regionais.

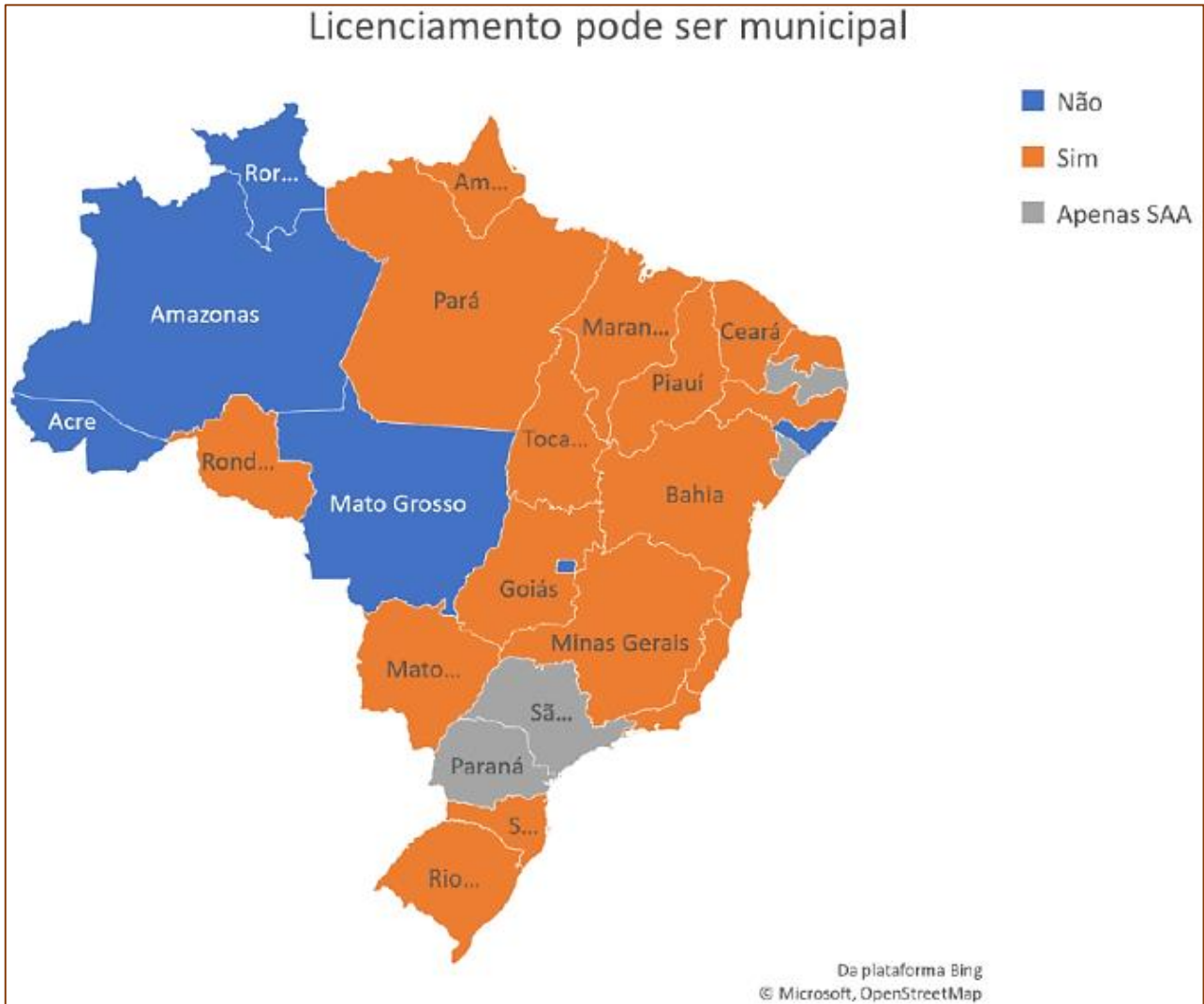
Existem diferentes tipos de licenças ambientais que devem ser obtidas ao longo do ciclo de vida de um SES: a Licença Prévia (LP), a Licença de Instalação (LI) e a Licença de Operação (LO) e durante sua operação, suas respectivas renovações de Licença Operação. Cada uma dessas licenças possui finalidades e requisitos específicos. A LP é obtida na fase de planejamento e avalia a viabilidade ambiental do projeto. A LI autoriza a construção da infraestrutura, enquanto a LO permite que o sistema entre em funcionamento e estabelece suas condicionantes para operacionalidade visando manutenção da qualidade ambiental.

Um dos componentes mais críticos do processo de licenciamento é a avaliação dos impactos ambientais e a implementação de medidas mitigadoras. Projetos de redes coletoras de esgoto podem afetar o meio ambiente de várias formas, desde a escavação e instalação das tubulações até o potencial vazamento de efluentes. Portanto, a identificação dos impactos e a adoção de medidas para minimizá-los são etapas essenciais para assegurar que o projeto seja sustentável.

O trabalho de Brandão (2022) apontou existir uma tendência clara de descentralização (Figura 27) e simplificação (Figura 28) do processo de licenciamento de atividades relacionadas a SAA e SES, em detrimento de processos orientados por EIA/RIMA, com redução das fases do licenciamento e cobrança de estudos simplificados ou mesmo não solicitação, em estados com legislação mais

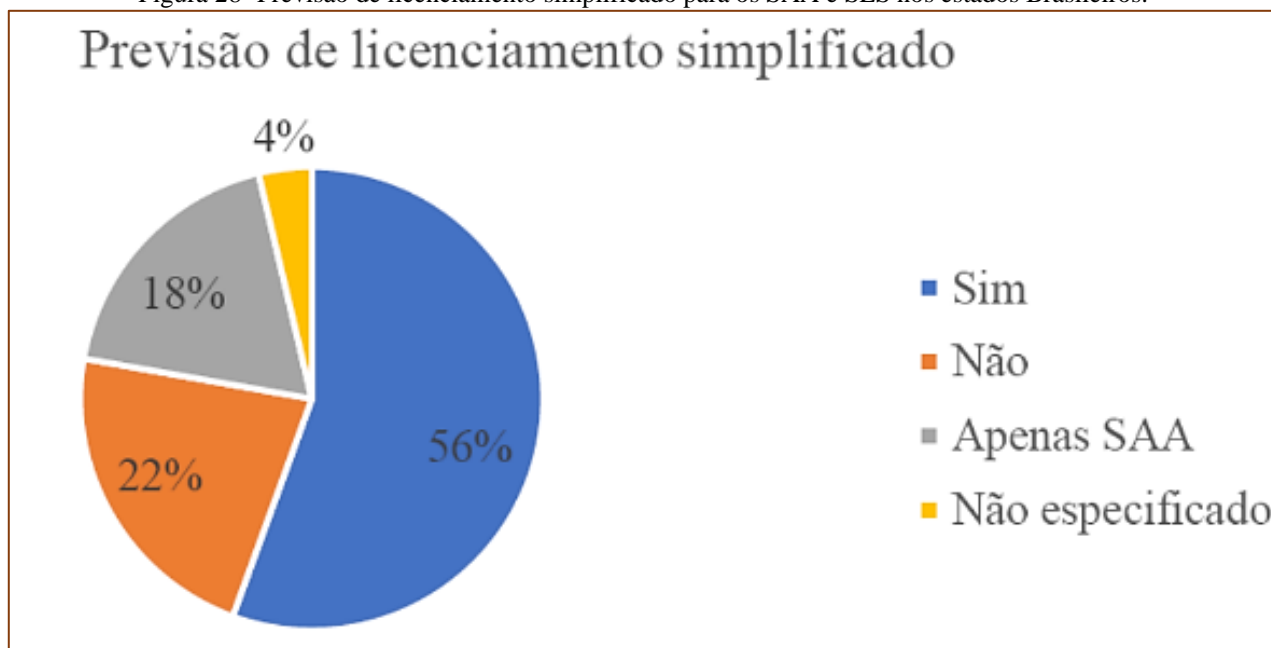
recente. Aponta ainda em seu trabalho, a observância de uma convergência à fragmentação no licenciamento dos componentes do SES, em diferentes períodos, decorrentes da necessidade de ampliar os sistemas existentes, incrementando-os, ao invés de serem criados novos sistemas.

Figura 27- Descentralização do licenciamento nos estados brasileiros para Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e SES.



Fonte: Brandão (2022).

Figura 28- Previsão de licenciamento simplificado para os SAA e SES nos estados Brasileiros.



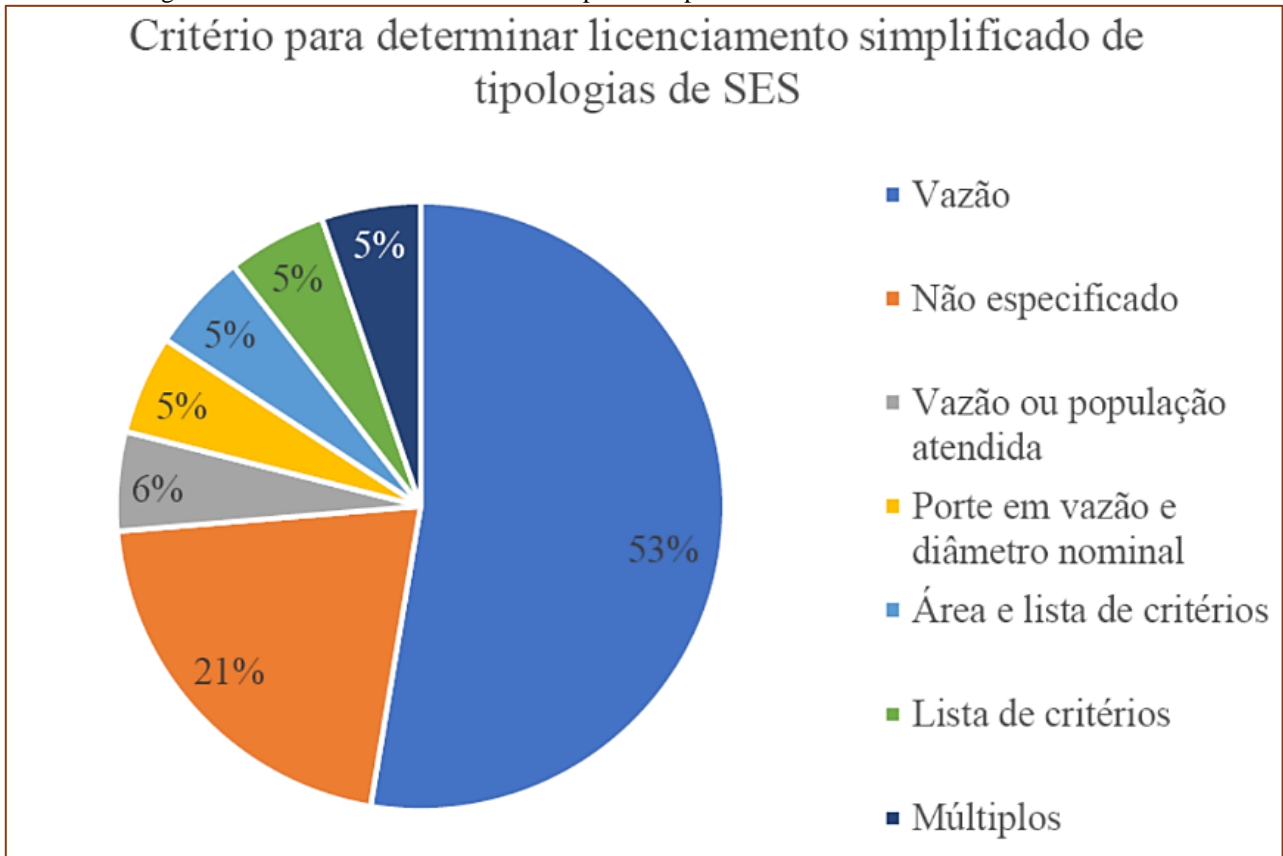
Fonte: Brandão (2022).

De modo geral, dentro das unidades constituintes dos Sistemas de Esgotamento Sanitário, as redes coletoras são consideradas de impacto local, variando de acordo com a localidade as exigências e responsabilidades pelo licenciamento ambiental. Brandão (2022) apontou que o principal critério para determinação de licenciamento simplificado de tipologias de SES é a vazão do sistema (Figura 29). Segundo a autora, diversos estados não deixam claro em suas legislações os critérios que possam levar à exigência de EIA/RIMA dos projetos relacionados a SAA e SES, admitindo que a decisão depende da discricionariedade dos analistas dos órgãos ambientais.

A consulta prévia a profissionais qualificados e ao órgão ambiental local é indispensável, dadas as especificidades de legislações, procedimentos e estudos ambientais demandados pelos estados, para além dos projetos executivos do sistema. No âmbito do estado de Mato Grosso do Sul, por exemplo, estão isentas de licenciamento ambiental as redes coletoras de esgoto sanitário interligadas a ETE já devidamente licenciada, isenção essa não aplicada para atividades localizadas em Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente (MS, 2015).



Figura 29- Previsão de licenciamento simplificado para os SAA e SES nos estados Brasileiros.



Fonte: Brandão (2022).

- ALMERIO, Jorge. QESg - *Sanitary Sewage System Networks Design*. Versão 3.2.2. In: QGIS. [s.l.]: QGIS, 2024. Disponível em: <https://plugins.qgis.org/plugins/QESg/>. Acesso em: 08 mai. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7367:1988 - Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1988.
- \_\_\_\_\_. ABNT NBR 7968:1983 - Diâmetros nominais em tubulações de saneamento nas áreas de rede de distribuição, adutoras, redes coletoras de esgoto e interceptores – Padronização. Rio de Janeiro, 1983.
- \_\_\_\_\_. NBR 9648:1986 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- \_\_\_\_\_. NBR 9649:1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimentos. Rio de Janeiro, 1986.
- \_\_\_\_\_. NBR 9800:1987 - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. NBR 15710:2009 - Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. NBR 12207:2016 - Projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 2016.
- \_\_\_\_\_. NBR 12208:2020 – Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto — Requisitos. Rio de Janeiro, 2020.
- \_\_\_\_\_. NBR 15593:2023 - Sistemas de tubulação plástica para abastecimento de água, drenagem e esgotos sob pressão — Conexões soldáveis de polietileno (PE). Rio de Janeiro, 2023.
- \_\_\_\_\_. NBR 15750:2023 - Tubulações de PVC-O (cloreto de polivinila não plastificado orientado) para sistemas de transporte de água ou esgoto sob pressão — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2023.
- \_\_\_\_\_. NBR 17015:2023 - Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis. Rio de Janeiro, 2023.
- AUTODESK. AutoCAD Civil 3D. Versão 2024. San Rafael, CA: Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- \_\_\_\_\_. Revit. Versão 2024.0.0. São Rafael, Califórnia: Autodesk, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 12 jul. 2024.
- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; FERNÁNDEZ y FERNÁNDEZ, Miguel. Manual de Hidráulica. 9ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2015. 632 p.
- BENTLEY SYSTEMS. OpenFlows SewerGEMS. Versão 2024. Exton, PA: Bentley Systems, 2024. Disponível em: <https://www.bentley.com/software/openflows-sewer/>. Acesso em: 06 jun. 2024.

BRANDÃO, Izabel Freitas. Panorama do licenciamento ambiental de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos estados brasileiros. 2022. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Concentração: Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-02062022-095754/publico/IzabelFreitasBrandaoCorr22.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2024.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 18 jan. 2024.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 dez. 1997. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0237-191297.PDF>. Acesso em: 12 dez. 2023.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=627](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627). Acesso em: 26 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Dispõe sobre a utilização do *Building Information Modelling* – BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm). Acesso em: 14 mai. 2024.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora Nº 18 (NR-18) - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-18-nr-18>. Acesso em: 17 jul. 2024.

BRUNO, Dario Pinheiro; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Análise de infiltrações em sistemas de esgoto sanitário. Revista DAE, São Paulo, v. 134, n. 1138, p. 45-58, 1983. Disponível em: [https://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_134\\_n\\_1138.pdf](https://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_134_n_1138.pdf). Acesso em: 17 jul. 2024.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. 1997. Decreto 5.631/80 - Novo Regulamento para Instalações Prediais de Esgotos Sanitários no Distrito Federal, que com esta baixa, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/legislacao1/decretos/220-decreto-5-631-80-aprova-o-novo-regulamento-para-instalacoes-prediais-de-esgotos-sanitarios-no-distrito-federal-que-com-este-baixa-e-da-outras-providencias.html>. Acesso em: 25 jul. 2024.

CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. UFC 9. 2024. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.lahc.ufc.br/manual/>. Acesso em: 17 jul. 2024.

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro. 2016. Serviços contínuos de apoio, reparo, complementos e manutenção dos ramais, ligação prediais, redes e elevatórias nos sistemas de abastecimentos de água e esgotamento sanitário, inclusive reposição de pavimento na área de atuação da diretoria do interior – lote I e II. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: [https://www.cedae.com.br/Upload/Files/Licitacoes/8b5b83c9-373b-4f6c-a707-0ab24505b727ERRATA\\_01\\_CN001\\_2016.pdf](https://www.cedae.com.br/Upload/Files/Licitacoes/8b5b83c9-373b-4f6c-a707-0ab24505b727ERRATA_01_CN001_2016.pdf). Acesso em: 25 jul. 2024

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Storm Water Management Model (SWMM). Versão 5.1. Washington, D.C.: EPA, 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>. Acesso em: 17 jul. 2024.

FERNANDES, Carlos. - Esgotos Sanitários, Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435p. Reimpressão Jan/2000.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA (FCTH). Manual do Usuário, Software para Projeto de Redes de Esgoto Sanitário – CEsg<sup>®</sup> – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH, São Paulo/SP, 2001.

GARCEZ, Lucas Nogueira. Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1984. 620 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Tabelas - População e domicílios | Primeiros resultados. Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=37225&t=resultados>. Acesso em: 26 jul. 2024.

LEME, Francilio Paes. Engenharia do Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro – LTC, 1984.

MS. MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. Resolução SEMADE nº 09, de 3 de dezembro de 2015. Campo Grande: IMASUL, 2015. Disponível em: <https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/Res-Semade-09-2015-compilada.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica Básica. 4ª ed. São Carlos: EESC USP, 2020. 500 p.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2020. Norma Técnica – NTS 025 - Projeto de redes coletoras de esgotos. SABESP. Disponível em: <https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS025.pdf>. Acesso em: 10 de abr. 2024

SANEGRAPH. SANCAD. Versão 2024. Curitiba: Sanegraph, 2024. Disponível em: <https://www.sanegraph.net.br/produtos/sancad/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SANESUL. Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. Anexo XXIII - IN 02-2020 - Elaboração de projetos - Esgoto-REV8. Campo Grande: Sanesul, 2020. Disponível em: <https://www.sanesul.ms.gov.br/Content/upload/10.%20Anexo%20XXIII%20-%20IN%2002-2020%20-%20Elaboracao%20de%20projetos%20-%20Esgoto-REV8.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2024.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Esgoto Sanitário. 3ª edição. Editora ABES. Rio de Janeiro, 2011. 548 p.

REALIZAÇÃO:

**SEVEN**  
publicações acadêmicas

ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



[WWW.SEVENPUBLI.COM](http://WWW.SEVENPUBLI.COM)

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.