

DIMENSIONAMENTO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO: ANÁLISE DE PÂRAMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO

DIMENSIONING OF SANITARY SEWAGE COLLECTION NETWORKS: ANALYSIS OF PARAMETERS AND DESIGN CRITERIA

Mateus da Silva Rosa¹
Lucas Tarlau Balieiro²
Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro³

RESUMO: Esse artigo buscou executar o dimensionamento de sistemas de esgoto sanitário, com foco na importância de um projeto eficiente para a saúde pública e a preservação ambiental. O estudo inicia-se com uma revisão dos conceitos fundamentais relacionados ao esgoto, incluindo sua composição e as normas técnicas pertinentes. Em seguida, são apresentados os métodos de cálculo utilizados para o dimensionamento, levando em consideração fatores como a população a ser atendida, o tipo de edificações e as características do terreno. Foram realizados cálculos práticos para determinar a capacidade dos tubos e a inclinação necessária para garantir o fluxo adequado. O trabalho também analisa a importância do tratamento de esgoto, destacando as tecnologias disponíveis e suas aplicações. Os resultados evidenciam que um dimensionamento adequado não apenas previne problemas de saúde pública, mas também contribui para a sustentabilidade urbana. As conclusões apontam para a necessidade de investimentos em infraestrutura e a capacitação de profissionais na área, a fim de garantir a eficácia e a eficiência dos sistemas de esgoto.

606

Palavras-chave: Dimensionamento. Esgoto sanitário. Saúde pública. Sustentabilidade. Infraestrutura.

ABSTRACT: This article sought to design sewage systems, focusing on the importance of an efficient design for public health and environmental preservation. The study begins with a review of the fundamental concepts related to sewage, including its composition and the relevant technical standards. Next, the calculation methods used for design are presented, taking into account factors such as the population to be served, the type of buildings and the characteristics of the terrain. Practical calculations were performed to determine the capacity of the pipes and the slope required to ensure adequate flow. The work also analyzes the importance of sewage treatment, highlighting the available technologies and their applications. The results show that adequate design not only prevents public health problems, but also contributes to urban sustainability. The conclusions point to the need for investments in infrastructure and the training of professionals in the area, in order to ensure the effectiveness and efficiency of sewage systems.

Keywords: Sizing. Sewage. Public health. Sustainability. Infrastructure.

¹Discente.Universidade Brasil - Fernandópolis/SP

²Pós-Graduação.Universidade Brasil - Fernandópolis/SP.

³Mestrado.FEIS-UNESP - Ilha Solteira/SP.

I. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um conjunto de ações e atividades que aumentam a qualidade de vida e à diminuição na incidência de doenças. As ações relacionadas ao saneamento são: distribuição e tratamento da água; coleta e tratamento de esgotos; gerenciamento da água pluvial; coleta e destinação final de resíduos e controle de agentes infecciosos. Devido ao impacto significativo causado pela potencial negligência de um desses fatores, afetando a saúde da população, essas ações são responsabilidade do governo.

A situação do sistema sanitário do Brasil é de nível significativo de precariedade, em comparação com outros países em crescimento. Esta situação, caracterizada pela falta de ação do saneamento básico, que leva a uma série de questões sociais, financeiro e ambiental. Enchentes, lixo ao céu aberto, poluição dos mananciais, água desprovida de tratamento e doenças apresentam um vínculo. A inexistência de condições adequadas de saneamento, muitas vezes combinado com a falta de educação ambiental e sanitária no país, resultou em uma alta incidência de várias doenças, principalmente de veiculação de água, o que prejudica a produtividade, diminuem a qualidade de vida das pessoas e, ao mesmo tempo, aumentam consideravelmente a mortalidade infantil, podendo complicar ou até mesmo retardar o avanço social.

Segundo dados de 2018 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 83,6% dos brasileiros possuíam acesso ao serviço de abastecimento de água. Já na questão do esgotamento sanitário os percentuais caem consideravelmente, pois 53,2% da população era atendida com coleta de esgoto, enquanto 46,3% possuía tratamento de esgoto.

Lançado em 2017 pela ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) e pelo então Ministério das Cidades (atual Ministério do Desenvolvimento Regional), o Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas aponta que, 38,6% dos esgotos produzidos no Brasil não são coletados, nem tratados. É a situação que pode ser percebida em casos de esgoto a céu aberto. Outros 18,8% dos esgotos até são coletados, mas são lançados nos corpos d'água sem tratamento. Já os 42,6% restantes são coletados e tratados antes de retornarem aos mananciais, o que é o cenário ideal.

A discrepância entre a oferta de serviços de saneamento básico no Brasil recai sobre uma das principais causas do deficit de infraestrutura urbana geral no país: a ausência de planejamento. Sabe-se que o processo de crescimento das áreas urbanas e das cidades brasileiras aconteceu de forma acelerada e desordenada, e, portanto, a infraestrutura não acompanhou o

aumento da necessidade por serviços urbanos como coleta e tratamento de esgoto, bem como a coleta de lixo.

Assim, a importância de pesquisas recentes sobre saneamento básico, principalmente em esgotamento sanitário, tem intenção de despertar o entendimento para que haja investimentos duradouros e de ações que visam melhorar a qualidade de vida da população e preservação ambiental.

2. OBJETIVOS

Analisar e recomendar as técnicas adequadas para um estudo de dimensionamento de rede de esgoto acerca de loteamento em fase de projeto, localizado no interior de São Paulo, na Faz. Ranchão, Córrego do Lageado, no município de Pontalinda, por meio de uma planilha automatizada que tem como objetivo posterior executar uma rede e ramais de coleta e afastamento de esgoto sanitário de acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986), seguindo os principais padrões da norma, considerando as características de dimensionamento de esgoto. Cada conclusão mostra a importância de observar o diâmetro da tubulação, a lâmina d'água e a vazão em cada trecho.

3. METODOLOGIA

3.1 ESTUDO POPULACIONAL E CONSUMO PER CAPITA (q)

A cidade de Pontalina apresenta população com cerca de 4 mil habitantes, de acordo com o IBGE 2024 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), correspondendo em uma densidade populacional de 19,7 habitantes/km². Sendo o 532º município mais populoso do estado.

O consumo per capita de água é o total de água consumida por uma pessoa em um prazo de 24 horas, em suas atividades diárias, expondo assim a contribuição para a rede de esgoto. Já a contribuição per capita da região é calculada somando a quantidade de água consumida em um dia pelo total de habitantes de uma determinada região em estudo (FUNASA, 2015).

Tabela 1 – Consumo per capita de água

Porte da Comunidade	Faixa da população (habitantes)	Consumo per capita (l/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Von Sperling (1995)

A tabela acima mostra o consumo de água com inúmeras variações de uma localidade para outra, mostrando que o consumo de água existe variações entre hábitos de higiene, culturais, classe social, localidades com centro industrial e temperatura e clima da região. Além disso os cálculos das demandas de sistemas de abastecimento de água considerando a região, a projeção de crescimento econômico pelo aumento da renda das sociedades ou PIB per capita, pois, o aumento do consumo de água está diretamente ligado aos tais crescimentos (FERREIRA e MARTINS, 2005).

3.2 DIMENSIONAMENTO DE COLETAS

O dimensionamento de sistemas de coleta de esgoto é uma etapa crucial no planejamento de infraestruturas urbanas. Um dimensionamento adequado garante a eficiência do sistema, minimiza problemas operacionais e assegura a saúde pública.

Uma rede coletora de esgoto possui locais de inspeção chamados poços de visita (PV). Essas interconexões de condutos estão conectadas entre si. Redes coletoras de esgoto são construídas em ruas, avenidas e locais de servidão para coletar o esgoto de casas, lojas e empresas.

Para dimensionar corretamente uma rede de coleta de esgoto, é necessário analisar vários fatores que garantem que a rede funcione corretamente. O sistema de coleta requer uma abordagem cuidadosa que considere a vazão de esgoto, infiltração, diâmetro de tubos. Seguir uma metodologia rigorosa e respeitar as normas locais é fundamental para garantir um sistema eficiente e sustentável.

4. APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

4.1 PARÂMETROS

Para o dimensionamento da rede deste trabalho, foi utilizado a NBR 9649 - ABNT,1986 (respeitando a separação das águas residuais e pluviais, utilizando condutores individuais) e a ARES PCJ 424 (2022), para dimensionamento da planilha automatizada. A rede também contou com poços de visita estrategicamente instaladas em locais onde havia intercessões de mais rede coletora provenientes do loteamento beneficiado.

Conforme a norma (NBR 9649 - ABNT,1986) descreve, a camada de aterro não deve ser inferior a 0,90 m para coletores posicionados em via de tráfego, assegurando uma camada mínima de solo, assim garantindo os coletores não sejam danificados. Onde não existem tráfego de veículos um recobrimento não deve ser inferior a 0,65 m. A profundidade apropriada é de 1 m até 2,5 m, sendo o máximo de 4 m até 4,5 m, não sendo apropriado devido a custos elevados para execução. (NETTO FERNÁNDEZ, 2015).

Todo o dimensionamento foi feito de acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), que estabelece uma profundidade mínima de 90 cm entre a parte superior da tubulação e a superfície. A profundidade mínima dos coletores foi estabelecida como 1,50 m para atender ao valor necessário para a ligação predial e proteção da tubulação contra cargas externas.

A rede foi dimensionada usando o critério de tensão trativa, que permite o escoamento livre na tubulação sem bombeamento. Através de um levantamento da população local e da demografia, é possível fazer uma projeção populacional. Para esta projeção, foram feitos cálculos matemáticos com base nos dados da população. Esses cálculos foram feitos por meio de uma pesquisa de uma área específica para determinar o número total de casas construídas e habitadas nessa área.

Com dados fornecidos de acordo com projeto – Execução de Rede e Ramais de Coleta e Afastamento de Esgotos, no qual foi dimensionado com diretriz do caderno técnico de orientações básicas para novos empreendimentos imobiliários implantados na área de atuação da SABESP, foi informado que há no local 77 ligações que usariam a rede executada. De acordo com a Resolução ARES PCJ 424 (2022), na Subseção IV – Parâmetros e Procedimentos para Elaboração de Projetos, o item “F” descreve:

Número habitante por domicílio – Nhpd:

i.2: imóveis com área construída de até 30 m²;

ii.3: imóveis com área construída acima de 30 até 70 m²;

iii. 4: lotes com área de até 250 m² e/ou imóveis com área construída acima de 70 até 120 m²;

iv. 5: lotes com área acima de 250 m² e/ou imóveis com área construída acima de 120 m²;"

Considerando o projeto – Execução de Rede e Ramais de Coleta e Afastamento de Esgotos, consideramos o item iv como base para nossos cálculos, tendo em vista a metragem quadrada das áreas. Concebemos o loteamento com total de 385 áreas subdivididas. Na qual terá o total de 5 habitantes por unidade. Com isso (multiplicando o número de áreas, com a quantidade de habitantes por unidade), admite-se a média populacional aproximada de 1.925 pessoas. Para o consumo per capita de água, estabeleceu-se o valor de 140 l/hab.dia seguindo a tabela (Tabela 1) de Von Sperling (1995), onde adotou-se uma média aritmética utilizando os valores fornecidos para uma cidade com população inferior a 5.000 habitantes.

Para o coeficiente de retorno adotou-se 0,80 de acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986). No dimensionamento é um fator utilizado para estimar a quantidade de água que retorna para o sistema de esgoto a partir de usos não domésticos, como atividades industriais, comerciais e públicas. Esse coeficiente ajuda a determinar o volume de esgoto a ser tratado, considerando a quantidade de água que chega aos imóveis, tendo em consideração perdas, consumo e descarte de águas residuais, levando-se em conta, o quanto de água potável retorna para a rede de esgoto. Outro fator é o lançamento de águas pluviais diretamente na rede de esgoto, ocorrência que aumenta esse o coeficiente de retorno e onera o dimensionamento do sistema. Fatos que reiteram a importância desses sistemas serem projetados separados e individualizados.

611

Como sugerido por Tsutiya e Sobrinho (2011), foi desenvolvida uma planilha automatizada de cálculo que atenda a todos os requisitos para o funcionamento adequado dos condutos de esgoto. Para facilitar a execução dos cálculos, a planilha foi adicionada com informações importantes como: Infiltração e contribuição por trecho; Vazão de montante e jusante; Declividade; Diâmetro da tubulação; Profundidade do coletor; Velocidades (crítica); tensão trativa e lâmina de água.

De acordo com a NBR 9649 (1986) e ARES PCJ 424 (2022), para dimensionar a rede coletora, se faz necessário conhecer todas as vazões que poderiam impactar o sistema. Para começar, as vazões de início e final do plano foram encontradas com ponderações para evitar extrapolações.

Abaixo segue os principais componentes para o dimensionamento preciso da rede coletora de esgoto sanitário.

4.2 COEFICIENTE DE RETORNO

Na elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela NBR 9649, recomenda a utilização do coeficiente de retorno de 80%.

4.3 COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

k₁: coeficiente de variação diária = 1,20

k₂: coeficiente de variação horária = 1,50

Para coeficiente de variação do consumo, deve adotar os valores acima, segundo a NBR 9649.

4.4 VAZÃO DE INFILTRAÇÃO

O cálculo da **vazão de infiltração** é um aspecto importante no dimensionamento de redes de esgoto, especialmente em áreas urbanas onde a infiltração de água subterrânea pode impactar o desempenho do sistema. A infiltração refere-se à entrada de água de solo ou águas pluviais nas tubulações de esgoto, o que pode aumentar a carga do sistema e comprometer sua eficiência.

Tabela 2 – Taxa de infiltração

Tabela 3.8 - Taxas de infiltração, em l/s.km, em redes de esgotos sanitários obtidas por medições ou recomendadas para projetos.

Autor	Local	Ano	Taxa de infiltração	Condições de obtenção dos valores
Saturnino de Brito	Santos e Recife	1911	0,1 a 0,6	Medições.
Jesus Netto	São Paulo	1940	0,3 a 0,7	Medições em redes secas.
Azevedo Netto	São Paulo	1943	0,4 a 0,9	Medições em redes novas.
Greeley & Hansen	São Paulo	1952	0,5 a 1,0*	Medições.
Des. Sursan	Rio de Janeiro	1959	0,2 a 0,4	Medições.
Hazen & Sawyer	São Paulo	1965	0,3 a 1,7*	Medições.
SANESP/Max A. Veit	São Paulo	1973	0,3	Medições.
Dario P. Bruno & Milton T. Tsutiya	Cardoso, Ibiúna, Lucélia, e São João da Boa Vista	1983	0,02 a 0,10	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático. Medições em redes operando há vários anos.
SABESP	Estado de São Paulo	1984	0,05 a 0,50	Recomendações para projeto
Carlos A. Santos & Adejalmo F. Gazen	Canoas, Santa Maria, Tramandai, Capão da Canoa, Guaíba e Alvorada (Estado do Rio Grande do Sul)	1985	0,013 a 0,720	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático, com tubulações de junta elástica e não elástica.
NBR 9649 - ABNT	Brasil	1986	0,05 a 1,0	Recomendações para projetos. O valor deve ser justificado.
Luis P. Almeida Neto, Gilberto O. Gaspar, João B. Comparini & Nelson L. Silva	Cardoso, Indaiaporã, Guarani D'Oeste e Valentim Gentil (Estado de São Paulo)	1989	0,010 a 0,116	Medições em sistemas operando há vários anos.
João B. Comparini	Cardoso, Indaiaporã, Guarani D'Oeste e Pedranópolis (Estado de São Paulo)	1990	0,021 a 0,038	Medições em sistemas operando há vários anos.
Lineu R. Alonso, Rodolfo J. Costa e Silva Jr., Francisco J.F. Paracampos	São Paulo	1990	0,24 a 0,35	Medições em sistemas operando há vários anos.
Milton T. Tsutiya & Orlando Z. Cassettari	Tatui (Estado de São Paulo)	1995	0,33	Medições em sistema operando há vários anos.
Frederico Y. Hanai & José R. Campos	Araraquara (Estado de São Paulo)	1997	0,17	Medições em sistema operando há vários anos.
T. Merriman	ELIA	1941	0,03 a 1,4	Medições.
E.W. Steel	ELIA	1960	0,40 a 1,37	Recomendações para projeto.
L.W. Santry	ELIA	1964	0,3 a 1,4	Medições.
WPCF	ELIA	1969	0,27 a 1,09	Recomendações para projeto.
Metcalf & Eddy Inc.	ELIA	1981	0,15 a 0,60*	Recomendações para projeto.

* Valores para 160 m de rede por ha. Dados originais em função de área esgotada

Fonte: Tsutiya e Sobrinho (2011)

De acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), no Brasil, utiliza-se de 0,05 a 1,0 L/s.km de taxa de infiltração para redes coletoras de esgotos sanitário. O caderno técnico para elaboração de projetos dos sistemas de água e esgotos em empreendimentos imobiliários diz no item 2.2.1, parte “e”, que a taxa de infiltração compatível com a norma técnica (Sabesp - Projetos de redes coletoras de esgoto), no qual as redes coletoras e coletores tronco assentados em regiões sob influência de lençóis freáticos, admite-se o valor de 0,5 l/s.km.

A definição da vazão de infiltração é fundamental para o dimensionamento de redes de esgoto, ajudando a prevenir problemas operacionais e garantindo a eficiência do sistema. Considerar todos os fatores que influenciam a infiltração é essencial para um projeto bem-sucedido.

4.5 VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO

$$Q_{dc} = \frac{P_i \times C \times q \times K_1 \times K_2}{86400} > \frac{1925 \times 0,8 \times 140 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 4,49 \text{ L/s}$$

Onde:

Q_{dc} = vazão de contribuição; (4,49 L/s)

C = coeficiente de retorno; (0,8 Adimensional)

q = consumo de água efetivo per capita; (140 L/hab. Dia)

P_i = População inicial; (1925 Habitantes)

P_f = População final; (86400 Habitantes)

K_1 = Coeficiente de máxima vazão diária = 1,2;

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária = 1,5;

Com os parâmetros acima citados, é possível executar a verificação de todos os trechos admitidos, realizando assim o memorial de cálculo. Para justificativa de cada coluna da tabela, será realizado toda explicação acerca do **primeiro trecho**, com base na variação entre os PV's 01 e 02.

Para o dimensionamento foi definido a utilização do tubo PEAD (Polietileno de Alta Densidade) que é frequentemente utilizado em sistemas de abastecimento de água, esgoto e

drenagem, devido à sua resistência à corrosão, leveza e flexibilidade. Seu diâmetro varia de acordo com a necessidade de cada trecho do sistema.

Para calcular a capacidade de um tubo PEAD, utilizamos a fórmula para o fluxo de água, que é dada pela equação de Manning ou pela fórmula de Hazen-Williams, dependendo do tipo de escoamento. Abaixo, apresento uma forma simplificada de calcular a capacidade:

- Área da seção transversal (A):

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Esse cálculo é uma estimativa e pode variar com a inclinação do tubo, rugosidade interna e outros fatores. Para cálculos mais precisos, recomenda-se o uso de softwares de hidráulica.

4.6 EXTENSÃO ENTRE PV'S

O poço de visita é a estrutura (normalmente urbana) que permite o acesso a redes subterrâneas de serviços, incluindo esgoto e o sistema de águas pluviais, além de permitir o acesso a córregos e rios canalizados e cobertos, entre outros.

Eles podem ser de três categorias, dependendo do método de construção empregado:

614

- Poços de visita em anéis de concreto pré-fabricados;
- Poços de visita em concreto armado;
- Poços de visita construídos em alvenaria com blocos de concreto ou tijolos maciços de cerâmica.

É impossível construir um sistema de esgoto eficaz sem um poço de visita. Afinal, são essas estruturas que complementam as redes de coleta de esgoto, posicionadas nos locais onde ocorrem interligações de trechos, alterações de diâmetro ou de nível. (CONSTRUSINOS – 2019)

4.7 INFILTRAÇÃO NO TRECHO

As águas de infiltração são águas subterrâneas originárias do subsolo, quando os sistemas de coleta e afastamento estão construídas abaixo do nível do lençol freático, sendo que este nível pode ser alto naturalmente ou devido às chuvas excessivas. As águas do subsolo penetram nos sistemas através dos seguintes meios:

- Pelas juntas das tubulações;

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

4.8 CONTRIBUIÇÃO NO TRECHO

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), quando já obtida as vazões iniciais e finais, recomenda-se o cálculo da parcela de contribuição inicial e final. Sabendo que a parcela de esgoto é representada por um valor fixo em metros (m) de rede ou de área de terreno esgotada (ha), deve-se ser acrescentado a parcela que corresponde as águas de infiltração. Vazão de contribuição no trecho: É a vazão ocasionada exclusivamente do determinado trecho definido.

4.9 VAZÃO DE MONTANTE

A vazão a montante do esgoto se refere à quantidade de água ou esgoto que flui em um determinado ponto antes de qualquer tratamento ou descarga. Esse conceito é importante para o gerenciamento de recursos hídricos e para o planejamento de sistemas de saneamento, pois ajuda a avaliar a carga de poluentes e a capacidade de tratamento necessária.

No trecho em questão, a vazão de montante (que é a soma de todas as vazões acima do trecho considerado) é zerada, pois é o ponto de partida da rede projetada. O acúmulo de sua extensão, ocasiona alteração para os intervalos no seguimento. E assim, sequencialmente até o ponto final da rede. Em suma, o valor da montante sempre será o mesmo que a jusante do trecho anterior.

4.10 VAZÃO DE JUSANTE

Jusante é a direção normal para onde corre o fluxo, do ponto mais alto para um ponto mais baixo. Para o dimensionamento do trecho o cálculo é feito em decorrência do resultado da vazão de montante e vazão contribuição no trecho.

4.11 VAZÃO DE PROJETO (JUSANTE)

A vazão de projeto representa a vazão máxima (crítica) possível na área de contribuição (bacia de contribuição) à montante do ponto de instalação do bueiro. Desta maneira, a vazão projetada não poderá exceder à vazão crítica para a qual o bueiro é dimensionado.

Com isso, os trechos em que a vazão de jusante for menor que 1,5 L/s, adotamos este valor (1,5) como referência. Os demais intervalos que forem superiores, admitimos o próprio valor de jusante do trecho.

4.12 DIÂMETRO

O diâmetro dos tubos em uma rede de esgoto varia de acordo com alguns fatores, como o número de lotes, a quantidade de moradores e a norma local.

Para tubos de efluentes (redes principais) ou de maior capacidade, podem ser utilizados diâmetros a partir de 200 mm até 400 mm ou mais, dependendo do dimensionamento da rede.

Nos tubos de interligação (rede coletora), é comum usar diâmetros de 150 mm (6 polegadas) ou 200 mm (8 polegadas), dependendo (sempre) da vazão esperada de esgoto.

O cálculo do diâmetro de um tubo para uma rede de esgoto depende de alguns fatores, como a quantidade de água que será escoada, o tipo de esgoto (residencial, industrial), e as normas locais.

4.13 DECLIVIDADE

A declividade do projeto do coletor é estabelecida a partir do conhecimento da declividade mínima recomendada na NBR 9649 e da declividade do terreno.

Há certos fatores que devemos evitar em função da declividade. São eles:

- Coletores com grandes profundidades;
- Coletores com grandes diâmetros;
- Coletores com grandes extensões;
- Singularidades com profundidade excessiva;
- Estações elevatórias de esgoto em quantidade e em profundidade excessiva;

4.13.1 COTA DO COLETOR

A cota do coletor de esgoto refere-se à altura ou profundidade em que o sistema de coleta de esgoto deve ser instalado, geralmente em relação ao nível do solo ou de outras estruturas. Essa cota é importante para garantir um escoamento adequado, evitando problemas como refluxos ou obstruções.

Deve-se considerar vários aspectos para determinar o nível com precisão. Dentre os mais importantes:

Escoamento Eficiente: a cota deve ser projetada para garantir que o esgoto flua por gravidade, minimizando o risco de estagnação e refluxo.

Normas Técnicas: Geralmente, as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e outros regulamentos locais estabelecem diretrizes para a instalação de sistemas de esgoto.

Profundidade: A profundidade do coletor deve ser suficiente para evitar interferências com outros serviços (como água potável e eletricidade) e permitir a manutenção.

4.13.2 COTA DO TERRENO

Identificamos onde o sistema de esgoto será instalado e assim determinamos a cota do terreno. Isso foi crucial para mensurar a gravidade do esgoto e a necessidade de bombas.

4.14 DECLIVIDADE MÍNIMA

A declividade mínima para redes de esgoto é essencial para garantir a autolimpeza das tubulações e evitar obstruções. O dimensionamento hidráulico deve seguir as recomendações da norma técnica, com exceção da declividade mínima permissível dos trechos coletores que deve ser de 0,005 m/m. Em regiões planas e de nível do lençol freático alto, poderá ser utilizado o critério da tensão trativa para o cálculo da declividade mínima, conforme a norma técnica Sabesp (Sabesp, 2018).

Conforme a NBR 9849 (ABNT, 1986), a declividade mínima exigida para atender o critério de tensão trativa é igual ou maior que 1,00 Pa.

4.15 PROFUNDIDADE DO COLETOR

A profundidade do coletor da rede de esgoto em um loteamento é um aspecto importante para garantir o escoamento adequado e evitar problemas como infiltrações ou obstruções.

Geralmente, a profundidade mínima para o coletor principal deve ser de pelo menos 1 metro abaixo do nível do solo. Isso pode variar dependendo da topografia e do tipo de solo. Em áreas com variações de relevo, a profundidade pode precisar ser ajustada para manter a declividade necessária. Porém, em solos rochosos ou com risco de infiltração, pode ser necessário considerar profundidades maiores para evitar problemas.

É necessário considerar que em regiões onde o solo pode congelar, a profundidade deve ser maior para evitar danos às tubulações. E também respeitar a questão de acessibilidade para

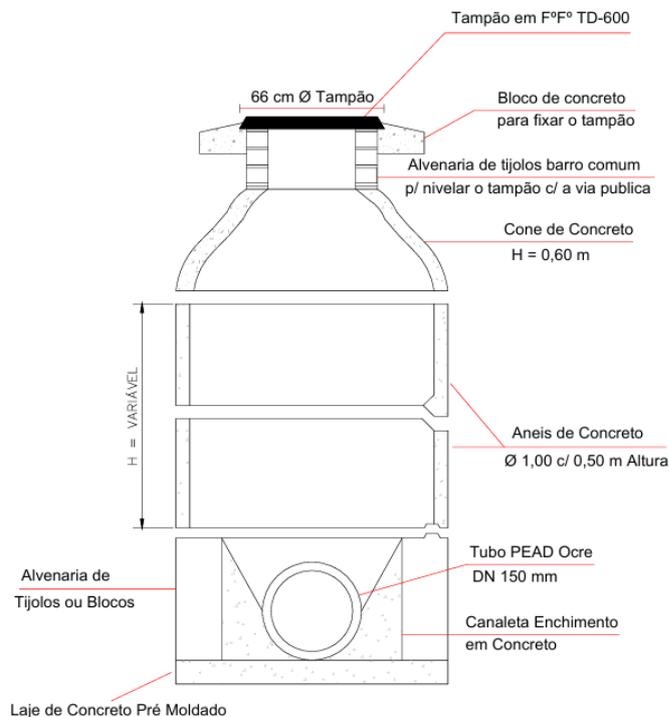
permitir a fácil manutenção dos pontos de inspeção e poços de visita. Sempre consultando as **normas locais** (legislação municipal e normas técnicas para diretrizes específicas na sua região).

4.16 PROFUNDIDADE DO PV

A profundidade de um poço de visita pode variar bastante dependendo da aplicação e das normas locais. Geralmente, os poços de visita são projetados para facilitar o acesso ao sistema de drenagem ou esgoto. A profundidade comum varia entre 1 a 3 metros, mas em sistemas maiores ou em terrenos com relevo acentuado, pode ser mais profundo.

De acordo com a norma NBR 9649 (ABNT, 1986), a espessura do aterro não deve ser inferior a 0,90 m para coletores instalados em estradas, garantindo uma camada mínima de solo, certificando assim que os coletores não sejam prejudicados. Onde o tráfego de veículos não é intenso, um revestimento não deve ser menor que 0,65 m. A profundidade adequada varia de 1 m a 2,5 m, com um limite máximo de 4 m a 4,5 m. Esta profundidade não é recomendada devido aos custos elevados para a sua execução (NETTO FERNÁNDEZ, 2015).

Figura – Detalhe do Poço de Visita



Fonte: Autoria Própria

OBSERVAÇÕES:

- 1 – Para PV's em concreto pré-moldado, a quantidade de anéis de concreto varia conforme a profundidade do PV.
- 2 - Para PV's em alvenaria, utilizar tijolos de barro comum para atingir a profundidade do PV específico.

4.17 VELOCIDADE

A **velocidade do fluido no esgoto** é um parâmetro crucial no projeto de sistemas de esgotamento sanitário. Ela influencia diretamente a eficiência do escoamento, a prevenção de entupimentos, a sedimentação de sólidos e a ventilação do sistema. A velocidade do fluido é uma variável crítica que afeta a eficiência do transporte de efluentes. O dimensionamento correto das tubulações, a escolha adequada dos materiais e o monitoramento contínuo são fundamentais para garantir um sistema de esgoto eficiente e funcional.

4.18 TENSÃO TRATIVA

A tensão trativa tem papel significativo no dimensionamento da rede coletora de esgoto, em relação à vida útil dos coletores, no que diz respeito à autolimpeza dos condutores e influência no controle dos sulfetos. A norma NBR 9649 (ABNT, 1986) recomenda a tensão mínima de 1,0 Pa para condutores de concreto ou cerâmica, enquanto a norma NBR 14486 (ABNT, 2000) recomenda o valor de 0,6 Pa para tubos de PVC. Quanto maior a tensão trativa, melhores são as condições de autolimpeza da rede coletora de esgotos, mas por outro lado podem resultar em maiores custos de execução do projeto.

De acordo com Queiroz et al. (2018), a tensão trativa é um dos critérios mais importantes para propiciar o correto dimensionamento de redes de esgoto, e a topografia assume um papel de terminante na configuração da tensão trativa e, respectivamente, nos custos de implantação da rede. Montes et al. (2017) averiguaram que, em redes de sistema de drenagem e de sistemas de esgotamento sanitário implantadas em terrenos que possuem declividades mais acentuadas, o crescimento do custo acompanhou o aumento da tensão trativa.

Em definição, a tensão trativa é uma medida da força que é exercida ao longo do comprimento do tubo, geralmente expressa em N/m^2 (Pascal - Pa). Essa tensão é importante para determinar a capacidade do tubo em resistir a forças que possam causar sua deformação ou falha. Dentre os principais fatores que influenciam a tensão trativa em tubos de esgoto incluem:

- **Material do Tubo:** Diferentes materiais, como PVC, PEAD (polietileno de alta densidade), concreto ou ferro fundido, têm diferentes propriedades mecânicas e resistências à tração.
- **Diâmetro e Espessura do Tubo:** Tubos de maior diâmetro e espessura tendem a ter maior resistência à tensão trativa.
- **Carga Externa:** Cargas de superfície (como tráfego de veículos) e cargas internas (pressão do líquido) impactam as tensões atuantes nos tubos.
- **Tipo de Solo:** A capacidade de suporte do solo e sua compactação podem afetar as tensões que atuam nos tubos.

É de suma importância a análise da tensão trativa por vários fatores. Dentre os mais importantes, a durabilidade do sistema, que garante que a tensão trativa não exceda a resistência do material do tubo ajuda a prolongar a vida útil do sistema de esgoto. A prevenção de danos, no qual as tensões excessivas podem levar a fissuras, quebras ou deformações nos tubos, resultando em vazamentos ou falhas no sistema.

Sendo assim, a tensão trativa é um fator crítico na engenharia de sistemas de esgoto, influenciando diretamente a durabilidade e a eficiência do sistema. Uma análise cuidadosa e um projeto bem planejado são essenciais para garantir que os tubos resistam às tensões aplicadas ao longo de sua vida útil.

4.19 VELOCIDADE CRÍTICA

A velocidade crítica no dimensionamento de esgoto é um conceito fundamental para garantir que as redes de esgoto funcionem adequadamente, evitando problemas como sedimentação, obstruções e, conseqüentemente, o retorno de efluentes. A **velocidade crítica** é a velocidade mínima que o esgoto deve atingir para que os sólidos em suspensão não se depositem nas tubulações, garantindo a autolimpeza da rede. Essa velocidade varia dependendo do tipo de esgoto e das condições de operação.

A análise e o cálculo da velocidade crítica são essenciais no dimensionamento de redes de esgoto para garantir a eficiência do sistema e prevenir problemas operacionais. Uma abordagem cuidadosa na seleção do diâmetro da tubulação, inclinação e características do esgoto são fundamentais para um projeto bem-sucedido.

5. CONCLUSÃO

As redes de esgoto desempenham um papel crucial na promoção da saúde pública e na preservação ambiental. O presente trabalho demonstrou a importância de um dimensionamento adequado, considerando fatores como vazão de esgoto e infiltração. Ao aplicar metodologias rigorosas, foi possível evidenciar como um planejamento cuidadoso pode prevenir problemas operacionais e garantir a eficiência do sistema. Embora desafios significativos tenham sido enfrentados, as lições aprendidas aqui podem servir como um guia valioso para projetos futuros. Assim, a integração entre teoria e prática na engenharia sanitária se mostra essencial para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e saudáveis.

Este trabalho buscou dimensionar uma rede de esgoto de forma técnica, e com isso, deve se ressaltar a importância de um planejamento urbano sustentável. O **dimensionamento adequado do sistema de rede de esgoto** é um dos pilares fundamentais para a **preservação ambiental**. Isso se deve à sua importância em garantir que os efluentes sejam adequadamente tratados e direcionados para a estação de tratamento, sem causar impactos negativos nos ecossistemas, na qualidade da água e no equilíbrio ambiental das áreas urbanas e rurais.

REFERÊNCIAS

621

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9648: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9649: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário: Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

CADERNO TÉCNICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DOS SISTEMAS DE ÁGUA E ESGOTOS EM EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS – Sabesp, 2018.

RESOLUÇÃO ARES-PCJ Nº 424 – 1º/04/2022.

MAPA DA HIDROGRAFIA CONFORME DECRETO 10.755/77 - UGRHI 18.

MANUAL DE HIDRÁULICA – 9º Edição - Azevedo Netto – 2018.

CONSTRUSINOS – 2019 (construsinos.com.br/compreenda-a-importancia-do-poco-de-visita-no-sistema-de-esgoto/)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8160:2009: Sistemas prediais de esgoto sanitário Projeto e execução.

MANUAL DE HIDRÁULICA (NETTO FERNÁNDEZ, 2015)

MONTES, C.; BOHORQUEZ, J.; BORDA, S.; SALDARRIAGA, J. Criteria of minimum shear stress vs. minimum velocity for self-cleaning sewer pipes design. *Procedia Engineering*. n.186, p. 69-75, 2017.

QUEIROZ, E.; SILVA, E. C.; MEDEIROS, G. T.; TEIXEIRA, K. B.; ALVIM, L. S.; VIDAL, D. B. Redes coletoras de esgoto sanitário: a influência da topografia no dimensionamento. Faculdade Multivix, 2018. Disponível em: <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2018/12/redes-coletoras-de-esgoto-sanitario-a-influencia-da-topografia-no-dimensionamento.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2021

SOUZA, G. F. Impacto da tensão trativa adotada no dimensionamento sobre os custos construtivos da rede coletora de esgoto sanitário. 115 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14486:2000**: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC