

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME GALVÃO PEREIRA

SIFÕES INVERTIDOS EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO -
CONSIDERAÇÕES, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA

Niterói, RJ
2020

GUILHERME GALVÃO PEREIRA

SIFÕES INVERTIDOS EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO -
CONSIDERAÇÕES, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA

Projeto de Graduação apresentado ao curso de engenharia civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Paulo Luiz da Fonseca, D. Sc

Niterói, RJ

2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

P436s Pereira, Guilherme Galvão
Sifões Invertidos em Sistemas de Esgotamento Sanitário :
Considerações, Dimensionamento e Análise Crítica /
Guilherme Galvão Pereira ; Paulo Luiz Da Fonseca, orientador.
Niterói, 2020.
41 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia,
Niterói, 2020.

1. Sifão Invertido. 2. Saneamento Básico. 3. Separador
Absoluto. 4. Interferências em Projetos de Rede Coletora. 5.
Produção intelectual. I. Da Fonseca, Paulo Luiz, orientador.
II. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia.
III. Título.

CDD -

GUILHERME GALVÃO PEREIRA

SIFÕES INVERTIDOS EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO -
CONSIDERAÇÕES, DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE CRÍTICA

Projeto de Graduação apresentado ao curso de engenharia civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Niterói, 26 de agosto de 2020

BANCA EXAMINADORA

Paulo Luiz da Fonseca. Orientador
Universidade Federal Fluminense

Elson Antonio do Nascimento
Universidade Federal Fluminense

Cláudia Henriques Gentil
Universidade Federal Fluminense

Aos meus irmãos mais novos, Renato e Rodrigo.
Que eu possa inspirá-los da mesma forma que me
inspiram a abrir caminhos. Amo vocês dois
(igualmente).

AGRADECIMENTOS

Chego ao final da graduação com muitos ensinamentos e aprendizados. Quando entrei na universidade não imaginava o que encontraria e onde o conhecimento adquirido me levaria. Conheci pessoas que me ajudaram muito no caminho para me tornar engenheiro civil, formado em uma universidade pública federal renomada. Sei a responsabilidade e a magnitude do ciclo que está se encerrando em minha vida e dos novos que estão a me esperar.

Aos meus amigos, da universidade e da vida, por me apoiarem diretamente e indiretamente.

À companheira que a universidade me deu, minha namorada e amiga Sandy Azevedo, que esteve comigo e me acompanhou nas dificuldades da reta final da graduação. Obrigado por ter comemorado minhas vitórias e me apoiado nas derrotas. Você me faz querer ser uma pessoa melhor e enxergar o mundo com seus olhos. Amo você, tá?

À minha mãe, Antonia Sandra de Sousa que, mesmo tendo sido mãe muito nova, com apenas 16 anos, me deu todo amparo e carinho que poderia precisar, acompanhando-me e incentivando-me em todas as etapas de minha vida escolar e acadêmica.

Ao meu pai, Aldemir Galvão Pereira que, assim como minha mãe, me teve muito cedo, com 18 anos, não mediu esforços para que eu tivesse a base para caminhar sozinho. Obrigado por me dar instruções, ao seu modo, para que hoje, vindo de onde nós viemos, eu possa estar onde estou, sendo o primeiro da família a ingressar e, em breve, formar em uma Universidade Pública.

Ao meu avô, Francisco das Chagas Pereira, mestre de obras, grande inspiração para a minha escolha de profissão. Obrigado por me ajudar e me inspirar a trilhar o caminho que o senhor abriu no passado. Sei da responsabilidade de honrar seu legado profissional.

Ao professor Paulo Fonseca, por ter acreditado em mim e aceitado ser meu orientador. Obrigado pela dedicação, apoio e todo o conhecimento que me foi transmitido. Homens como o senhor me inspiram a ser um profissional melhor.

À empresa Águas de Niterói e seu corpo de colaboradores, por terem acreditado em mim e me incentivado a seguir na área de Saneamento. Obrigado por me ensinarem todos os dias.

Aos meus avós, Edigar Ferreira de Sousa, Maria Albino de Sousa e Maria José Galvão, pelo exemplo, carinho e dedicação na minha criação.

Aos meus tios, André Galvão Pereira e Francisco Galvão Pereira, que ajudaram a formar a pessoa que sou hoje, me incentivando e me dando a proporção do orgulho que eu dou a eles. Não há satisfação maior do que proporcionar orgulho à minha família.

"Nada a temer senão o correr da luta." (Milton Nascimento)

RESUMO

O sistema de esgotamento sanitário pode ser definido com o conjunto de estruturas e instalações destinadas a condicionar adequadamente o esgoto sanitário de uma região de maneira segura e contínua. Na implantação de sistemas de esgotamento sanitário, em especial sistemas separadores absolutos, é frequente que se depare, no traçado da rede coletora de esgotos, com interferências ou obstáculos tais como córregos, galerias de águas pluviais, rios, adutoras, galerias de cabos de comunicação ou elétricos, linhas de metrô, etc. O presente trabalho teve como objetivo apresentar os componentes de um dos meios de transpor um obstáculo: o sifão invertido. Foi apresentado como estudo de caso, o dimensionamento de um sifão invertido para transpor uma interferência real: uma galeria de águas pluviais de uma sub-bacia do sistema de macrodrenagem no bairro Santo Antonio, Região Oceânica de Niterói-RJ.

Palavras-chave: Sistema de esgotamento sanitário. Separador absoluto. Interferências. Sifão invertido.

ABSTRACT

The sewage system can be defined as the set of structures designed to adequately handle the sewage of a region in a safe and continuous manner. In the implementation of sanitary sewer systems, especially absolute separator systems, it is common to find interference or obstacles in the layout of the sewage collection system, such as streams, rainwater galleries, rivers, mains, communication or electric cables galleries, subway lines, etc. The present work aimed to present the components of one of the ways to overcome an obstacle: the inverted siphon. It was presented as a case study, the dimensioning of an inverted siphon to overcome a real interference: a rainwater gallery in a sub-basin of the macro drainage system in the Santo Antonio neighborhood, Ocean Region of Niterói-RJ.

Keywords: *Sanitary sewage system. Absolute separator. Interferences. Inverted siphon.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Esquema de Ligação Predial	16
Figura 2 — Esquema de um sistema de esgotamento sanitário separador absoluto	18
Figura 3 — Esquema de um poço de visita.....	19
Figura 4 — Terminal de inspeção e limpeza radial pré-fabricado	20
Figura 5 — Perdas de carga em um sifão invertido	23
Figura 6 — Perfis para sifões invertidos.....	24
Figura 7 — Equipamento Bucket-Machine	28
Figura 8 — Bairro Santo Antonio.....	29
Tabela 1	30
Figura 9 — Projeto de rede coletora para Sub-Bacia em estudo - Bairro Santo Antonio	31
Figura 10 — Trecho com necessidade de travessia em galeria de águas pluviais ..	32
Figura 11 — Perfil da interferência da galeria de águas pluviais.....	33
Quadro 1 — Coeficientes de perda de carga localizada em função das peças do sifão	35
Figura 12 — Perfil do sifão dimensionado.....	36
Figura 13 — Sifão invertido dimensionado em planta	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	APRESENTAÇÃO	12
1.2	OBJETIVOS DE PESQUISA	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	METODOLOGIA.....	13
2	SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	15
2.1	APRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	15
2.1.1	Sistema separador absoluto	15
2.2	COMPONENTES DO SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO DE ESGOTOS	16
3	SIFÕES INVERTIDOS	21
3.1	HIDRÁULICA.....	21
3.1.1	Perda de carga	22
3.2	PERFIL DO SIFÃO INVERTIDO	23
3.3	NUMERO DE TUBULAÇÕES, DIÂMETRO MÍNIMO E MATERIAIS UTILIZADOS	24
3.4	VELOCIDADES ADOTADAS	25
3.5	CÂMARAS VISITÁVEIS	25
3.6	VENTILAÇÃO E EXTRAVASOR.....	26
3.7	EQUIPAMENTOS PARA LIMPEZA.....	27
3.8	DIMENSIONAMENTO.....	Erro! Indicador não definido.
4	ESTUDO DE CASO	29
4.1	CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DE REDE COLETORA	29
4.1.1	Vazões contribuintes na Sub-Bacia	30
4.2	DIMENSIONAMENTO DO SIFÃO INVERTIDO	31
4.2.1	Determinação do diâmetro do sifão	33
4.2.2	Determinação da perda de carga	34
4.2.3	Tubulação de ventilação	35
4.2.4	Vertedor e Stop-Log	36
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Entende-se por saneamento um conjunto de ações integradas envolvendo: a captação ou derivação da água, seu tratamento, adução e distribuição, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos (BARROSO, 2002). De acordo com os dados de 2018 do Diagnóstico dos Serviços de água e Esgotos realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, em média, apenas 53,2% da população brasileira possui sistema de coleta de esgoto. Quando se fala de tratamento do esgoto coletado, esse número é menor ainda, na marca de 46,3% da população atendida (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério do desenvolvimento Regional, 2018). Estima-se que 80% das doenças e mais de 33% da taxa de mortalidade em todo o mundo decorram da má qualidade da água utilizada ou pela falta de esgotamento sanitário adequado. Nesse contexto, há um grande desafio à frente no que tange o gerenciamento de recursos hídricos e rejeitos, o que demanda alto investimento financeiro e técnico (PEREIRA, 2019).

Na implantação de sistemas de esgotamento sanitário, em especial sistemas separadores absolutos, é frequente que se depare, no traçado da rede coletora de esgotos, com interferências ou obstáculos tais como córregos, galerias de águas pluviais, rios, adutoras, galerias de cabos de comunicação ou elétricos, linhas de metrô, etc.

A transposição desses obstáculos poderá se dar por cima ou por baixo. A transposição por cima se dá utilizando-se de uma estação elevatória de esgotos. Já a transposição por baixo se dá com a própria declividade da tubulação coletora, ou em casos em que isso não é possível, torna-se necessária a execução de um sifão invertido.

Nesse trabalho serão apresentadas ferramentas para compreensão dos componentes do tema, desde as características dos sistemas de esgotamento sanitário até uma análise aprofundada dos sifões invertidos. Pretende-se com esse trabalho propor e demonstrar a viabilidade da implantação de um sifão invertido em uma transposição de interferência real.

1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

1.2.1 **Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e esclarecer questões sobre os sistemas de esgotamento sanitário, em específico o sistema separador absoluto. Serão abordadas as dificuldades em traçados de projetos de rede coletora de esgotos, apresentando os desafios em executar uma rede coletora tendo em vista as interferências e obstáculos físicos presentes. Será elaborado, em um estudo de caso, uma proposta de execução de um sifão invertido para transposição de uma interferência de projeto.

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Elaborar pesquisa bibliográfica e exploratória sobre sistemas urbanos de esgotamento sanitário, em específico sistema separador absoluto e elaborar uma abordagem referente às dificuldades e desafios para execução de uma rede coletora de esgotos, no que se refere à obstáculos e interferências físicas ao traçado da rede.
- Elencar considerações em relação às características e particularidades de um componente do sistema separador absoluto: o sifão invertido.
- Apresentar em um estudo de caso, a viabilidade de implantação do sifão em detrimento às estações elevatórias para transposição de um obstáculo físico no traçado da rede coletora.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em pesquisa exploratória bibliográfica, por estar baseada em material já elaborado, como artigos técnicos e científicos, monografias, periódicos e leis nacionais. Utilizou-se a técnica de pesquisa-ação, que pode ser definida como um tipo de pesquisa com base empírica, concebida

e realizada em estreita associação com uma ação para resolução de um problema de interesse coletivo.

2 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

2.1 APRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário pode ser definido com o conjunto de estruturas e instalações destinadas a condicionar adequadamente o esgoto sanitário de uma região de maneira segura e contínua. Os sistemas podem ser divididos em dois grupos: individual e coletivo. Os sistemas coletivos podem ainda ser divididos em unitário, misto e separador absoluto, esse último será o foco do presente trabalho, podendo ser subdividido em convencional e condominial (PEREIRA, 2019).

2.1.1 Sistema separador absoluto

Nesse sistema, as águas residuárias, tanto domésticas quanto industriais, e as águas de infiltração (água de subterrânea que infiltra na rede através das tubulações e dispositivos acessórios) são transportadas até a estação de tratamento de esgotos em um sistema independente. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema diferente. Trata-se de um sistema bem difundido no Brasil (PEREIRA, 2019).

Em comparação com outros sistemas, a implantação do sistema separador absoluto evita a contaminação dos corpos receptores com vazões extravasadas em períodos de chuvas intensas, além de admitir-se lançamentos múltiplos de águas pluviais em locais mais próximos e aproveitando-se do escoamento por sarjetas. É possível a implantação da rede empregando-se materiais de diversos tipos (cerâmicos, PVC, concreto, fibra de vidro, etc.), reduzindo os custos e prazos de execução. Isso só é possível graças às vazões reduzidas, e conseqüentemente, diâmetros menores. Além dessas vantagens, também é permitido a execução das obras por partes, priorizando a construção da rede de maior importância ao projeto.

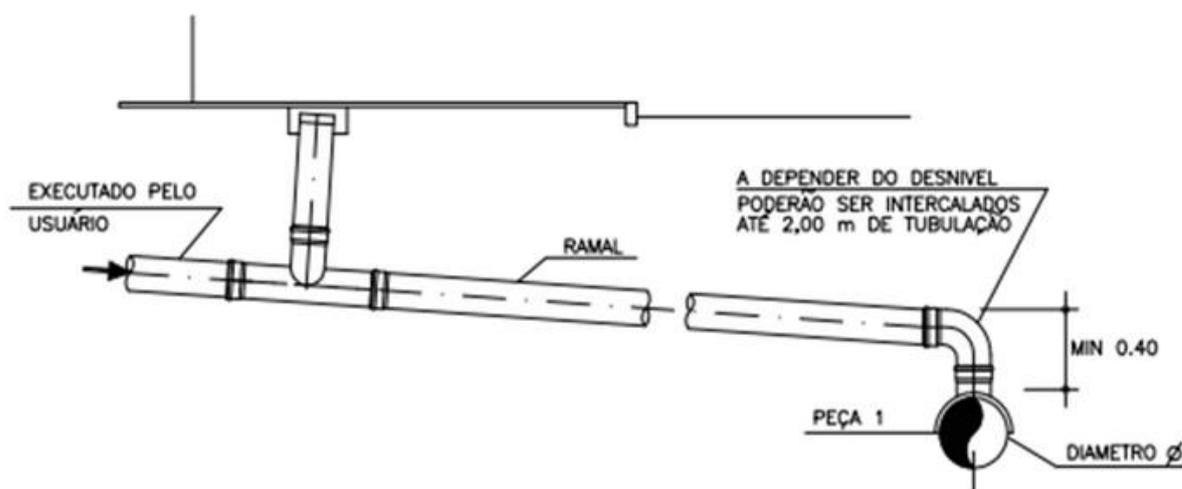
Infelizmente, em um sistema separador absoluto não se pode assegurar 100% da separação dos esgotos das águas pluviais. A ligações clandestinas de esgotos sanitários em redes coletoras de águas pluviais e de águas pluviais em redes coletoras de esgotos sanitários é uma prática comum no Brasil, apresentando um desafio, talvez o maior deles, para a operação eficaz do sistema (PEREIRA, 2019).

2.2 COMPONENTES DO SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO DE ESGOTOS

Tem-se como principais componentes do sistema separador absoluto de esgotos as ligações prediais, os coletores de esgotos, os coletores principais, os coletores tronco, os interceptores, as estações elevatórias, as estações de tratamento de esgotos e os emissários. Além dos componentes principais dos sistemas, existem também os componentes acessórios: os poços de visita (PVs), os terminais de limpeza (TL), os terminais de inspeção e limpeza (TIL) e os sifões invertidos (FONSECA, 2017).

É denominada de ligação predial ou domiciliar o trecho de coletor entre o limite do terreno particular e a rede coletora de esgotos. Podem ser feitas de diversas formas atendendo às normas estabelecidas pelas companhias executoras, e devem, prioritariamente, ser executadas a favor do fluxo hidráulico. São utilizados para execução dessa ligação uma peça chamada selim, que pode ser de PVC ou cerâmica (em desuso), interligando a rede coletora ao coletor predial, como demonstrado na figura 1 (FONSECA, 2017).

Figura 1 — Esquema de Ligação Predial



Fonte: Fonseca (2017)

As ligações prediais de esgotos ligam-se primeiramente nas tubulações dos coletores de esgotos. Os coletores recebem contribuições distribuídas ao longo do seu comprimento, composta geralmente de seção circular e baixo diâmetros. O diâmetro mínimo é de 100 mm, estabelecido pela NBR 9649 - Projeto de redes de

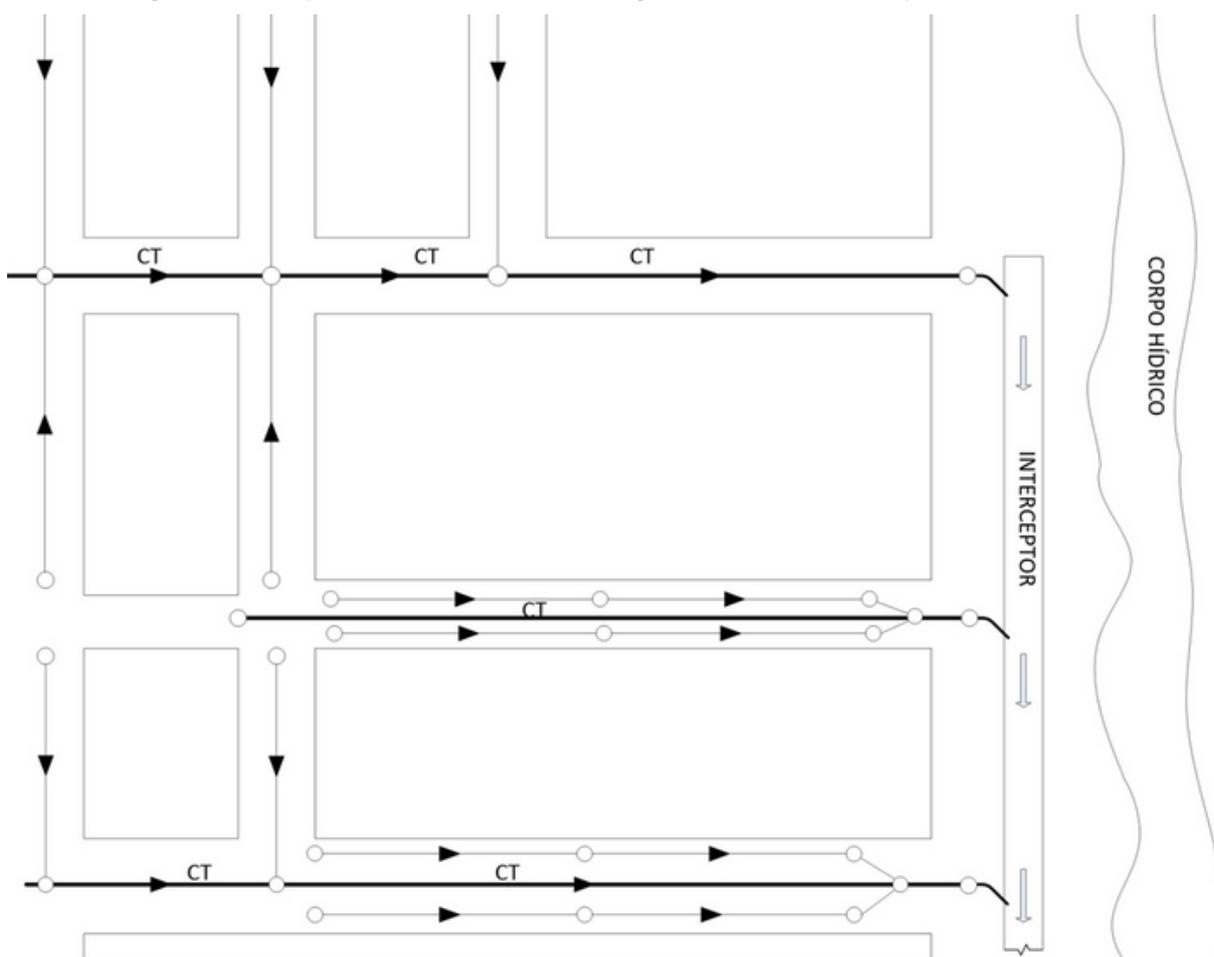
esgoto. Podem ser constituídos de diversos materiais, tais como materiais polivinílicos, fibrocimento, cerâmicos e etc. A inviabilidade na utilização de concreto armado se dá pela impossibilidade de execução de ligações domiciliares com esse material. Quando se fala da localização das redes coletoras, o assentamento pode ser executado nos passeios, em 1/3 ou no eixo da rua, dependendo da viabilidade, podendo ainda, ser de traçado único ou duplo. Segundo a norma 9649 para projeto de redes coletoras, as redes coletoras devem ser assentadas atentando-se para os recobrimentos mínimos de 0,65 m, quando assentada sob passeio e, 0,90 m, quando assentada sob a via com tráfego de veículos. Quando for assentada com menos que o mínimo, deve-se justificar e envelopar a tubulação com concreto (FONSECA, 2017).

São denominados de coletores principais aqueles que possuem maior extensão dentro de uma mesma bacia. Em termos gerais, são coletores como os convencionais, porém possuem maiores diâmetros, extensão e profundidade (FONSECA, 2017).

Os coletores tronco, diferente dos coletores de esgoto e coletores principais, não recebem ligações prediais ao longo de sua extensão, recebendo apenas contribuições de outros coletores. Por receberem maiores vazões, possuem maiores diâmetros, assim, podem ser executados em seções retangulares e com materiais como concreto armado e polietileno de alta densidade (PEAD). Torna-se necessária uma atenção especial ao concreto utilizado em coletores tronco, este precisa ser diferente do utilizado em galerias de águas pluviais, visto que necessita resistir ao ataque químico do contato com o esgoto (FONSECA, 2017).

Os interceptores são geralmente localizados nas regiões de cotas mais baixas da bacia, tangenciando rios, lagoas e canais, interceptando as contribuições que poderiam ir diretamente para esses corpos hídricos. Os interceptores, dentre todas as tubulações que compõe a rede, possuem os maiores diâmetros e complexidade de dimensionamento. Recebem contribuições apenas dos coletores tronco, ocorre também a defasagem das contribuições ao longo do seu comprimento, que diminui consideravelmente as vazões máximas. Tendo essas características, o dimensionamento e execução dos interceptores exige uma metodologia diferente (FONSECA, 2017). A figura a seguir apresenta os diferentes tipos de coletores:

Figura 2 — Esquema de um sistema de esgotamento sanitário separador absoluto



Fonte: Fonseca (2017)

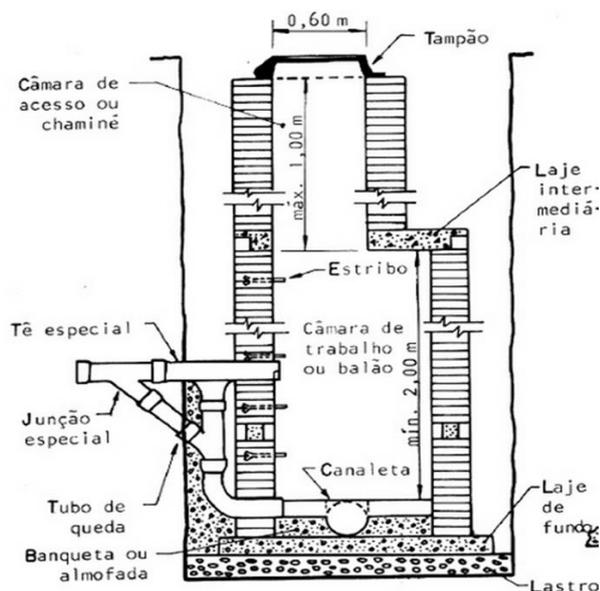
Em algumas situações de projeto, devido à configuração do terreno, a rede fica muito profunda, inviabilizando que o transporte dos esgotos seja feito por gravidade até seu destino final. Uma solução para essa situação é o emprego das estações elevatórias de esgotos: sistemas de bombas centrífugas utilizadas para bombear os esgotos para uma cota mais elevada. Estes sistemas podem possuir duas configurações: com poço molhado (poço onde se concentra o volume a ser bombeado) e poço seco (poço utilizado somente como abrigo para as bombas), ou apenas poço molhado com utilização de bombas submersas.

Estações elevatórias possuem também em sua composição, alguns equipamentos específicos, como: removedores de sólidos grosseiros (prejudiciais às bombas), extravasores ou by-passes (para situações em que ocorra queda de energia), dispositivos medidores de vazão e comportas (FONSECA, 2017).

Emissários são tubulações, que podem trabalhar tanto com conduto livre ou forçado, recebendo contribuição apenas na entrada da tubulação à montante. Podem ser classificados como emissários terrestres ou submarinos. Presente em trechos finais de interceptores, nos lançamentos finais de estações de tratamento de esgotos e em recalques de estações elevatórias (FONSECA, 2017).

Os poços de visita (PVs), classificados como acessórios da rede, são câmaras visitáveis instaladas em pontos de interesse da rede para facilitar o acesso às tubulações para vistoria ou manutenção. Estes pontos de interesse da rede podem ser cabeceiras de coletores, mudanças de declividade, nas ligações entre coletores, mudanças de diâmetro e mudanças de material. É aconselhável que a distância entre dois PVs seja suficiente para que equipamentos de limpeza e desobstrução como sewer-jet e vac-all consigam atuar. Representam uma boa parcela dos custos de implantação de uma rede, por isso devem ser executados com atenção à viabilidade econômica e necessidade (FONSECA, 2017).

Figura 3 — Esquema de um poço de visita



Fonte: Sobrinho e Tsutiya (2000)

Os terminais de limpeza (TL) são dispositivos acessórios em formas de curvas utilizados em cabeceiras de rede quando não há a necessidade de visitação, apenas introdução de equipamentos de limpeza e desobstrução (FONSECA, 2017).

Os terminais de inspeção e limpeza são utilizados em quase todos os casos em que um PV seria utilizado, com a única diferença de que os TILs não são visitáveis. Possuem menor tamanho, maior facilidade de execução e menor custo, porém, ainda assim, os PVs são mais utilizados no Brasil (FONSECA, 2017).

Figura 4 — Terminal de inspeção e limpeza radial pré-fabricado



Fonte: Fonseca (2017)

Por fim, os sifões invertidos, dispositivo acessório que será discutido com mais detalhes posteriormente, são utilizados somente em casos específicos em que se necessite vencer um obstáculo. Para transpor o obstáculo por baixo, trabalham em seção plena, ou seja, o efeito sifonamento faz a tubulação operar sob pressão, em conduto forçado (FONSECA, 2017).

3 SIFÕES INVERTIDOS

Na elaboração de um projeto de esgotamento sanitário para uma bacia, a necessidade de se transpor obstáculos tais como rios, galerias de águas pluviais, adutoras, córregos, linhas de metrô, cabos de comunicação, etc. é frequente.

A transposição desses obstáculos pode ser dada por cima, utilizando-se de uma estação elevatória de esgotos, com auxílio de uma bomba centrífuga. Para transpor o obstáculo por baixo, pode-se simplesmente utilizar-se da inclinação das tubulações até que a rede fique abaixo do obstáculo, em conduto livre, ou utilizar um sifão invertido. A dinâmica do sifão invertido ou falso sifão consiste em aprofundar a tubulação e, após transpor o obstáculo, a tubulação é elevada até uma cota ligeiramente menor que a da tubulação antes do aprofundamento. Assim, essa tubulação passa a trabalhar em seção cheia (conduto forçado) (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

É necessário um estudo comparativo entre todas as alternativas pois o sifão apresenta dificuldades de limpeza e desobstrução, além de custo relativamente alto, porém, mesmo assim, em determinadas situações o sifão invertido mostra-se uma solução adequada. No próximo capítulo será apresentado um estudo de caso comparativo da implantação do sifão invertido para transpor um obstáculo.

3.1 HIDRÁULICA

O sifão invertido é composto por tubulações localizadas entre duas câmaras e, em perfil, apresentam a forma aproximada de um trapézio, com a base menor virada para baixo. Uma câmara, localizada antes do obstáculo, tem a função de encaminhar o fluxo para o sifão e na saída, uma outra câmara tem a função de direcionar o fluxo efluente para a tubulação à jusante.

Nas tubulações do sifão o escoamento é dado por conduto forçado, uma vez que a seção do tubo está 100% preenchida por fluido. Para que o sifão funcione é necessário que o nível de fluido na câmara de entrada seja superior ao nível de fluido na câmara de saída. Assim, são aplicados conceitos hidráulicos de condutos forçados ao dimensionamento do sifão. (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993)

3.1.1 Perda de carga

Para se calcular a perda de carga distribuída no sifão invertido, existem alguns métodos. Se for utilizada a fórmula de Hazen-Wiliams, recomenda-se o uso do coeficiente $C=100$. Ao utilizar-se da fórmula de Manning recomenda-se o uso do coeficiente $n=0,015$ recomenda-se o uso da fórmula Universal. Atualmente, recomenda-se o uso da fórmula Universal e coeficiente de rugosidade uniforme $K=2$ mm.

Quando se calcula a perda de carga localizada utiliza-se a seguinte expressão:

$$\Delta H_L = \sum K_s V^2 / 2g \quad (1)$$

onde:

ΔH_L = perda de carga localizada;

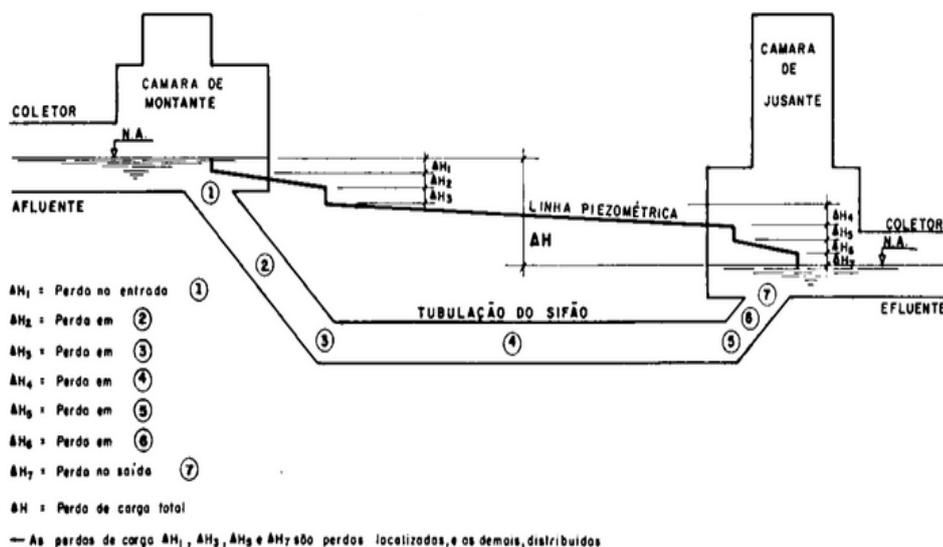
$\sum K_s$ = somatória dos coeficientes de perda de carga localizada;

V = velocidade média na seção;

g = aceleração da gravidade.

A imagem a seguir apresenta um esquema em perfil demonstrando os pontos de perda de carga em um sifão invertido:

Figura 5 — Perdas de carga em um sifão invertido

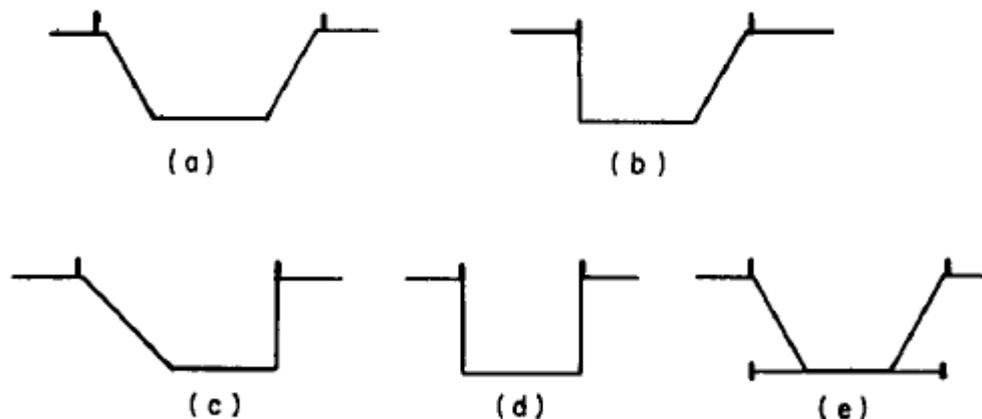


Fonte: Tsutiya e Sobrinho (1993)

3.2 PERFIL DO SIFÃO INVERTIDO

Dois aspectos importantes para a definição do perfil do sifão são perda de carga e a obstrução da seção, ou seja, a limpeza. Um perfil normalmente utilizado é o com forma de trapézio com base menor para baixo e sem base maior, podendo ser utilizados também, sifões com perfil "U", se existir espaço suficiente para sua instalação. É de grande importância que se projete o sifão com ângulos suaves que permitam a utilização de equipamentos para desobstrução e limpeza (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993). A figura 6 apresenta os diferentes perfis possíveis para a execução de um sifão invertido:

Figura 6 — Perfis para sifões invertidos



Fonte: Tsutiya e Sobrinho (1993)

As tubulações do sifão podem ser oblíquas como em (a), verticais como em (d), mistas como em (b) e (c) ou com câmara de limpeza como em (e).

3.3 NUMERO DE TUBULAÇÕES, DIÂMETRO MÍNIMO E MATERIAIS UTILIZADOS

O sifão invertido deverá possuir, no mínimo, duas tubulações, para possibilitar a interdição de uma delas para delas para execução de limpeza e desobstrução, sem que haja prejuízo no funcionamento. O número de tubulações poderá ser aumentado no caso de existir grandes vazões, para que se possa garantir a manutenção de velocidade adequada. Recomenda-se a utilização de 3 tubulações, 2 efetivas e 1 reserva, para caso seja necessária pausa no sistema para manutenção.

É recomendado que o diâmetro mínimo do sifão seja igual ao o diâmetro mínimo do coletor de esgoto, visto que quanto, para tubulações de diâmetro pequeno, quanto menor o diâmetro maior a possibilidade de obstrução. Como a prática atual é a utilização de diâmetro mínimo de 150 mm, recomenda-se esse diâmetro como mínimo.

Admite-se a utilização de tubos de ferro dúctil, concreto armado, aço ou PVC. Em situações em que o sifão é construído sobre leitos de rios, pode ser que aconteça a flutuação da tubulação quando esta é esvaziada para manutenção, para que isso não ocorra, recomenda-se a verificação do peso adequado do material escolhido ou a ancoragem da tubulação. Uma prática comum para utilização de tubulações de

materiais leves em situações como a anterior, é o envelopamento da tubulação com concreto armado, para evitar o deslocamento e proteção (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

3.4 VELOCIDADES ADOTADAS

O principal objetivo de um projeto de sifão invertido é garantir o escoamento, de modo que, pelo menos uma vez ao dia o sistema consiga realizar uma autolimpeza de suas tubulações. Assim, é necessária uma determinação precisa das vazões contribuintes de esgoto que chegam ao sifão. Além do mais, obstruções em sifões são muito mais difíceis de serem sanadas do que em coletores de esgoto.

É comum a indicação de que a adoção de velocidade igual a 0,9 m/s é suficiente para impedir a disposição de material sólido e arrastar o material que já esteja depositado. Se a velocidade de 0,9 m/s é suficiente para a limpeza da tubulação, quando ocorrerem velocidades maiores, pelo menos uma vez ao dia, a tubulação se desobstruirá sozinha.

Desse modo, é uma prática racional a imposição de que a velocidade, em pelo menos um momento do dia, seja maior que 0,9 m/s para a vazão máxima de esgotos, não considerando o coeficiente de dia de maior contribuição K_1 no cálculo desta vazão máxima. Porém, a utilização de 0,9 m/s como velocidade mínima, pode levar a valores excessivos de perda de carga no sifão para vazões máximas, o que, em muitos casos, pode inviabilizar a utilização dos sifões.

Como solução para esse gargalo, a Sabesp adota com sucesso, como critério de dimensionamento, uma velocidade igual ou superior a 0,6 m/s como vazão média ao longo de todo o período de projeto. Assim, chega-se a resultados próximos dos obtidos pelo uso do critério racional de 0,9 m/s para vazão máxima de um dia qualquer. Isto se dá pelo fato de que esta vazão máxima de esgotos é obtida multiplicando-se a vazão média (retirando a vazão de infiltração) pelo coeficiente da hora de maior contribuição, K_2 , usualmente igual a 1,5.

A velocidade máxima não deverá ser maior que 4,0 m/s, sendo função das características do material e da carga disponível (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

3.5 CÂMARAS VISITÁVEIS

O projeto de sifões exige duas câmaras visitáveis: uma de montante ou de entrada e uma de jusante ou saída, com dimensões adequadas que permitam o acesso e a movimentação de pessoas e equipamentos.

Projeta-se a câmara de montante de maneira a encaminhar o escoamento para as tubulações do sifão e a câmara de jusante, para conduzir o escoamento para o coletor de jusante, evitando, assim, refluxos de águas que não estiverem sendo utilizadas para o sifão.

Utiliza-se, geralmente, para a distribuição de fluxo na câmara de montante, vertedores laterais, stop-logs ou comportas. Os stop-logs possuem a vantagem de distribuir melhor as vazões, mantendo sempre uma velocidade mínima de autolimpeza. A desvantagem dos stop-logs é a necessidade de um operador para efetuar a movimentação deles. Para dispensar a necessidade de uma pessoa entrar na câmara, recomenda-se a utilização do vertedor lateral. Por outro lado, o vertedor é considerado um obstáculo submerso, causando maior perda de carga.

3.6 VENTILAÇÃO E EXTRAVASOR

No escoamento em conduto livre, quantidades consideráveis de gases são arrastadas junto ao escoamento dos esgotos. Quando esse fluxo é interrompido na câmara de montante, para após tornar-se escoamento em conduto forçado, há um acúmulo desses gases, originando pressão positiva na câmara que provoca seu escape com odor desagradável através de orifícios e frestas dos tampões.

Ao vedar todas as frestas e buracos, os gases passam a seguir em sentido oposto ao do escoamento, até conseguir escapar no poço de visita a montante mais próximo. Nesse caso, todo oxigênio na câmara acaba e gases, principalmente o sulfídrico (que se desprende do esgoto devido ao aumento da turbulência na câmara), se concentram, tornando o ambiente altamente tóxico, o que pode levar à morte operadores que visitam a câmara sem o uso de máscara de proteção.

Para mitigar esses problemas, aconselha-se a utilização de uma tubulação que interligam as câmaras de montante e jusante, de modo que os gases sejam transferidos diretamente para a câmara de jusante para seguir junto ao fluxo de esgoto a jusante do sifão. Essa tubulação exclusiva para a retirada de gases tem diâmetro

variando de um décimo até metade do diâmetro do sifão, localizada geralmente paralela às tubulações do sifão.

Outra solução é a emissão dos gases para a atmosfera na câmara de montante, uma vez que a localização da câmara permita, não afetando as condições ambientais do local (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

Quando se fala da possibilidade de ocorrência de acidentes, entupimentos e quebras que podem interromper o funcionamento do sifão, é necessária a instalação de um extravasor ou descarga.

Quando o sifão se destina a atravessar um curso de água, pode-se prever uma canalização extravasora na câmara de montante, com lançamento diretamente no rio. Esta situação não é adotada quando a qualidade da água no corpo receptor não possa ser mantida (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

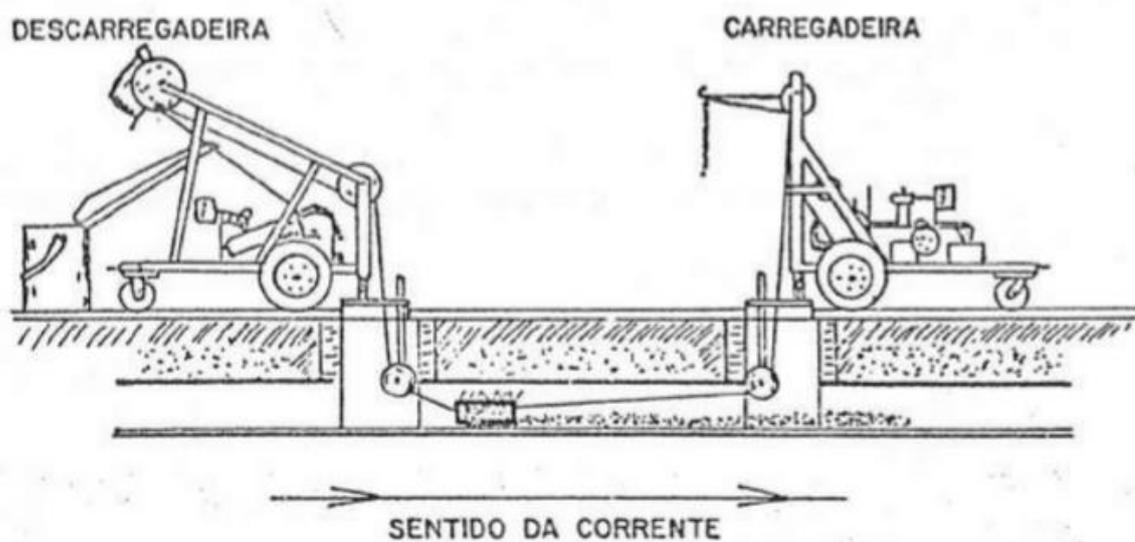
3.7 EQUIPAMENTOS PARA LIMPEZA

Uma das principais preocupações em um projeto de sifão invertido, senão a maior delas, refere-se a eventuais necessidades de manutenção para desobstrução, em especial quando ocorre o acúmulo de sólidos mais pesados, como pedras e objetos, que são resistentes ao arraste hidráulico, solicitando a utilização de equipamentos mecanizados de limpeza.

Um equipamento de limpeza utilizado e bastante eficiente para limpeza de sifões é o Bucket-Machine. Este equipamento motorizado, aciona uma roldana que enrola e desenrola um cabo de aço com uma caçamba na ponta. Esta caçamba é arrastada pelo interior da tubulação, recolhendo o material sedimentado. Existem caçambas com tamanhos de acordo com o diâmetro da tubulação que se deseja limpar e também nas dimensões das câmaras (TSUTIYA; SOBRINHO, 1993).

Outro equipamento que pode ser utilizado são os caminhões providos do sistema sewer-jet. Trata-se de uma mangueira de alta pressão capaz de ser inserida no sifão e lançar um jato de água para empurrar os sedimentos até a câmara de jusante. A imagem a seguir apresenta o funcionamento do equipamento Bucket-Machine:

Figura 7 — Equipamento Bucket-Machine



Fonte: Sobrinho e Tsutiya (2000)

4 ESTUDO DE CASO

Serão apresentados os componentes necessários para a implantação de um sifão invertido como solução para transposição de um obstáculo real, no bairro Santo Antonio, região oceânica do município de Niterói/RJ.

Figura 8 — Bairro Santo Antonio



Fonte: Google Maps

4.1 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DE REDE COLETORA

O projeto em questão faz parte do sistema de esgotos sanitários da Região Oceânica de Niterói, parte do Plano Diretor elaborado para a área urbana dessa região, desenvolvido por uma empresa de consultoria contratada pela Concessionária Águas de Niterói.

O trecho abordado trata-se de adequação com duplicação e remanejamento da rede coletora de esgotos, para obras de urbanização e drenagem realizadas pela Prefeitura Municipal de Niterói.

Os esgotos provenientes da sub-bacia em que o trecho em questão está localizado serão encaminhados à ETE Cambinhas. Para realização do projeto executivo foi efetuado um levantamento topográfico em toda a área de abrangência do sistema proposto, incluindo vistorias em campo, cadastro de redes pluviais e de distribuição de água potável.

Os trechos projetados foram localizados no terço das vias, quando possível, no lado oposto ao das redes de distribuição de água potável. Quando em ruas mais largas, foram previstos dois coletores, dispostos nos passeios, quando possível.

Para evitar a oneração da obra, a definição do traçado procurou evitar grandes profundidades, salvo casos em contra declives no terreno ou longas extensões sem variação de cota, onde foi vantajoso evitar a instalação de uma estação elevatória.

O Projeto seguiu os preceitos das Normas Brasileiras, sendo adotados os recobrimentos mínimos de 0,65 m para passeios e 0,90 m para vias de tráfego, quando o recobrimento fica menor, excepcionalmente utiliza-se como medida preventiva o envelopamento da rede.

No desenvolvimento do projeto da rede coletora, foi adotada uma referência de cotas relativa, para evitar a apresentação de cotas negativas, em que a cota 100,0 m é igual à cota absoluta 0,0 m do levantamento topográfico.

4.1.1 Vazões contribuintes na Sub-Bacia

Tabela 1

POPULAÇÃO ATENDIDA (hab)			Extensão (m)		Infiltração (l/s)		VAZÃO (l/s)		
Inicial	Final	Saturação	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Saturação
506	1.275	1.685	2.986		0,60		3,23	5,91	7,62

Fonte: Águas de Niterói S.A. (2002)

O consumo per capita de água adotado foi de 250 l/hab.dia, sendo aplicado o coeficiente de retorno de 0,80.

As extensões de coletores foram retiradas do traçado da rede coletora e a vazão de infiltração foi calculada a partir da taxa de 0,2 l/s.km – rede de PVC.

Os coeficientes de maior consumo diário e horário são os seguintes:

$$K_1 = 1,2$$

$$K_2 = 1,5$$

4.2 DIMENSIONAMENTO DO SIFÃO INVERTIDO

Serão apresentados nessa parte, os elementos necessários para o dimensionamento de um sifão invertido. Para fim de melhor compreensão, estes elementos, bem como suas características, serão apresentados juntamente com os cálculos de valores de um estudo de caso real.

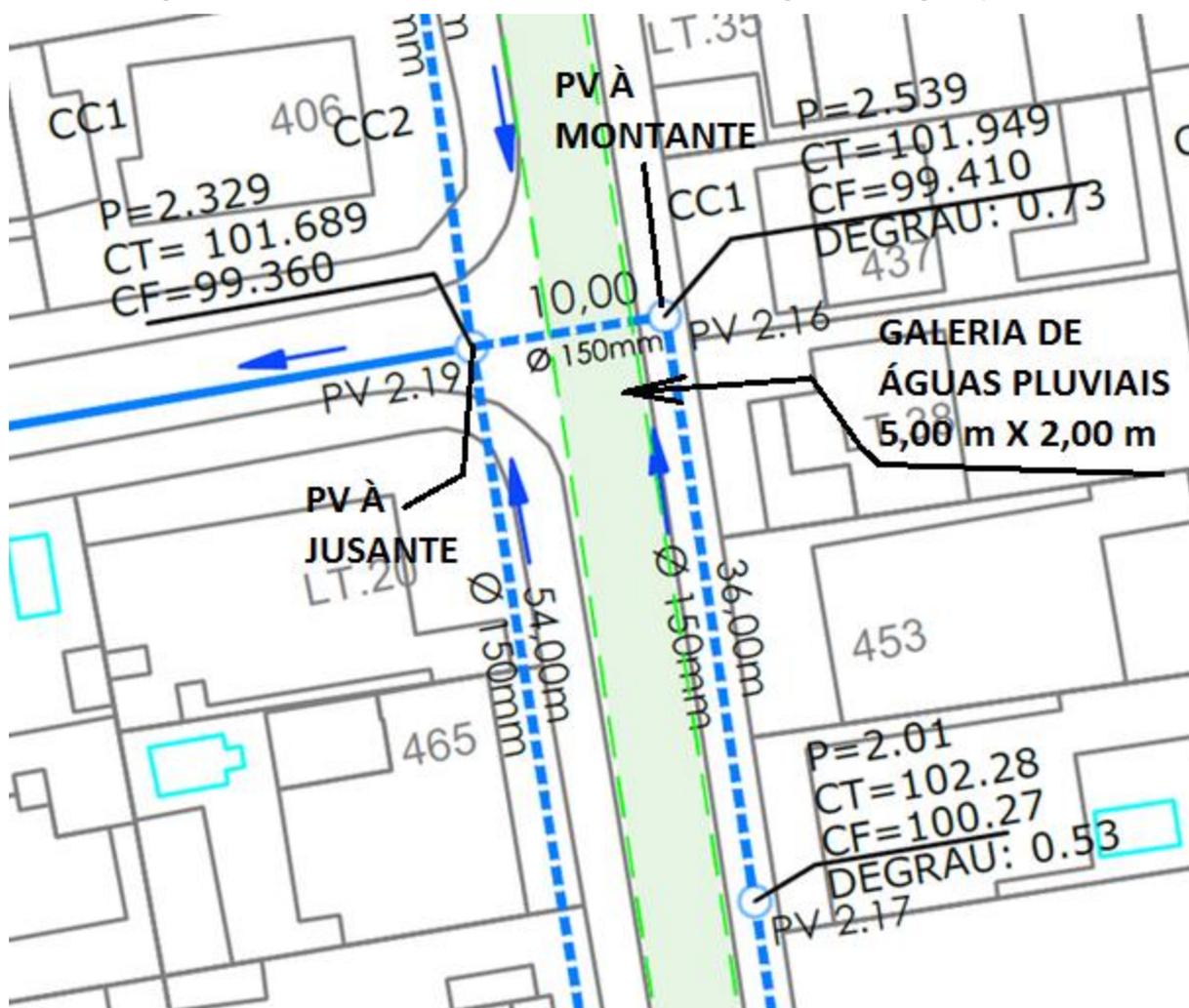
As adequações a serem executadas na rede coletora levam a, no traçado da rede, necessidade de transposição de uma galeria de drenagem de águas pluviais, como demonstrado nas duas imagens do projeto em planta a seguir:

Figura 9 — Projeto de rede coletora para Sub-Bacia em estudo - Bairro Santo Antonio



Fonte: Adaptado de Águas de Niterói S.A. (2002)

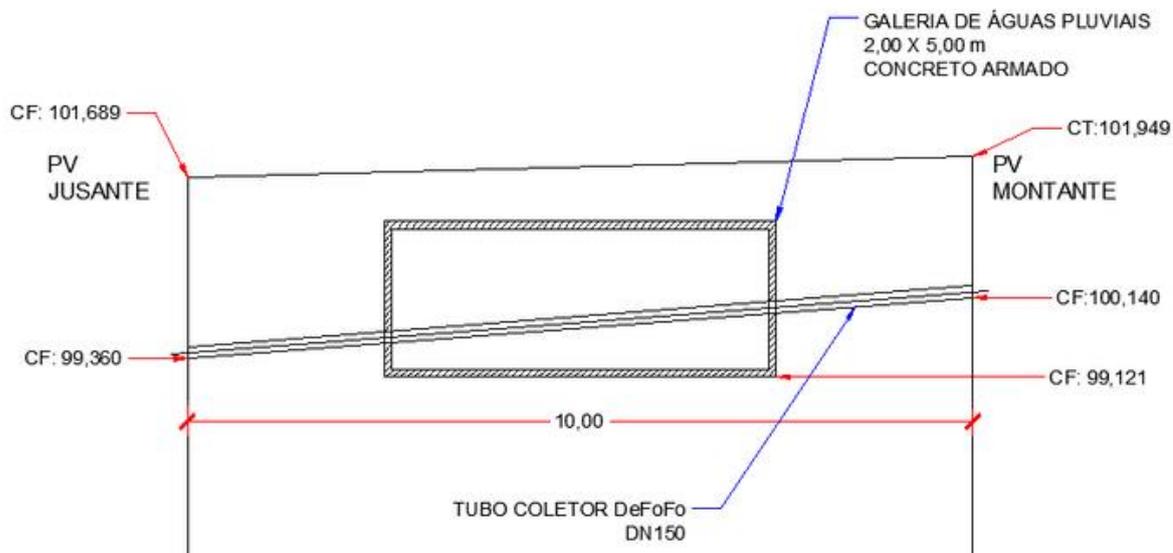
Figura 10 — Trecho com necessidade de travessia em galeria de águas pluviais



Fonte: Adaptado de Águas de Niterói S.A. (2002)

A galeria a ser transposta possui dimensões de 5,00 m x 2,00 m, fabricada em concreto armado. As cotas de fundo da PV à montante e à jusante levam a um traçado de rede, na travessia, que é totalmente interceptado por essa galeria, como demonstrado na figura a seguir:

Figura 11 — Perfil da interferência da galeria de águas pluviais



Fonte: O autor (2020)

4.2.1 Determinação do diâmetro do sifão

Visando garantir uma condição de autolimpeza pelo menos uma vez ao dia, como mencionado anteriormente, será adotado o critério de dimensionamento utilizado pela SABESP:

$V_{\text{mínima}} = 0,6 \text{ m/s}$ para $Q_{\text{média}}$;

$V_{\text{mínima}} = 0,9 \text{ m/s}$ para $Q_{\text{máxima}}$;

$V_{\text{máxima}} = 4,0 \text{ m/s}$

Para isso, precisou-se calcular as vazões média inicial ($Q_{\text{med, inicial}}$) e final ($Q_{\text{med, final}}$) e as vazões máximas inicial ($Q_{\text{max, inicial}}$) e final ($Q_{\text{max, final}}$). Ressalta-se, que no projeto analisado, foram utilizados os coeficientes k_1 e k_2 , por isso tornou-se necessário a consideração desses dois coeficientes, e não somente o k_2 como a norma preconiza, no cálculo de $Q_{\text{med, inicial}}$.

- $Q_{\text{med, inicial}} = Q_{\text{inicial}}/k_1 \cdot k_2$

$$Q_{\text{med, inicial}} = 3,23/1,2 \cdot 1,5$$

$$Q_{\text{med, inicial}} = 1,79 \text{ l/s}$$

- $Q_{\text{max, inicial}} = 3,23 \text{ m/s}$

- $Q_{\text{med, final}} = Q_{\text{saturação}}/k_1 \cdot k_2$

$$Q_{\text{med, final}} = 7,62/1,2 \cdot 1,5$$

$$Q_{\text{med,final}} = 4,23 \text{ l/s}$$

- $Q_{\text{max,final}} = 7,62 \text{ m/s}$

Adotando-se para as tubulações do sifão, um diâmetro de 50 mm, tem-se:

$$v = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2$$

- Para $Q = 1,79 \text{ l/s}$.

$$v = 4 \cdot 0,00179 / \pi \cdot 0,05^2$$

$$v = 0,912 \text{ m/s}$$

- Para $Q = 7,62 \text{ l/s}$

$$v = 4 \cdot 0,00762 / \pi \cdot 0,05^2$$

$$v = 3,88 \text{ m/s}$$

Como o valor de velocidade encontrado para a $Q_{\text{max,final}}$ foi muito próxima do máximo estipulado, de 4,0 m/s, torna-se prudente a adoção de tubos de 60 mm para o sifão. E optou-se pela adoção de 3 tubulações, 2 efetivas e uma reserva.

Assim, refazendo os cálculos para a tubulação de 60 mm:

$$v = 4Q / \pi D^2$$

- Para $Q = 1,79 \text{ l/s}$.

$$v = 4 \cdot 0,00179 / \pi \cdot 0,06^2$$

$$v = 0,633 \text{ m/s}$$

- Para $Q = 7,62 \text{ l/s}$

$$v = 4 \cdot 0,00762 / \pi \cdot 0,06^2$$

$$v = 2,69 \text{ m/s}.$$

4.2.2 Determinação da perda de carga

Para a perda de carga distribuída, considerou-se uma vazão para cada tubulação do sifão como sendo 3,81 l/s, equivalente à metade da vazão máxima. Para o comprimento da tubulação, considerou-se 11,0 m, e para o coeficiente de rugosidade (C), como trata-se de uma tubulação de PVC, 140.

- Para $Q = 3,81 \text{ l/s}$

$$v = 4 \cdot 0,00381 / \pi \cdot 0,06^2$$

$$v = 1,35 \text{ m/s}.$$

$$J = 10,65 \cdot Q^{1,85} \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87}$$

$$J = 10,65 \cdot 0,00381^{1,85} \cdot 140^{-1,85} \cdot 0,06^{-4,87}$$

$$J = 0,0341 \text{ m/m}$$

$$H = J \cdot L = 0,0341 \cdot 11,0 = 0,375 \text{ m}$$

Para a perda de carga localizada, considerou-se 2 curvas de 45°, uma entrada e uma saída.

Quadro 1 — Coeficientes de perda de carga localizada em função das peças do sifão

Peça	K_L
Entrada	0,50
2 curvas de 45°	0,40
Saída	1,00
Total	1,90

Fonte: O autor (2020)

$$\Delta h_L = k_L \cdot v^2 / 2g$$

$$\Delta h_L = 1,90 \cdot 1,35^2 / 2 \cdot 9,81$$

$$\Delta h_L = 0,176 \text{ m}$$

Assim, a perda de carga total é de $0,375 + 0,176 = 0,551$. Valor aceitável se considerada a diferença das cotas de fundo entre o PV à montante e o PV à jusante, de 0,78 m.

4.2.3 Tubulação de ventilação

Será projetada para a ventilação do sifão, uma tubulação interligando as câmaras de montante e jusante, pois admite-se os gases afetarão as condições ambientais do local. O diâmetro adotado será de um décimo das tubulações do sifão.

$$S_1 = S_2 = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 0,06^2 / 4 = 0,00283 \text{ m}^2$$

$$S_{eq} = 2 \cdot 0,00565 = 0,00565 \text{ m}^2$$

A tubulação de ventilação do sifão deve ficar entre $S_{eq}/10$ e $S_{eq}/2$, assim tem-se:

$$S_{eq}/10 = 0,00565/10 = 0,000565 \text{ m}^2$$

$$S_{eq}/2 = 0,00565/2 = 0,00283 \text{ m}^2$$

$$D_{eq1} = \sqrt{4 \cdot 0,000565 / \pi} = 0,027 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

$$D_{eq2} = \sqrt{4 \cdot 0,00283 / \pi} = 0,060 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

Assim, será considerado uma tubulação de ventilação com diâmetro de 50 mm.

4.2.4 Vertedor e Stop-Log

Está previsto no projeto, um vertedor, para que quando a vazão ultrapassar 3,81 l/s, o fluxo adicional seja encaminhado para a segunda tubulação.

$$F = nQ / \sqrt{I}$$

$$F = 0,011 * 3,81 / \sqrt{0,00361}$$

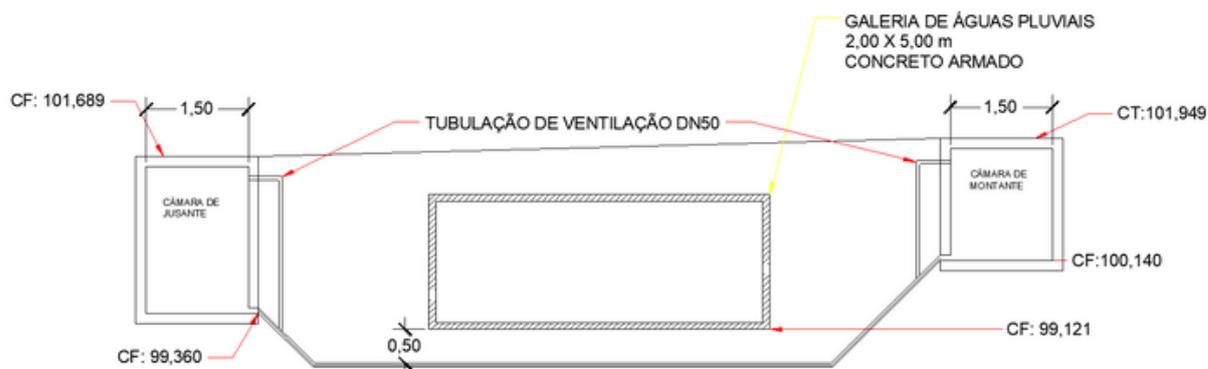
$$F = 0,698$$

A partir das tabelas de Manning, tem-se uma lâmina d'água chegando na câmara à montante: 41% de 0,015 m = 6,2 cm.

Assim, será utilizado um vertedor com 6,2 cm de altura.

Além disso, será previsto o dispositivo de Stop-Log para utilização da terceira tubulação (reserva), movimentada por um operador quando necessária manutenção do sistema. A seguir, seguem figuras do projeto do sifão invertido em perfil e planta:

Figura 12 — Perfil do sifão dimensionado



Fonte: O autor (2020)

Figura 13 — Sifão invertido dimensionado em planta



Fonte: O autor (2020)

5 CONCLUSÃO

Na implantação de sistemas separadores absolutos de esgotos sanitários, é frequente que se depare, no traçado da rede coletora de esgotos, com interferências ou obstáculos tais como córregos, galerias de águas pluviais, rios, adutoras, galerias de cabos de comunicação ou elétricos, linhas de metrô, etc. A transposição desses obstáculos poderá se dar por cima ou por baixo.

Foram apresentadas ferramentas para compreensão das características dos sistemas de esgotamento sanitário e uma análise aprofundada dos sifões invertidos. Propôs-se demonstrar a viabilidade da implantação de um sifão invertido em uma transposição de interferência real, no bairro Santo Antonio, Região Oceânica de Niterói-RJ.

O obstáculo referido no projeto, trata-se de uma galeria de águas pluviais de 5,00 m x 2,00 m em concreto armado. Neste projeto de remanejamento e duplicação de rede de esgoto, foram coletados dados de vazões de início de plano e de saturação, além da declividade do coletor afluyente (DN 150 mm) afluyente ao trecho a ser transposto.

Dimensionou-se um sifão invertido com duas câmaras visitáveis, uma a montante e uma a jusante ao sifão, com seção interna de 1,50 m x 1,50 m em aduelas de concreto armado. Para o sifão propriamente dito, foram dimensionadas 4 tubulações interligando as câmaras: duas tubulações efetivas de 60 mm, uma tubulação de reserva de 60 mm para eventuais manutenções no sistema, e uma tubulação de ventilação de gases de 50 mm.

Foi considerada um sistema de vertedores para manejo do fluxo afluyente na câmara de montante, onde se adotou 3,81 l/s para cada tubulação efetiva. Os aparelhos stop-log foram implantados para operação manual quando se necessite parar o fluxo para uma manutenção no sistema.

As perdas de carga calculadas, localizada e distribuída, foram satisfatórias para o correto funcionamento do sifão, não ultrapassando a diferença de cota entre a câmara de montante e de jusante.

O sifão invertido mostrou-se uma solução viável para o trecho estudado, quando comparamos com a utilização de uma estação elevatória de esgotos. O sifão, apesar de apresentar uma manutenção complexa, dispensa a necessidade de sistema

de bombeamento, reduzindo os custos de operação com energia elétrica e gerador. Deve-se prever a manutenção do sifão proposto utilizando um caminhão equipado com sewer-jet ou o sistema Bucket-Machine para a desobstrução e limpeza.

Deixa-se como sugestão para sequência deste projeto, a análise e dimensionamento de um sifão invertido utilizando métodos computacionais, e a comparação de resultados com o método tradicional proposto no presente trabalho, uma vez que este método é tido como conservador.

REFERÊNCIAS

BARROSO, Luiz Roberto. Saneamento Básico: Competências Constitucionais da União, Estados e Municípios. **Revista da Informação Legislativa**, Brasília, p. 256, Jan 2002.

FONSECA, Paulo Luiz. **Notas de Aula - Saneamento Ambiental I: Sistemas Urbanos de Esgotos**. Niterói, 2017 (Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense.

GOOGLE MAPS. **Bairro Santo Antonio. Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Santo+Ant%C3%B4nio,+Niter%C3%B3i+-+RJ/@-22.9495405,-43.0691095,14z/data=!4m5!3m4!1s0x998675d9f2ffe1:0xcd9d71287cbcac0!8m2!3d-22.9400405!4d-43.0464515>. Acesso em: 19 ago. 2020.

PEREIRA, Guilherme Galvão . **Sistemas Urbanos de Esgotos Sanitários** : Estudo de Caso para a Região do Largo da Batalha, Niterói - RJ. Niterói, 2019. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS**: Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgotos. 24. ed. Brasília, 2018. 186 p.

SOBRINHO, Pedro Alem; TSUTIYA, Milton Tomoyuki . **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo, 2000.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; SOBRINHO, Pedro Além . Proposição de uma metodologia para o dimensionamento de sifões invertidos em sistemas sanitários. **Revista DAE**, v. 172, 1993.

ÁGUAS DE NITERÓI S.A.. **Sistemas de Esgotamento Sanitário para Região Oceânica de Niterói/RJ**: Projeto Executivo da Rede Coletora de Esgotos. Niterói, 2002.