



Engajamento comunitário (UNICEF/Angola/2024/Jkiala)

# GUIA TÉCNICO DE APOIO À ELABORAÇÃO DE SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE COLECTA DE ESGOTO



**COMITIVA BRASILEIRA DA MISSÃO ANGOLA 2022**



**COMITIVA BRASILEIRA DA MISSÃO ANGOLA 2023**

# AGRADECIMENTOS

A elaboração deste guia demandou significativamente mais tempo e esforço do que inicialmente previsto e, constantemente, nos trouxe uma sensação de grande responsabilidade. Sem o apoio de diversas pessoas ao longo desse percurso, não teríamos conseguido finalizá-lo preservando e serenidade necessária.

Este guia deve-se ao trabalho aturado da equipa da Companhia de Águas e Saneamento do Ceará (CAGECE) na área de mobilização social e engenharia – Raquel Oliveira, Fabiano Lira e Robervania Barbosa; da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) – Récio Araújo e Alba Lemos; da Secretaria das Cidades do Ceará (SCIDADES/CE) – Vanessa Lima; do apoio incondicional da Agência Brasileira de Cooperação (ABC) – Hugo Leão, Carolina Salles e João Luiz Clementino; além do suporte técnico do UNICEF Brasil – Niklas Stephan e Juliana Monteiro Bernardino; e do UNICEF Angola – Edson Monteiro.

Queremos agradecer imensamente o extremo comprometimento e dedicação de todos nessa caminhada e o produto que logramos ter.









# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>        | <b>6</b>  |
| <b>II. O SISTEMA CONVENCIONAL .....</b> | <b>8</b>  |
| 1. Conceitos.....                       | 8         |
| 2. Projeto.....                         | 9         |
| 3. Desafios.....                        | 10        |
| <b>III. SISTEMA SIMPLIFICADO .....</b>  | <b>11</b> |
| 1. Conceitos.....                       | 11        |
| 2. Projeto.....                         | 13        |
| 3. Vantagens e Desafios .....           | 14        |
| <b>IV. MACROPLANO .....</b>             | <b>16</b> |
| 1. Fragmentação da Região em Áreas..... | 16        |
| 1.1. Conceitos .....                    | 16        |
| 1.2. Dimensionamento.....               | 17        |
| 1.3. O Projeto Básico .....             | 19        |
| 2. Reunião com os Moradores .....       | 19        |
| 2.1. Alternativas de Caminhamento ..... | 20        |
| 2.2. Levantamento dos custos.....       | 21        |
| 2.3. Definição das atribuições .....    | 22        |
| 2.4. Manual de Conduta .....            | 23        |
| 2.5. Fechamento .....                   | 24        |
| 3. Projeto Executivo .....              | 24        |
| 3.1. Norma Brasileira.....              | 25        |
| 3.2. Dados para o Dimensionamento ..... | 26        |
| 3.3. Vazões.....                        | 27        |
| 3.4. Diâmetro da Tubulação.....         | 27        |
| 3.5. Planilha de Cálculo .....          | 28        |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b> | <b>30</b> |

# I. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saneamento como o controle dos fatores do meio físico do ser humano, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social.

Segundo o plano brasileiro PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico), saneamento é o conjunto de serviços e infraestrutura de abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais urbanas. A Figura 1 discrimina essas quatro grandes áreas e suas definições.

*Figura 1: Grandes áreas do saneamento e suas definições.*



Com o entendimento da importância do saneamento, tanto para a saúde quanto para o desenvolvimento das sociedades, ao longo da história foram propostas diversas técnicas no intuito de aprimorar o custo-benefício para a construção, a operação e a manutenção das estruturas relacionadas.

Especificamente na coleta de esgotos, cujo objetivo é “afastar as águas residuárias coletadas das residências, conduzindo-as a um local adequado (tratamento)”, em linha com o planejamento urbano de grandes cidades, a solução mais adequada/empregada neste subtema tem sido o Sistema Convencional, o qual conceitualmente isola o esgoto doméstico daqueles que possuem outras origens (industrial, por exemplo) e das águas pluviais, e o encaminha por gravidade até o local destinado ao tratamento.

Historicamente, a demanda por aprimoramento dos conceitos, das técnicas e dos equipamentos aplicados à implantação de um Sistema Convencional de Coleta de Esgoto está associada à busca por soluções locais, tradicionalmente países desenvolvidos, os quais muitas vezes são associados à premissa de “custo-benefício em cidades planejadas”.

Tal realidade traz como consequência uma série de desafios para a implantação de um Sistema Convencional em cidades/regiões com “planejamento deficitário”, realidade comum nos países do Sul Global. Na prática, esses desafios tendem a aumentar os custos exponencialmente. Em muitos casos, inviabiliza-se a sua concretização, ou ainda retira-se a prioridade do tema Saneamento Básico do orçamento desses Governos.

Neste contexto, no início da década de 1980, um grupo de P&D da CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), em parceria com especialistas da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), desenvolveu os conceitos de um Sistema Condominial, testando-o com eficácia em duas áreas de baixa renda da cidade de Natal, capital daquele estado.

Comparando com o Sistema Convencional, a experiência de Natal apresentou a mesma eficácia (condução das águas residuárias), porém com um custo consideravelmente menor, despertando a atenção de pesquisadores e governantes, particularmente aqueles engajados em soluções de coleta de esgoto em países em desenvolvimento.

Com o aprofundamento e a universalização dos estudos nas décadas seguintes, o termo *sistema condominial* foi exportado e substituído por Sistema Simplificado – do inglês: Simplified Sewerage.

No próximo capítulo, o Sistema Convencional de Coleta de Esgoto será apresentado mais detalhadamente, enfatizando as suas características e suas diferenças do Sistema Simplificado.



## II. O SISTEMA CONVENCIONAL

### 1. Conceitos

O Sistema Convencional de Coleta de Esgoto pode ser definido como “um conjunto de tubulações e estruturas que faz a ligação, por meio da gravidade, entre as unidades geradoras (residências) e as unidades de tratamento (ou de elevação, se for o caso)”. Esse sistema pode ser subdividido nos seguintes elementos:

1. **Ligação domiciliar** – é o conjunto de tubos, peças, conexões e dispositivos, dedicados a realizar a ligação entre o ambiente sanitário privado do domicílio e o sistema público de coleta de esgoto (rede básica).

2. **Rede (coletora) básica** – subdivisão dedicada a receber as contribuições de esgoto ao longo de seu comprimento, em geral com tubulações de diâmetros inferiores a 250 mm.

3. **Coletor** – subdivisão com o propósito de conduzir vazões maiores com mais eficiência, tendo como premissa receber contribuições apenas de outros coletores (rede básica).

4. **Interceptor** – subdivisão com a função de amortecimento das vazões máximas, geralmente alocados ao longo de cursos de água, mananciais, ou do litoral.

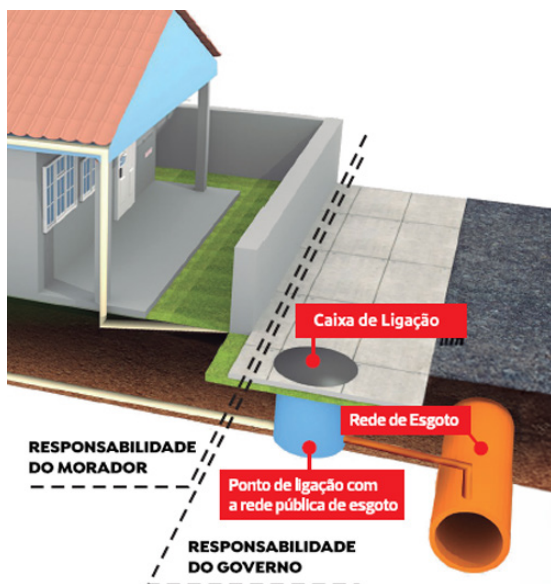
A Figura 2 apresenta a disposição dos elementos do Sistema Convencional.



Figura 2: Elementos do Sistema de Convencional de Coleta de Esgoto

Vale pontuar que a ligação domiciliar é precedida por um elemento definido como **Caixa de Ligação**, cuja importância conceitual está no fato de que este separa as responsabilidades, a saber:

- “a partir dela”, o projeto, a execução e a manutenção são de responsabilidade do Governo; e
- “até ela”, toda a responsabilidade passa a ser do morador.



## 2. Projeto

O dimensionamento de um Sistema Convencional consiste em definir objetivamente a alocação dos trechos de tubulação, e dos poços de visita, atendendo a quesitos hidráulicos (fluxo, diâmetro, declividade) e de manutenção (limpeza, segurança), sempre buscando o melhor custo-benefício.

No Brasil, a norma ABNT NBR 9649:1986 determina as condições para a elaboração de Projeto de Redes Coletoras de Esgoto, (popularmente conhecido como Sistema Convencional), como profundidade mínima, declividade mínima, diâmetro mínimo e velocidade máxima, considerando aspectos generalistas da realidade brasileira, como consumo per capita e clima.

Acerca das etapas para a elaboração de um projeto de Sistema de Esgotamento Sanitário, no qual o projeto de Rede Coletora está incluso, não há um roteiro universal aplicável em qualquer situação, ficando a cargo dos governantes locais, baseados em suas experiências, a definição do fluxograma a ser executado.

A seguir, mais uma proposta de roteiro a ser analisada:

1. Estudos Populacionais – levantamento e análise de informações relativas à população a ser atendida pelo sistema a ser projetado. Um dos produtos dos Estudos Populacionais é a eficiente definição da área de abrangência do projeto.
2. Estudos de Vazão – levantamento e análise dos padrões de consumo da população a ser atendida, permitindo o cálculo da vazão a ser coletada/tratada e a sua variabilidade ao longo do tempo.
3. Estudos Topográficos – levantamento e análise de informações relativas ao terreno que receberá o sistema, notadamente arruamentos, declividades e ocupação do solo, tendo influência nos cálculos hidráulicos e consequentemente no custo total da obra.
4. Estação de Tratamento – definição da tecnologia a ser empregada e do projeto das edificações e equipamentos que comporão a estação de tratamento.
5. Rede Coletora – definição do caminhamento e profundidades das tubulações, bem como a alocação dos poços de visita e equipamentos.
6. Orçamento – Levantamento dos quantitativos e dos custos de execução da obra.
7. Documentos Auxiliares – memorial de desapropriação, Manual de Operação. O trabalho social mitiga desigualdades, oferece oportunidades e garante direitos básicos aos cidadãos, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa e equitativa. Ele se operacionaliza nas diferentes políticas sociais, mas precisa ser pensado numa óptica integral, articulada e de totalidade com e para o território de actuação.

### 3. Desafios

Nas regiões periurbanas de países em desenvolvimento, é comum encontrar áreas com uma alta densidade demográfica convivendo com a falta de um planejamento urbano consistente.

Uma vez dispensada a opção de realocação da população, para se obter bons índices de atendimento com a implantação de um Sistema Convencional de Coleta de Esgoto, tornam-se necessárias ações como:

- a abertura/alargamento de vias, de modo a permitir o fluxo de veículos para a execução da obra, e para a manutenção do sistema;



- redes significativamente mais profundas, de modo a compensar a não utilização do caimento natural do terreno, geralmente ocupado por terrenos particulares;
- a multiplicação de estações de bombeamento, quando a opção de aprofundamento da rede for excessivamente onerosa.

A Figura 4 mostra uma imagem típica de uma obra de implantação de um Sistema Convencional; entende-se o desafio de replicar as técnicas de execução presentes nessa imagem em locais de regiões periurbanas.



*Figura 4: Obra de implantação de um Sistema Convencional*

Como falado no capítulo anterior, não raro o conjunto dessas ações encarece sobremaneira a implantação desse modelo de sistema de coleta, por vezes inviabilizando a sua concretização, ou retirando a prioridade do tema Saneamento Básico do orçamento desses Governos.

Por fim, este contexto abre espaço para a consideração do Sistema Simplificado de Coleta de Esgoto como uma alternativa.

No próximo capítulo, serão abordados alguns conceitos, que norteiam o tema Sistema Simplificado.

# III. SISTEMA SIMPLIFICADO CONVENCIONAL

## 1. Conceitos

Com base na literatura, pode-se afirmar que NÃO há um conceito que resuma os conhecimentos necessários para a concepção de um Sistema Simplificado de Coleta de Esgoto, tão pouco uma fórmula única de aplicação.

Para os fins deste Manual, permitiu-se utilizar as seguintes palavras:

**Sistema de coleta de esgoto doméstico por gravidade para pequenas vazões, concebido coletivamente para uma melhor solução construtiva e econômica, adaptado às necessidades, às perspectivas e ao contexto local.**

Nesse conceito, alguns elementos se destacam:

- “*concebido coletivamente*” implica uma unidade de pensamento decorrente de uma série de conversas e um desejo comum;
- “*adaptado às necessidades*” fala de uma consciência ambiental acerca da importância do saneamento;
- “*... às perspectivas*” indica o conhecimento e a capacidade de selecionar de possíveis soluções em saneamento; e
- “*... ao contexto local*” traduz a particularidade da solução adotada, associando-a diretamente aos interesses dos beneficiados.

Como premissa, considera-se uma parceria ideal entre Governo e uma população local engajada e ambientalmente consciente. Nesta parceria, o projeto, a execução e a gestão da coleta de esgoto devem ser transferidos para esta comunidade.

Para realizar esta premissa e atingir os seus objetivos do saneamento, o Governo se coloca numa posição de responsável por capacitar, facilitar e apoiar as decisões dos moradores, concentrando esforços para a promoção e a manutenção desta parceria, o mais próximo do ideal possível.

## 2. Projeto

Semelhante ao Sistema Convencional, o Sistema Simplificado de Coleta de Esgoto é composto por um conjunto de tubulações e estruturas, dimensionado de modo a atender a quesitos hidráulicos e de manutenção, encaminhando as águas residuárias ao seu destino.

Dentro de um Sistema Simplificado, as estruturas que interligam as tubulações são denominadas Caixas de Passagem.

Quanto ao porte do sistema, faz as seguintes distinções:

### • Sistemas de Pequeno Porte

Em sistemas pequenos, nos quais a vazão máxima coletada em toda rede Q1 seja menor que a vazão máxima capaz de ser conduzida com o diâmetro mínimo Q2, o Sistema Simplificado deverá desaguar em uma Estação de Tratamento projetada (fossa sumidora, por exemplo), e seu dimensionamento assemelha-se ao da rede de coleta de uma residência.

### • Sistemas Híbridos

Ao assumir o atendimento de vazões maiores, aumenta-se também o risco de possíveis transbordamentos causados por obstruções na rede, bem como a complexidade das intervenções a serem feitas para a manutenção desta.

Neste cenário, a premissa de transferir responsabilidades para os moradores pode acarretar mais transtornos que benefícios, dificultando a sustentabilidade de sistemas maiores.

Assim, conforme as proporções do sistema forem aumentando, o projeto deve avaliar a aplicação de um Sistema Híbrido, dividindo toda a Região atendida em áreas menores, semelhantes a condomínios.



Interno a cada área, será indicado um Sistema Simplificado independente, o qual será capaz de drenar toda área em um único ponto; este ponto é denominado convenientemente como Caixa de Ligação.

Cada área, através de sua respectiva Caixa de Ligação, desaguará em um Sistema Convencional, o qual conduzirá todas as águas residuárias coletadas na Região para a estação de tratamento projetada.

Mais uma vez semelhante ao Sistema Convencional, a Caixa de Ligação pode ser usada como ponto de separação das responsabilidades, a saber:

- até a Caixa de Ligação, um Sistema Simplificado gerido pelos moradores; e
- a partir da Caixa de Ligação, um Sistema Convencional gerido pelo Governo.

### 3. Vantagens e Desafios

Como vantagens da implantação de Sistema Simplificado, pode-se listar:

- **Menor custo** – uma vez que os baixos volumes de vazão permitem a adoção de diâmetros menores, bem como a não utilização de vias de tráfego, permite a adoção de estruturas menos robustas (e menos onerosas).
- **Conclusão mais rápida** – consequência do menor tempo necessário para a definição do projeto, e das múltiplas frentes de trabalho no momento da execução.
- **Desenvolvimento Social** – Fortalecimento da economia local, oportuna na seleção dos materiais de construção e da mão de obra.

Além da solução hidráulica, a eficácia da implantação e principalmente a manutenção do Sistema Simplificado possuem uma forte dependência de outros dois pilares, os quais se sobrepõem e se sustentam: o engajamento comunitário e a educação ambiental.

Por um lado, uma vez que as tubulações do sistema por vezes necessitam cruzar as áreas particulares da residência dos moradores, estes precisam necessária e conscientemente concordar com isso, considerando inclusive abrir mão parcialmente de sua privacidade em prol da eficácia do sistema.

O Governo tem então como desafio a contínua promoção e reforço destes dois pilares, os quais deverão nortear o planejamento governamental na área de saneamento (águas residuárias), incluindo a identificação de necessidades, a alocação de recursos e o cronograma de atividades.

Vale destacar que na literatura existem diversos casos de insucesso na implantação do Sistema Simplificado; nestes, as causas invariavelmente convergem para dois pontos:

1. um baixo índice de educação ambiental dos moradores, demonstrado principalmente pelo depósito de objetos inapropriados nas instalações sanitárias, e a infiltração, proposital ou não, de água de chuva na rede;
2. um não desejo de colaborar com a solução definida, enxergando na atribuição de manter o sistema mais transtornos que benefícios, situação geradora de conflitos tanto internos a comunidade, quanto com o Governo para que este assuma essa função.

Estes destaques servem para mostrar a importância de políticas de Engajamento Comunitário e Educação Ambiental no cotidiano da comunidade a ser beneficiada, lançando mão de estratégias como: seminários de conscientização, competições escolares, eventos públicos etc.



*Figura 5: A inclusão de conteúdos relacionados Educação Ambiental nas escolas é uma das principais ferramentas para a mudança de postura da comunidade.*

No próximo capítulo, serão explicados os aspectos da elaboração de um MacroPlano de Esgotamento Sanitário, considerando a implantação das técnicas de Sistema Simplificado.

## IV. MACROPLANO

Para a elaboração de um MacroPlano de Esgotamento Sanitário de uma determinada cidade/localidade, após a avaliação do porte do sistema (estudos populacionais), deverá ser indicado:

- a(s) estação(ões) de tratamento (e bombeamento, se necessário);
- os trechos de Coleta convencional; e

O projeto e o dimensionamento das Estações e da Rede Coletora Convencional seguem a teoria estudada nas universidades, fugindo dos objetivos deste Manual.

O detalhamento do projeto hidráulico das Regiões de Coleta Simplificada podem seguir o roteiro abaixo:

1. Fragmentação da região em áreas
2. Reunião com os moradores
3. Elaboração dos Projetos

### 1. Fragmentação da Região em Áreas

#### 1.1. Conceitos

Esta etapa tem como objetivo principal o melhor gerenciamento dos processos, agrupando os moradores em parcelas menores, e consequentemente menos complexas de administrar, denominadas como Área de Coleta Simplificada.

Conceitualmente, a partir da fragmentação, cada área deverá ser tratada separadamente. Assim, apesar das semelhanças, o projeto deve considerar que as decisões dos moradores de uma determinada área consideram são influenciadas pela realidade interna àquela área, independente das áreas vizinhas, mesmo que próximas.

Logo, decisões como: a melhor solução de caminhamento das redes, o ponto ideal para a locação da Caixa de Ligação, os materiais a serem utilizados, o regime de trabalho para a manutenção do sistema, podem ser diferentes de uma área para outra.



## 1.2. Dimensionamento

De importância estratégica nessa etapa, a definição dos limites das áreas busca atender inicialmente a dois critérios:

- **Hidráulico** – os limites da área consideram um tamanho limite da população, e consequentemente da vazão a ser coletada, a qual não poderá ser superior a vazão máxima capaz de ser conduzida com o diâmetro mínimo em todos os trechos no interior da respectiva área; e
- **Logístico** – considerando que as decisões dos moradores internos a uma área impactam exatamente os moradores da respectiva área, um tamanho limite da população também reduzirá a probabilidade de interesses conflitantes nas tomadas de decisão, bem como o impacto que estes podem acarretar.

Vale observar que não há um limite numérico ou indicação para as dimensões de área a serem adotadas, respeitando as características peculiares de cada Região.

Assim, além dos estudos de vazão executados pela equipe de engenharia, deverá fazer parte do Macroplano uma etapa de trabalho social, com o objetivo de avaliar em campo as subdivisões naturais daquela região, indicando a melhor maneira de fragmentá-la.

### EXEMPLO

A figura 6 mostra um mapa fictício o qual será usado para exemplificar o processo de fragmentação de áreas.



Figura 6: Exemplo fictício da Fragmentação de áreas.

1. Em um levantamento do trabalho social, identificou-se três grupos étnicos ocupando a região concentrados cada um nas áreas indicadas.

2. O estudo de vazão apontou que tanto a área em vermelho e quanto a em amarelo possuem vazões máximas inferiores àquela capaz de ser conduzida com o diâmetro mínimo, porém a área em azul possui vazão superior (precisamente 2,5 vezes).

Assim, considerando os dois estudos dos parágrafos anteriores (além do caimento natural do terreno aqui não apresentado), optou-se por criar cinco áreas de coleta simplificada nessa região, conforme representado no mapa da figura 6, cada uma com sua caixa de ligação que posteriormente desaguará no Sistema Convencional projetado.



Figura 7: Solução apontada para a fragmentação de áreas.

Por fim, vale observar que não há impedimento para a indicação de áreas de diferentes configurações e tamanhos, desde que atendendo de maneira eficaz aos dois critérios mencionados, e eventualmente a outros os quais os gestores dessa etapa possam julgar importantes para além das observações deste Manual.

### 1.3. O Projeto Básico

Identificadas as áreas de coleta simplificada, o Macroplano deverá conter uma “proposta inicial” dos seus elementos. Isto é, além de apontar uma solução para a rede convencional e para as estações, deverá também indicar uma alternativa de caminhamento da rede simplificada para cada área de coleta simplificada.

Esta proposta é denominada Projeto Básico. No caso das Redes Simplificadas, o Projeto Básico deverá ser desenvolvido com o nível de detalhamento e precisão capaz de permitir a avaliação dos moradores, incluindo uma estimativa dos custos (parametrizados).

O dimensionamento de Redes Simplificadas será discutido na seção 3 deste capítulo.

Na próxima etapa, dentre outras ações, a seção do Projeto Básico relacionado à área “X” deverá ser apresentado e discutido com “os moradores da área X”, no intuito de definir se a proposta inicial elaborada pelo Governo é de fato a melhor e deverá ser executada, ou então quais melhorias poderão ser feitas.

## 2. Reunião com os moradores

De posse do Projeto Básico, com a ciência de um nível satisfatório de engajamento comunitário e educação ambiental dos moradores, os gestores desta etapa devem reuni-los para coletivamente definirem, para o interior de sua respectiva área, tópicos como:

**Qual a alternativa  
a ser utilizada?**

**Qual o caminhamento  
da rede?**

**Quem executará  
a obra?**

**Quem operará  
o sistema?**

**Como será pago o custo da  
obra/manutenção? E etc.**

Além da apresentação do Projeto Básico, a dinâmica da reunião deverá encorajar os moradores a opinar acerca da proposta, comentando acerca de fatos, presentes e futuros, que porventura não foram considerados ou atualizados, discutindo alternativas mais realistas e/ou econômicas.

## 2.1. Alternativas de Caminhamento

O traçado das Redes Simplificadas poderá utilizar quatro alternativas de caminhada, e os parâmetros de escolha podem ser resumidos em apenas três:

- **viabilidade** – se a configuração das casas e a declividade do terreno permite cogitar tal alternativa ou não;
- **conveniência** – ao comparar alternativas viáveis, o dono da residência se sente mais à vontade com uma determinada alternativa; e
- **custo** – apesar de viáveis e minimamente convenientes, o custo de uma alternativa influencia na escolha final.

A seguir, as alternativas de caminhada para Redes Simplificadas:

### • Pela via (becos)

Dentre as alternativas, é a que proporciona um transtorno mínimo com obras/manutenção, invadindo minimamente a rotina privada dos moradores; porém pode requerer medidas para a proteção das estruturas contra as prováveis sobrecargas do trânsito, presente e futuro, encarecendo-a, por vezes mais que suas concorrentes.

### • Pela calçada

Esta alternativa evita as sobrecargas do trânsito; porém oferece desafios para transpor cruzamento de vias. Além disso, de acordo com a configuração das residências, os moradores podem ser resistentes a intervenções estéticas em suas calçadas, considerando inclusive o custo da reconstrução.

- **Pelo jardim**

Caso a configuração dos lotes permita essa alternativa, em geral ela se mostra como a mais econômica; porém, por adentrar no ambiente privado dos moradores, estes podem se mostrar resistentes em permitir o acesso a seus jardins, principalmente ao considerar os transtornos causados por eventuais transbordamentos.

- **Pelo quintal**

Os estudos topográficos podem indicar esta alternativa como a mais econômica; todavia, espera-se que ela apresente uma maior resistência dos moradores, tanto pela permissão do acesso para manutenção, quanto pelas consequências em caso de transbordamentos. Invariavelmente, esta resistência abri margem para uma fiscalização reduzida sobre o mau uso da rede.

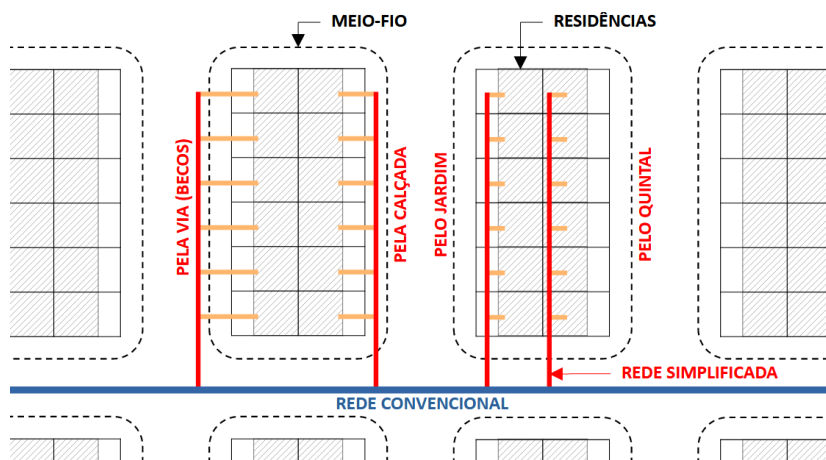


Figura 8: Disposição das alternativas de caminhamento para as Redes Simplificadas.

## 2.2. Levantamento dos custos

O Projeto Básico da rede interna a uma área deverá apresentar aos interessados os custos estimados com a obra e com a manutenção da solução indicada.

Em **custos da obra** inclui-se: aquisição e assentamento de tubos e conexões, aquisição/construção de caixas de passagem, custo de mão de obra (no caso de contratação), demolição e reconstrução de pavimento/piso.

Em **custos de manutenção** inclui-se: aquisição de ferramentas e equipamentos de manutenção adequados, aquisição de peças/material de reposição, custo de mão de obra (no caso de contratação), estimativa da periodicidade dos serviços.

Além do custo da opção indicada no Projeto Básico, deve-se fazer o levantamento dos custos parametrizados das demais alternativas de caminhamento, de modo que, em caso de mais de uma alternativa viável, a população possa avaliar financeiramente a opção mais conveniente.

## 2.3 Definição das atribuições

Acerca do Modelo de Gestão, o qual resume as atribuições e responsabilidades para a construção e a manutenção do Sistema Simplificado de Coleta de Esgoto, não há uma regra única de aplicação, ficando a cargo dos gestores propor e junto à população definirem o modelo a ser adotado.

Como citado anteriormente, o modelo ideal preconiza as responsabilidades do Governo a partir da Caixa de Ligação, e antes desta – ou seja, no interior das áreas –, o projeto, a obra e a manutenção ficam a cargo dos moradores da respectiva área, considerando estes plenamente capacitados para tais atribuições, e sempre sob a supervisão do Governo.

No entanto, considerando a realidade dos moradores após todos os esforços para a promoção do engajamento comunitário e da educação ambiental, com o objetivo maximizar a adesão e a eficácia do sistema, o Governo deve considerar incentivos à população para alcançar esse objetivo, gerando modelos adequados à cultura local e à realidade da Região.

Por fim, quanto a independência das Áreas de Coleta Simplificada, os gestores desta etapa devem avaliar a praticidade da variabilidade das opções de modelo permitida: um modelo único para todas as áreas; ou modelo único para áreas de uma mesma Região; ou opções indicadas para a seleção por parte dos moradores; ou liberdade irrestrita na escolha do modelo etc.

A seguir, são comentadas situações que podem ocorrer e algumas ações que podem ser incorporadas no Modelo de Gestão por assunto:



### • Execução da obra

A população pode entender que “não está apta/disponível para executar a obra”. Para contornar esta situação, tem-se as seguintes ações: programas de capacitação em técnicas relacionadas à construção civil oferecidos pelo Governo; a definição de um morador, capacitado previamente ou não, para a execução de toda a rede da respectiva área; a contratação de uma pessoa/empresa de fora da área para a execução deste serviço.

### • Manutenção da rede

Semelhantemente, ações correlatas podem ser feitas caso a população entenda que “não possui condições de executar os serviços de manutenção do sistema”, como a proposição de cursos pelo Governo, a atribuição de um morador capacitado, ou a elaboração de um contrato para a prestação deste serviço.

### • Investimentos financeiros

A população poderá argumentar que “não possui capacidade financeira para arcar com a obra”. Inicialmente, o Governo deve avaliar o percentual de moradores que são afetados por essa situação. A partir desta informação, o Governo poderá planejar ações tais como linhas de financiamento, incentivos sociais, programas sociais, etc., sem perder de vista a justiça social e a sustentabilidade do modelo a ser adotado.



Figura 9: Reunião com os moradores da comunidade de Mulenvos para implantação do sistema de esgoto simplificado.

## 2.4. Manual de Conduta

O Manual de Conduta remete à política de direitos e deveres dos moradores com relação ao Sistema de Esgotamento Sanitário, em particular, considerando o nível de participação dos moradores que são atendidos pelo Sistema Simplificado, deve incluir tópicos de reforço da educação ambiental e do engajamento comunitário, além de temas como ações jurídicas, direitos trabalhistas, mesa deliberativa etc.

Apesar de o Governo ser o responsável pela redação do Manual de Conduta, o momento das reuniões com os moradores parece ser uma oportunidade ímpar para o levantamento de informações e opiniões, gerando um texto mais adequado e realista.

## 2.5. Fechamento

Caso não haja um consenso em uma primeira reunião com os moradores da área X, devem ser marcadas novas reuniões espaçadas por um período de reflexão adequado. Nestas novas reuniões, os moradores deverão rediscutir os pontos em aberto, até definirem o caminhar da Rede Simplificada a ser de fato executado, denominado Projeto Executivo.

Após a definição do Projeto Executivo de todas as Redes Simplificadas, o MacroPlano deverá ser revisado. De fato, diante das possíveis alterações nas vazões geradas pelas Áreas de Coleta Simplificada e nas profundidades das Caixa de Ligação, deve-se avaliar a necessidade de recalcular os diâmetros e as profundidades, tanto na Rede Básica (Convencional), quanto nas estações.

Também deverá ser incluído no Projeto Executivo instruções para execução das obras (inclusive nas Áreas de Coleta Simplificada) resumidos em um Manual de Execução, indicando técnicas de construção da Rede Simplificada aos moradores tais como: abertura/fechamento de valas, nivelamento, transporte/armazenamento de tubulações, ferramentas utilizadas, equipamentos de proteção etc.

## 3. Projeto Executivo

Apesar de a baixa vazão aparentemente dispensar um maior rigor técnico no dimensionamento específico de uma Rede Simplificada (semelhante à uma rede de coleta de uma residência), este é recomendado, para que haja uma memória documental, além de fornecer subsídios para a definição de parâmetros locais e controle de obras.

Entende-se que somente a partir da experiência e com a promoção de pesquisas específicas, o Governo terá embasamento para definir o nível de rigor necessário, atualizando este Manual.

A seguir, são apresentados os fundamentos e os cálculos aplicados no projeto da Rede Simplificada.

### 3.1. Norma Brasileira

Como mencionado anteriormente, o dimensionamento de Redes Simplificadas em nada difere do dimensionamento de Redes Convencionais. Assim, tendo como base a norma brasileira ABNT NBR 9649:1986, o dimensionamento hidráulico da rede deverá observar as seguintes considerações:

1. Para TODOS os trechos da rede devem ser estimadas as vazões inicial e final ( $Q_i$  e  $Q_f$ ). Recomenda-se que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizado nos cálculos seja ao equivalente a um pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de vaso sanitário (no Brasil, 1,5 L/s).

2. O diâmetro comercial a ser empregado será o DN 100, NÃO sendo aceito diâmetros menores, (e evitando-se diâmetros maiores – parâmetro não presente na norma).

3. A declividade mínima deve ser verificada pelo critério da tensão trativa média de valor mínimo  $\sigma_t = 1,0$  Pa, calculada para vazão inicial  $Q_i$  e coeficiente de Manning  $n = 0,013$ . A declividade mínima  $I_{0,\text{mín}}$  que satisfaz essa condição pode ser determinada pela expressão aproximada:

$$I_{0,\text{mín}} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47}$$

sendo  $I_{0,\text{mín}}$  em m/m e  $Q_i$  em L/s.

4. A máxima declividade admissível é aquela para a qual se tenha uma velocidade (máxima) de fluxo  $v = 5$  m/s. Quando a velocidade final  $v_f$  é superior a velocidade crítica  $v_c$ , a maior lâmina admissível deverá ser 50 % do diâmetro do coletor, assegurando-se a ventilação do trecho; a velocidade crítica é definida por:

$$v_c = 6 (g \times R_H)^{1/2}$$

onde  $g$  = aceleração da gravidade ( $9,80665 \text{ m/s}^2$ ) e  $R_H$  o raio hidráulico da seção do tubo em m.

5. As lâminas d'água devem ser sempre calculadas admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente, sendo o seu valor máximo calculado para vazão final  $Q_f$  igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

6. As Caixas de Passagem (bem como a Caixa de Ligação) devem ser projetadas para que a cota de nível d'água na saída esteja acima de qualquer cota de nível d'água de entrada.

## 3.2. Dados para o Dimensionamento

Os dados de entrada para o cálculo da Rede de Esgoto obtidos empiricamente ou por estimativa (dados futuros) serão apresentados a seguir:

- $C$  – coeficiente de retorno definido como a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida (-)

- $P_i$  – população inicial (hab)

- $P_f$  – população final (hab)

- $q_i$  – contribuição per capita inicial (L/hab.dia)

- $q_f$  – contribuição per capita final (L/hab.dia)

- $k_1$  – coeficiente de máxima vazão diária (-)

$$k_1 = \frac{\text{Vazão diária máxima no período}}{\text{Vazão diária média no período}}$$

- $k_2$  – coeficiente de máxima vazão horária (-)

$$k_2 = \frac{\text{Vazão horária máxima no dia}}{\text{Vazão horária média no dia}}$$

- $L$  – comprimento da rede (km)

- $T_{inf}$  – taxa de contribuição de infiltração (L/s.km)

### 3.3. Vazões

$Q_{inf}$  – Contribuição de infiltração (L/s)

$$Q_{inf} = L \times T_{inf}$$

$Q_i$  – Vazão inicial de um trecho da rede (L/s)

$$Q_i = k_2 \times \frac{C \times P_i \times q_i}{86.400 + Q_{inf}}$$

$Q_f$  – Vazão final de um trecho da rede (L/s)

$$Q_f = k_1 \times k_2 \times \frac{C \times P_f \times q_f}{86.400 + Q_{inf}}$$

### 3.4. Diâmetro da Tubulação

Dado pela fórmula de Manning, considerando  $n = 0,013$  e o preenchimento de 75% da seção do tubo, o diâmetro ótimo  $d_0$  de uma dada tubulação é dado pela equação:

$$d_0 = 0,3145 \times \left( \frac{Q_f}{\sqrt{I_0}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

onde  $Q_f$  é expressa em  $m^3/s$  e  $d_0$  em m.

Deve-se verificar se o valor é inferior ao diâmetro mínimo indicado para redes simplificadas (DN 100 mm).

Caso seja superior, os gestores devem avaliar a viabilidade de reduzir as dimensões da área contribuinte em questão, reduzindo a população e consequentemente a vazão  $Q_f$ .

### 3.5. Planilha de Cálculo

O dimensionamento da Rede de Esgoto pode ser condensado com a resolução de uma planilha de cálculo semelhante a apresentada abaixo e suas 18 colunas. De fato, o roteiro desenhado por esta planilha é semelhante ao utilizado por diversos programas de dimensionamento de rede.

| (1)     | (2)    | (3)               | (4)             | (5)                                 | (6)                              | (7)                   | (8)                          | (9)                         |
|---------|--------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Coletor | Trecho | PV mont<br>PV jus | Extensão<br>(m) | Cont. Lin.<br>(L/s.km)<br>Ini / Fim | Cont. Tre.<br>(L/s)<br>Ini / Fim | Q<br>Pontual<br>(L/s) | Q mont<br>(L/s)<br>Ini / Fim | Q jus<br>(L/s)<br>Ini / Fim |
|         |        |                   |                 |                                     |                                  |                       |                              |                             |
|         |        |                   |                 |                                     |                                  |                       |                              |                             |

- As colunas (1), (2) e (3) auxiliam na identificação do trecho a ser dimensionado.

- A coluna (4) registra a extensão do trecho.

- A coluna (5) informa a contribuição linear  $T_x$  calculada para início e fim do período de análise do sistema, através das equações:

$$T_{x,i} = \frac{K_2 Q_i}{L_T} + T_{inf} \quad T_{x,f} = \frac{K_1 K_2 Q_f}{L_T} + T_{inf}$$

A coluna (6) informa a contribuição do trecho  $QT_x$  calculada para início e fim do período de análise do sistema, através das equações:

$$QT_i = T_{x,i} \times L_T \quad QT_f = T_{x,f} \times L_T$$



- As colunas (7), (8) e (9) apresentam as vazões relacionadas ao trecho como segue:
    - a vazão pontual na coluna (7), registrada manualmente;
    - a vazão a montante na coluna (8), registrada através da análise do PV a montante; e
    - a vazão a jusante na coluna (9), igual ao somatório das colunas (6), (7) e (8).
- Atendendo à seção IV.3.1, recomenda-se que seja maior que vazão decorrente da descarga de vaso sanitário (no Brasil, 1,5 L/s).

| (10)             | (11)               | (12)                       | (13)                            | (14)                        | (15)                         | (16)           | (17)                  | (18)                    |
|------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Diâmetro<br>(mm) | Declivida<br>(m/m) | Cota<br>Terreno<br>mon/jus | Cota G.I.<br>Coletor<br>mon/jus | Rec. Col.<br>(m)<br>mon/jus | Prof. Vala<br>(m)<br>mon/jus | Y/D<br>ini/fim | V<br>(m/s)<br>ini/fim | T.Arr. (Pa)<br>Vc (m/s) |
|                  |                    |                            |                                 |                             |                              |                |                       |                         |
|                  |                    |                            |                                 |                             |                              |                |                       |                         |

- A coluna (10) registra o diâmetro do trecho, nesse caso 100 mm.
- A coluna (11) informa a declividade do trecho que será o maior valor entre:
  - declividade econômica de igual valor à declividade do terreno, evitando o aprofundamento desnecessário do trecho.
  - satisfaz a condição de tensão trativa mínima apresentada na seção IV.3.1.
- A coluna (12) registra a cota do terreno.
- A Coluna (13) informa a cota de fundo de vala.
- A Coluna (14) registra o recobrimento da vala, calculado pela diferença entre as colunas (12), (13) e (10).
- A Coluna (15) registra a profundidade da vala, calculada pela diferença entre as colunas (12) e (13).
- As Colunas (16), (17) e (18) registram a lâmina d'água, a velocidade, a tensão trativa e a velocidade crítica relacionada ao trecho, com vista a satisfazer as condições apresentadas na seção IV.3.1.

# REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9061: Segurança de escavação a céu aberto. Rio de Janeiro: ABNT, set. 1985.

\_\_\_\_\_. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro:

ABNT, nov. 1986.

\_\_\_\_\_. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 1986.

\_\_\_\_\_. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de

Janeiro: ABNT, set. 1999.

\_\_\_\_\_. NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário - Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro: ABNT, mar. 2000.

\_\_\_\_\_. NBR 15710: Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo. Rio de Janeiro: ABNT, mai. 2009.



