

**Operação e manutenção
de redes coletoras
de esgotos**

Esgotamento sanitário

Guia do profissional em treinamento

Promoção Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA

Realização Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase

Instituições integrantes do Nucase Universidade Federal de Minas Gerais (líder) | Universidade Federal do Espírito Santo | Universidade Federal do Rio de Janeiro | Universidade Estadual de Campinas

Financiamento Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia | Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde | Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades

Apoio organizacional Programa de Modernização do Setor Saneamento–PMSS

Patrocínio FEAM/Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Comitê gestor da ReCESA

- Ministério das Cidades
- Ministério da Ciência e Tecnologia
- Ministério do Meio Ambiente
- Ministério da Educação
- Ministério da Integração Nacional
- Ministério da Saúde
- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES)
- Caixa Econômica Federal (CAIXA)

Comitê consultivo da ReCESA

- Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH
- Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP
- Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais – AESBE
- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento – ASSEMAE
- Conselho de Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica – Concefet
- Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA
- Federação de Órgão para a Assistência Social e Educacional – FASE
- Federação Nacional dos Urbanitários – FNU
- Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – Fncbhs
- Fórum Nacional de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras – Forproex
- Fórum Nacional Lixo e Cidadania – L&C
- Frente Nacional pelo Saneamento Ambiental – FNSA
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM
- Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS
- Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel
- Rede Brasileira de Capacitação em Recursos Hídricos – Cap-Net Brasil

Parceiros do Nucase

- Cedae/RJ – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro
- Cesan/ES – Companhia Espírito Santense de Saneamento
- Comlurb/RJ – Companhia Municipal de Limpeza Urbana
- Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
- DLU/Campinas – Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Campinas
- Fundação Rio-Águas
- Incaper/ES – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
- IPT/SP – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
- SAAE/Itabira – Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Itabira – MG
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SANASA/Campinas – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.
- SLU/PBH – Serviço de Limpeza Urbana da prefeitura de Belo Horizonte
- Sudacap/PBH – Superintendência de Desenvolvimento da Capital da Prefeitura de Belo Horizonte
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
- UNIVALE – Universidade Vale do Rio Doce

**Operação e manutenção
de redes coletoras
de esgotos**

Esgotamento sanitário

Guia do profissional em treinamento

E74 Esgotamento sanitário : operação e manutenção de redes coletoras de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). - Brasília : Ministério das Cidades, 2008.
78 p.

Nota: Realização do NUCASE – Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (Conselho Editorial Temático: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo; Edson Aparecido Abdul Nour; Isaac Volschan Junior e Ricardo Franci Gonçalves).

1. Esgotos – Manutenção e reparos. 2. Esgotos domésticos. 3. Água e esgoto. 4. Saneamento – Esgotosl. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

CDD – 628.1

Catálogo da Fonte : Ricardo Miranda – CRB/6–1598

Conselho Editorial Temático

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo – DESA – EE – UFMG

Edson Aparecido Abdul Nour – DAS – FEC – UNICAMP

Isaac Volschan Júnior – DRHMA – POLI – UFRJ

Ricardo Franci Gonçalves – DEA – CT – UFES

Profissionais que participaram da elaboração deste guia

Professor Isaac Volschan Júnior

Consultores Ana Sílvia Pereira Santos Vianna | Glauco Dias Sampaio
Lívia Cristina da Silva Lobato (conteudistas) | Izabel Chiodi Freitas (validadora)

Rafael Porgeluppe Braga (Bolsista)

Créditos

Consultoria pedagógica

Cátedra da Unesco de Educação a Distância – FaE/UFMG

Juliane Corrêa | Sara Shirley Belo Lança

Projeto Gráfico e Diagramação

Marco Severo | Rachel Barreto | Romero Ronconi

Impressão

Artes Gráficas Formato

É permitida a reprodução total ou parcial desta publicação, desde que citada a fonte.

Apresentação da ReCESA

A criação do **Ministério das Cidades** no Governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003, permitiu que os imensos desafios urbanos passassem a ser encarados como política de Estado. Nesse contexto, a **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental** (SNSA) inaugurou um paradigma que inscreve o saneamento como política pública, com dimensão urbana e ambiental, promotora de desenvolvimento e da redução das desigualdades sociais. Uma concepção de saneamento em que a técnica e a tecnologia são colocadas a favor da prestação de um serviço público e essencial.

A missão da SNSA ganhou maior relevância e efetividade com a agenda do saneamento para o quadriênio 2007–2010, haja vista a decisão do Governo Federal de destinar, dos recursos reservados ao Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, 40 bilhões de reais para investimentos em saneamento.

Nesse novo cenário, a SNSA conduz ações em capacitação como um dos instrumentos estratégicos para a modificação de paradigmas, o alcance de melhorias de desempenho e da qualidade na prestação dos serviços e a

integração de políticas setoriais. O projeto de estruturação da **Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA** constitui importante iniciativa nessa direção.

A ReCESA tem o propósito de reunir um conjunto de instituições e entidades com o objetivo de coordenar o desenvolvimento de propostas pedagógicas e de material didático, bem como promover ações de intercâmbio e de extensão tecnológica que levem em consideração as peculiaridades regionais e as diferentes políticas, técnicas e tecnologias, visando capacitar profissionais para a operação, manutenção e gestão dos sistemas de saneamento. Para a estruturação da ReCESA foram formados Núcleos Regionais e um Comitê Gestor, em nível nacional.

Por fim, cabe destacar que este projeto ReCESA tem sido bastante desafiador para todos nós. Um grupo, predominantemente formado por profissionais da engenharia, mas, que compreendeu a necessidade de agregar outros olhares e saberes, ainda que para isso tenha sido necessário “contornar todos os meandros do rio, antes de chegar ao seu curso principal”.

Nucase

O Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase tem por objetivo o desenvolvimento de atividades de capacitação de profissionais da área de saneamento, nos quatro estados da região sudeste do Brasil.

O Nucase é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, tendo como instituições co–executoras a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Atendendo aos requisitos de abrangência temática e de capilaridade regional, as universidades que integram o Nucase têm como parceiros, em seus estados, prestadores de serviços de saneamento e entidades específicas do setor.

Coordenadores institucionais do Nucase

Os guias

A coletânea de materiais didáticos produzidos pelo Nucase é composta de 42 guias que serão utilizados em oficinas de capacitação para profissionais que atuam na área do saneamento. São seis guias que versam sobre o manejo de águas pluviais urbanas, doze relacionados aos sistemas de abastecimento de água, doze sobre sistemas de esgotamento sanitário, nove que contemplam os resíduos sólidos urbanos e três que tem por objeto temas que perpassam todas as dimensões do saneamento, denominados temas transversais.

Dentre as diversas metas estabelecidas pelo Nucase, merece destaque a produção dos **Guias dos profissionais em treinamento**, que servirão de apoio às oficinas de capacitação de operadores em saneamento que possuem grau de escolaridade variando do semi–alfabetizado ao terceiro grau. Os guias têm uma identidade visual e uma abordagem pedagógica que visa estabelecer um diálogo e a troca de conhecimentos entre os profissionais em treinamento e os instrutores. Para isso, foram tomados cuidados especiais com a forma de abordagem dos conteúdos, tipos de linguagem e recursos de interatividade.

Equipe da central de produção de material didático – CPMD

Apresentação da área temática:

Esgotamento sanitário

A série de guias relacionada ao esgotamento sanitário resultou do trabalho coletivo que envolveu a participação de dezenas de profissionais. Os temas que compõem esta série foram definidos por meio de uma consulta a companhias de saneamento, prefeituras, serviços autônomos de água e esgoto, instituições de ensino e pesquisa e profissionais da área, com o objetivo de se definirem os temas que a comunidade técnica e científica da Região Sudeste considera, no momento, os mais relevantes para o desenvolvimento do Projeto Nucase.

Os temas abordados nesta série dedicada ao esgotamento sanitário incluem: *Qualidade de água e controle da poluição; Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos; Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos; Processos de tratamento de esgotos; Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos; Amostragem, preservação e caracterização físico-química e microbiológica de esgotos; Gerenciamento, tratamento e disposição final de lodos gerados em ETE.*

Certamente, há muitos outros temas importantes a serem abordados, mas considera-se que este é um primeiro e importante passo para que se tenha material didático, produzido no Brasil, destinado à profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática esgotamento sanitário

Sumário

Introdução	10
Geração e caracterização dos esgotos	12
Consumo de água e geração de esgotos domésticos	12
Caracterização dos esgotos domésticos	19
Poluição e contaminação das águas	24
Sistemas de esgotamento sanitário	26
Tipos de sistemas de esgotamento sanitário	27
Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos	36
Redes coletoras de esgotos	36
Materiais utilizados em redes coletoras de esgotos	41
Noções de hidráulica dos coletores de esgotos	44
Entupimento de rede coletora de esgotos por aporte indevido de resíduos sólidos	51
Incrustação nas tubulações de esgoto	53
Vazamento em redes coletoras de esgoto	54
Corrosão e odor em sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário	55
Identificação de ligações clandestinas	58
Cadastro de rede coletora de esgotos	58
Planejamento dos serviços de operação e manutenção de redes coletoras de esgotos	60
Manutenção preventiva e corretiva	70
Prevenção de acidentes de trabalho	71
Para saber mais	75
Roteiro de procedimentos	76

Introdução

Olá, Profissional!

É de conhecimento amplo o imenso déficit de atendimento no que se refere ao esgotamento sanitário, embora se deva reconhecer a melhoria, nos últimos anos, de alguns indicadores da população atendida por redes coletoras e por sistemas de tratamento dos esgotos. Ainda assim, são baixos os índices de cobertura, com aproximadamente 50% dos domicílios particulares, permanentemente urbanos, conectados a redes coletoras. Desse percentual de atendimento por redes coletoras, apenas 15% dos esgotos são tratados.

Frequentemente, jornais, revistas, livros e programas de TV relatam que esses números refletem as condições precárias a que a maior parte da população do país está sujeita, e sugerem que a implantação de sistemas de esgotamento sanitário é necessária para permitir a melhoria da qualidade de vida da população brasileira. Mas qual é, afinal, a relação existente entre a coleta e o afastamento dos esgotos e a qualidade de vida das pessoas?

Uma das principais causas das diversas doenças que acometem a população brasileira, sobretudo daquelas pessoas menos favorecidas, corresponde à falta de sistemas de coleta e afastamento de esgotos. Nesta oficina de capacitação, vamos dar atenção especial à operação e manutenção de redes coletoras de esgotos. Você verá que os assuntos abordados têm tudo a ver com seu trabalho, com sua comunidade e com seus hábitos.

Esta oficina de capacitação tem como intuito estimular o intercâmbio de experiências e destacar a importância do seu trabalho e das ações de saneamento na preservação do meio ambiente e na melhoria da qualidade de vida da população. Você é um profissional que, certamente, já passou por muitas experiências importantes no seu trabalho e também como cidadão, em sua casa. Apostamos que tem muito a ensinar, aprender e trocar com os seus colegas.

Para subsidiar as nossas discussões, elaboramos este guia, organizado em três conceitos-chave. São eles:

- Geração e caracterização dos esgotos.
- Sistemas de esgotamento sanitário.
- Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos.

A função deste guia é orientá-lo durante a oficina de capacitação. Para tal, apresentamos os objetivos, as orientações para as atividades propostas e os assuntos abordados para cada conceito-chave.

A sua participação nas atividades é de extrema importância para o desenvolvimento de uma oficina proveitosa e agradável. Não deixe de expor suas dúvidas e comentários.

Nós demos apenas o chute inicial: quem vai fazer o gol é você!

Bons estudos!



Nossa primeira atividade será relacionada ao seu trabalho. Participe!

Atividade em grupo...



Com base em um conjunto de figuras, você e seus colegas devem:

- Identificar as atividades de operação e/ou manutenção de redes coletoras de esgotos que estão representadas nas figuras.
- Agrupar as figuras de acordo com as atividades de operação e/ou manutenção de redes coletoras de esgotos identificadas.

Ao longo desta oficina de capacitação, vamos elaborar um roteiro de procedimentos de operação e manutenção para cada uma das atividades identificadas anteriormente, incorporando todos os aspectos discutidos no decorrer da oficina. No final deste guia, deixamos um espaço para que você possa elaborar o seu roteiro de procedimentos.

Vamos começar a elaborar o roteiro de procedimentos!



Atividade em grupo...



Cada grupo deverá discutir uma das atividades de operação e/ou manutenção de rede coletora de esgoto e elaborar uma apresentação sobre “como executar” essa atividade, com base nas perguntas seguintes:

- Como esta atividade é realizada no seu trabalho?
- Essa atividade é um dos problemas mais comuns no serviço de operação e manutenção de redes coletoras de esgotos em que você atua?
- Com qual a frequência esta atividade é realizada no local em que você trabalha?
- Quantos operários são necessários na equipe para a execução desta atividade com eficiência? Qual a função de cada operário para que o serviço seja executado com eficácia?
- Qual o tempo médio para execução desta atividade?
- Quais ferramentas você utiliza para execução desta atividade?
- Que equipamentos de proteção individual devem ser utilizados nesta atividade? Você utiliza todos eles? Justifique.

Agora que realizamos a primeira parte do nosso roteiro de procedimentos, vamos abordar o nosso primeiro conceito-chave “Geração e caracterização dos esgotos”.

OBJETIVOS:

- Discutir o consumo de água e a geração de esgotos.
- Apresentar os conceitos de quota *per capita* (QPC) e coeficiente de retorno (R).
- Discutir as impurezas encontradas nos esgotos domésticos e os problemas que elas acarretam aos cursos d'água, bem como os riscos à saúde pública.
- Apresentar e discutir os principais parâmetros de caracterização de esgotos domésticos.



Geração e caracterização dos esgotos

No seu cotidiano, você sabe quantas vezes você escova os dentes, toma banho, faz refeições etc. Mas você sabe quanta água você consome por dia em suas atividades? E para onde vai a grande parte da água consumida? Para o esgoto, é claro! Então, qual a quantidade de esgoto que você gera? Multiplique isso pelo número de pessoas que residem com você; depois, multiplique de novo pelo número de casas da sua rua, do seu bairro... Imagine a quantidade de água que deve ser consumida e, conseqüentemente, a quantidade de esgoto gerado na sua cidade!

Neste nosso primeiro conceito-chave, vamos discutir o consumo da água e a conseqüente geração de esgotos, as impurezas presentes nos esgotos domésticos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Consumo de água e geração de esgotos domésticos

Vamos iniciar este assunto realizando a atividade a seguir.

Atividade em grupo...

Nas suas atividades cotidianas, estime a quantidade de água consumida em sua residência, discriminando os seguintes equipamentos e locais: tanque, máquina de lavar roupa, pia de cozinha, vaso sanitário, pia do banheiro, chuveiro, horta e jardim.

Estime, também, do total de água consumida por dia, em sua residência, o percentual que será retornado na forma de esgoto doméstico. Justifique o percentual adotado.

Durante o debate, discutiu-se a quantidade de água que você e seus colegas consomem e a quantidade de esgoto que geram, diariamente. Mas, você sabe como se calcula o consumo de água e o volume de esgotos gerado por uma localidade?

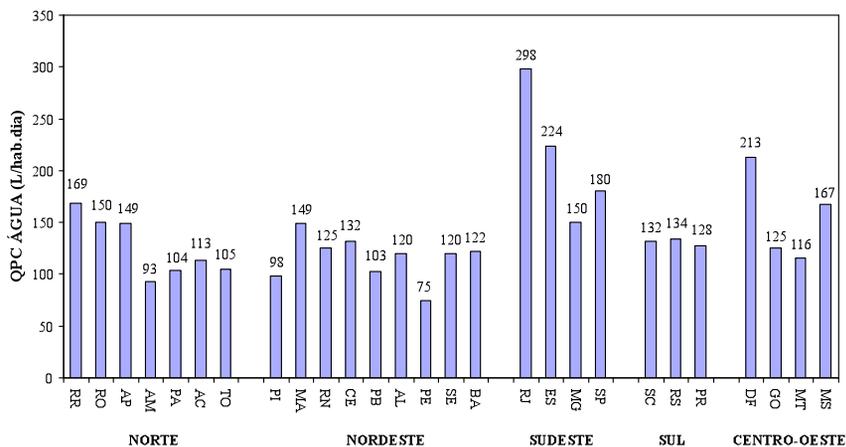
O consumo de água é calculado em função do número de moradores de uma localidade e do consumo médio diário de água por morador, denominado **quota per capita (QPC)**, a qual depende de diversos fatores. Usualmente, a QPC é expressa em litros por habitante por dia (L/hab.dia).

O consumo *per capita* é um parâmetro extremamente variável entre diferentes localidades depende de diversos fatores.

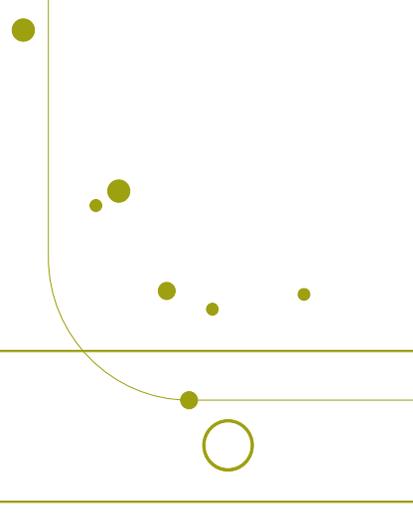
Vamos, juntos, identificar e discutir alguns dos fatores que influenciam o maior ou menor consumo de água.

Fatores

O gráfico a seguir mostra valores médios da quota *per capita* de água consumida nos vários estados do Brasil. A ampla diversidade regional brasileira fica evidente na grande variação da quota *per capita* nos estados.



Vamos escolher alguns estados e discutir as diferenças!



O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebidos na rede coletora e o volume de água consumido pela população. Do total de água consumida, cerca de 80% é transformada em esgoto. Esta fração da água é denominada coeficiente de retorno “R”.

Os esgotos sanitários não se constituem apenas de esgotos domésticos. Existem outras importantes contribuições, que devem ser consideradas para se garantir o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário como um todo. Então, vamos discutir as parcelas que devem ser consideradas no cálculo da vazão de esgotos sanitários de uma localidade.

Vazão de esgotos sanitários

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira (NBR) 9648 “Estudo de concepção de sistemas de esgotamento sanitário – Procedimento”, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Essa mesma norma define ainda:

- Esgoto doméstico é o “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”.
- Esgoto industrial é o “despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos”.
- Água de infiltração é “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações”.
- Contribuição pluvial parasitária é “a parcela do **deflúvio superficial** inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário”.

Deflúvio superficial é o escoamento superficial da água de chuva.

De uma maneira geral, podemos agrupar a água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária em uma única parcela, denominada vazão de infiltração. Sendo assim, a vazão de esgotos de uma cidade corresponde à soma de três parcelas: vazão doméstica (Q_d), vazão de infiltração (Q_{inf}) e vazão industrial (Q_{ind}).

$$Q = Q_d + Q_{inf} + Q_{ind}$$

A **vazão doméstica (Q_d)** é constituída pelos esgotos gerados nas residências, no comércio, nos equipamentos e nas instituições presentes na localidade.

Com base na população de projeto (Pop), na quota *per capita* (QPC) e no coeficiente de retorno (R), a vazão doméstica média pode ser obtida da seguinte relação:

$$Q_{d\text{méd}} = \frac{\text{Pop} \times \text{QPC} \times \text{R}}{86400} \text{ (L/s)}$$

É importante lembrar que a vazão de esgoto doméstico varia conforme as horas do dia, os dias, meses e estações do ano, devido às flutuações no consumo da água.

A **vazão de infiltração (Q_{inf})** é constituída por contribuições indevidas nas redes coletoras de esgoto, que podem ser originárias do subsolo (infiltrações) ou provir do encaminhamento clandestino de águas pluviais.

Refleta e se manifeste...



Como a água de subsolo penetra nas redes coletoras de esgotos? E as águas pluviais?

Quais fatores contribuem para a vazão de infiltração? Que danos trazem para a operação e manutenção de redes coletoras de esgotos?

As águas do subsolo penetram no sistema de coleta de esgotos, quando o nível do lençol freático está acima da cota de assentamento dos tubos. Essa infiltração ocorre 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 e estações elevatórias.

No sistema separador absoluto, as **águas pluviais** não devem chegar aos coletores de esgoto, mas, na realidade, sempre chegam, não somente devido aos defeitos das instalações, mas devido às ligações clandestinas, à falta de fiscalização e à negligência.

As águas pluviais encontram caminho para o sistema coletor por meio de:

- Ligações de canalizações pluviais prediais à rede de esgoto.
- Interligações de galerias de águas pluviais à rede de esgoto.
- Tampões de poços de visitas e outras aberturas.
- Trechos de um sistema unitário antigo, integrados no sistema separador novo.

A vazão de infiltração nas redes coletoras de esgoto sanitário depende:

- Dos materiais empregados, do estado de conservação das tubulações, do assentamento das tubulações.
- Do nível do lençol freático.
- Do tipo e permeabilidade do solo.

Nas áreas litorâneas, com lençol freático à pequena profundidade e terrenos arenosos, as condições são mais propícias à infiltração. Em contraposição, nas regiões com lençol freático mais profundo e em solos argilosos, a infiltração tende a ser menor.

A própria vala para assentamento dos tubos, posteriormente reaterrada, altera as características de compacidade e impermeabilidade do solo original e passa a constituir um caminho de menor resistência à percolação de águas infiltradas, que, atingindo o tubo, escoam ao longo de sua superfície externa até encontrar a falha que permite a penetração.

Além disso, juntas de tubulações de mau tipo ou de má execução são falhas responsáveis por infiltrações consideráveis.

Como fatores fundamentais na diminuição da vazão de infiltração, podem-se destacar a melhoria na qualidade dos materiais e das juntas e o controle mais eficiente de execução de obras.

A vazão de infiltração usualmente é quantificada na forma de uma taxa de infiltração por comprimento de rede. A norma brasileira NBR 9649 – “Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário” – da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1986) cita a faixa de 0,05 a 1,0 L/s.km.

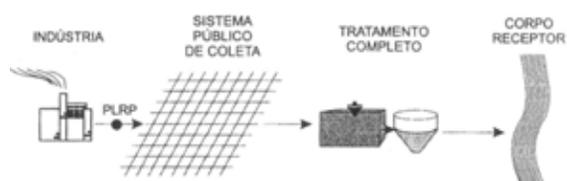
A vazão industrial (Q_{ind}) depende do tipo e porte da indústria, do grau de reciclagem da água e da existência de pré-tratamento.



Refleta e se manifeste...

Você sabe como é feito o lançamento de efluentes industriais na sua cidade? Existe um preço diferenciado para o serviço de coleta desse efluente? É obrigação do poder público tratar o efluente de quem exerce uma atividade lucrativa, por exemplo, indústrias?

O recebimento dos despejos industriais na rede coletora deve ser precedido de certos cuidados, principalmente, no que se refere à qualidade e quantidade dos efluentes. Em cada caso, deverá ser estudada a natureza dos efluentes industriais, para verificar se os mesmos podem ser lançados *in natura* na rede de esgotos ou se haverá necessidade de um pré-tratamento.

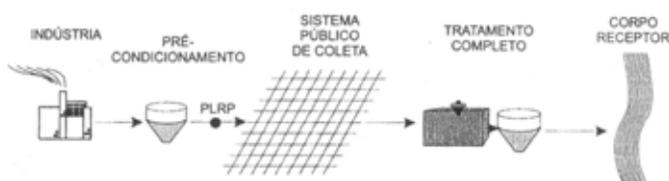


Lançamento na rede pública de coleta de esgotos sem pré-tratamento

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

- Que ofereçam riscos à segurança e problemas na operação das redes coletoras.
- Que interfiram em qualquer sistema de tratamento.
- Que obstruam tubulações e equipamentos.
- Que ataquem as tubulações, afetando a resistência ou durabilidade de suas estruturas.

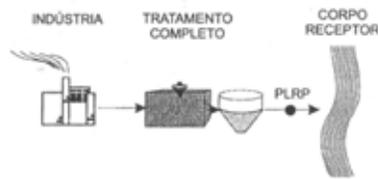
Caso algum poluente apresente um dos problemas citados, a indústria deverá fazer um pré-tratamento, de forma a enquadrá-lo dentro das normas dos serviços de saneamento para lançamento na rede pública de coleta.



Lançamento na rede pública de coleta de esgotos após pré-tratamento

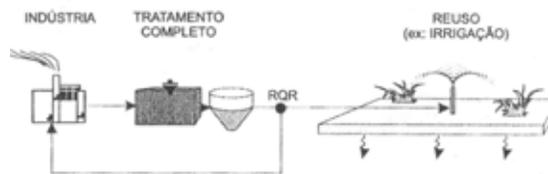
No caso de lançamento de efluente industrial na rede pública de coleta, os serviços de saneamento são responsáveis pelo atendimento aos padrões de qualidade ditados pelo órgão ambiental. O serviço de saneamento, receptor dos efluentes industriais, deve ter suas normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede pública de coleta.

A indústria pode optar por fazer um tratamento completo e lançar o efluente industrial diretamente no corpo d'água. Nesse caso, devem ser atendidos os padrões de qualidade ditados pelo órgão ambiental.



Lançamento no corpo d'água, após tratamento completo

Outra opção é a indústria realizar um tratamento completo e utilizar o efluente tratado, quer para outras finalidades, quer reciclando como água de processo da linha industrial. É importante ressaltar que devem ser consideradas as implicações de saúde pública e satisfeitos os padrões ou requisitos para reúso.



Uso do efluente, após tratamento completo

Discutimos as três parcelas que contribuem para os esgotos sanitários. Vamos, agora, calcular a vazão de esgotos sanitários de uma localidade!



Atividade individual...

Calcule a vazão de esgotos de uma determinada localidade, utilizando os dados a seguir:

População: 15.000 hab.

Quota per capita: 250 L/hab.d

Coefficiente de retorno: 0,8

Comprimento da rede coletora de esgotos: 30 km

Vazão industrial: 2 L/s

.....

.....

.....

.....

Agora, já sabemos como se calcula a quantidade de esgoto gerado numa localidade. Mas, você sabe quais são os poluentes presentes no esgoto? Essa informação é importante para sabermos o potencial do esgoto como poluidor das águas e o que fazer para reduzir ou eliminar esse potencial.

Caracterização dos esgotos domésticos

As características dos esgotos, de uma forma geral, são determinadas pelas impurezas incorporadas à água em decorrência do uso para o qual ela foi destinada. Vamos, agora, discutir as impurezas presentes nos esgotos domésticos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Atividade em grupo...



Que as impurezas vocês esperam encontrar no tanque, na pia de cozinha, no vaso sanitário, na pia do banheiro e no chuveiro? Quais os problemas associados aos poluentes apresentados que afetam o funcionamento das redes coletoras de esgotos?

Vimos que diferentes impurezas são incorporadas à água em cada uma das fontes de geração citadas (pia, chuveiro, vaso sanitário etc). Contudo, quais são os principais parâmetros utilizados para a caracterização dos esgotos?

Parâmetros de caracterização dos esgotos

Para traduzir o caráter ou o potencial poluidor dos esgotos, são utilizados parâmetros físicos, químicos e biológicos, tais como:

- Sólidos.
- Indicadores de matéria orgânica.
- Indicadores de contaminação fecal.
- Nutrientes.



Refleta e se manifeste...

Você conhece esses parâmetros? Quais os impactos sobre o meio ambiente e quais os riscos à saúde estão associados a esses parâmetros?

Sólidos

Com exceção dos gases, todos os contaminantes da água contribuem para a carga de sólidos.

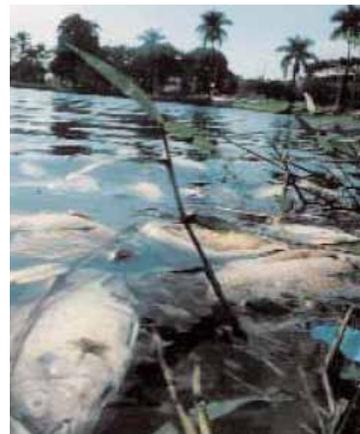
Os esgotos domésticos contêm 99,9% de água e 0,1% de sólidos. Para remover essa pequena fração referente aos sólidos, é que os esgotos devem ser tratados.



Valor típico no esgoto
bruto = 300 mg/L

Indicadores de matéria orgânica

O principal problema de poluição dos corpos d'água é o consumo de oxigênio dissolvido (OD) pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e degradação da matéria orgânica. Em um curso d'água com concentrações de OD igual a 2 mg/L, praticamente, todos os peixes estarão mortos; e com OD igual a 0 mg/L, há condições de anaerobiose (ausência de oxigênio), com possível geração de maus odores.



A quantificação da matéria orgânica presente nos esgotos é, usualmente, realizada de forma indireta através das análises laboratoriais da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Faixa típica de valores no esgoto bruto:

DBO = 250 – 400 mg/L

DQO = 450 – 800 mg/L

Nitrogênio e Fósforo

O nitrogênio e o fósforo são encontrados nos esgotos domésticos e nas fezes de animais e fertilizantes, sendo nutrientes essenciais para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica e para o crescimento de plantas aquáticas (algas), podendo, em certas condições, conduzir a fenômenos de **eutrofização** de lagos e represas.

A **eutrofização** é o crescimento exagerado de algas, causado por excesso de nutrientes (nitrogênio e fósforo), sendo mais comum em locais onde há águas paradas, como lagos, lagoas e represas. As principais consequências da eutrofização são: a redução do OD, o que causa a morte de peixes e outros organismos aeróbios, e prejuízos a alguns usos, como abastecimento de água e recreação.



No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico, amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). O nitrogênio, na forma de amônia livre, é diretamente tóxico aos peixes e, na forma de nitrato, pode causar uma doença conhecida como síndrome do bebê azul. A forma predominante do nitrogênio em um corpo d'água pode indicar se a poluição é recente (se predomina a amônia) ou remota (se predomina o nitrato).

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:

Nitrogênio total = 35 – 60 mgN/L

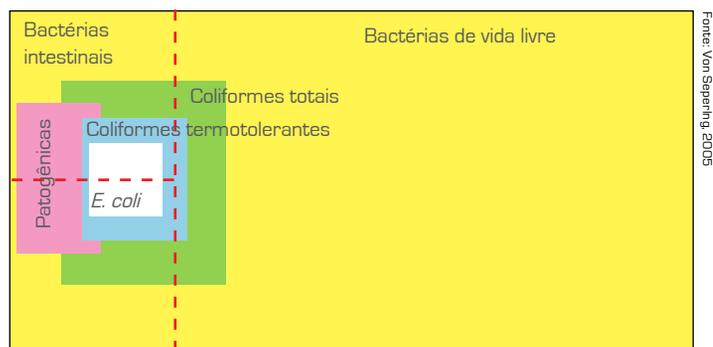
Fósforo = 4 – 15 mgP/L

Indicadores de contaminação fecal

Diversos organismos podem ser encontrados nos esgotos, sendo que os principais grupos de interesse do ponto de vista de saúde pública, com associação com a água ou com as fezes, são: as bactérias, os vírus, os protozoários e os helmintos.

A origem desses organismos patogênicos (capazes de causar doenças) no esgoto é predominantemente humana, refletindo diretamente o nível de saúde e as condições de saneamento básico da comunidade. Pode ser também de procedência animal, cujos dejetos são eliminados através da rede de esgotos, ou então, pela presença de animais nas redes de esgotos, principalmente roedores.

Os principais parâmetros empregados para a avaliação do potencial do esgoto como contaminador das águas são os coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.



A possível presença de agentes patogênicos ressalta a importância das ações de segurança visando à proteção dos trabalhadores da operação e manutenção de redes coletoras de esgotos, tais como: utilizar de equipamentos de proteção individual (EPI); realizar a vacinação dos trabalhadores; lavar e esterilizar as mãos e as ferramentas utilizadas após atividades operacionais; enfim, seguir sempre os procedimentos de segurança.

A quantificação do poluente é fundamental para a avaliação do impacto do seu aporte no corpo d'água receptor, sendo realizada por meio da determinação da carga do poluente presente no esgoto.

Carga e mistura de poluentes

A carga de um determinado poluente é a sua quantificação expressa em termos de massa por unidade de tempo (usualmente, utiliza-se kg/d). Em se tratando de esgotos domésticos, a carga pode ser calculada de duas formas:

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{concentração (g/m}^3\text{)} \times \text{vazão (m}^3\text{/d)}}{1000 \text{ (g/kg)}}$$

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{Poluição (hab)} \times \text{carga per capita (g/hab.d)}}{1000 \text{ (g/kg)}}$$

Quando o esgoto é lançado num corpo receptor, ocorre a mistura desse esgoto com o corpo d'água. A concentração de um poluente no ponto de mistura do despejo com o corpo receptor pode ser calculada de acordo com a seguinte relação:

$$C_{\text{mistura}} = \frac{Q_{\text{rio}} \times C_{\text{rio}} + Q_{\text{esgoto}} \times C_{\text{esgoto}}}{Q_{\text{rio}} + Q_{\text{esgoto}}}$$



Onde:

C_{mistura} = concentração do poluente no ponto de mistura (mg/L ou g/m³).

C_{rio} = concentração do poluente no corpo receptor, imediatamente a montante do ponto de lançamento do despejo (mg/L ou g/m³).

C_{esgoto} = concentração do poluente no esgoto (mg/L ou g/m³).

Q_{rio} = vazão do corpo receptor (L/s ou m³/s).

Q_{esgot} = vazão do esgoto (L/s ou m³/s).

As condições de mistura no ponto de lançamento do despejo são de particular importância na avaliação do impacto subsequente sobre a qualidade da água. Além disso, a capacidade de diluição exerce grande influência na habilidade do corpo receptor em assimilar a carga poluidora do despejo.

A habilidade do ecossistema para absorver e degradar a poluição orgânica, através dos microrganismos presentes, constitui a capacidade de **autodepuração** de um sistema aquático natural.

Um curso d'água com pequena capacidade de diluição sofrerá, de forma mais expressiva, os efeitos da poluição, ao passo que um corpo d'água de grande vazão, ao receber uma pequena vazão de esgotos, poderá não sofrer impactos significativos. No caso de cursos d'água intermitentes, no período de seca, não há diluição, e a concentração no rio, a partir do ponto de lançamento, é igual à concentração dos despejos.

Vamos discutir, um pouco, dois conceitos importantes relacionados aos poluentes presentes nos esgotos: **poluição e contaminação**.

Poluição e contaminação das águas



Refleta e se manifeste...

Qual a diferença entre poluição e contaminação? Quais as principais fontes, conseqüências e técnicas de controle da poluição das águas?

Poluição da água é a adição de substâncias que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de forma tal que prejudique os usos dele previstos.

A contaminação da água ocorre quando a poluição resulta em prejuízos à saúde humana.

As principais **fontes** de poluição das águas são, além dos esgotos domésticos, os esgotos industriais, resíduos sólidos, pesticidas, fertilizantes, detergentes, o carreamento de partículas de sólidos e a percolação de chorume dos depósitos de lixo.

Todas essas fontes de poluição trazem **conseqüências** negativas para o meio ambiente e para a qualidade de vida das pessoas, tais como:

- Veiculação de doenças.
- Prejuízos aos usos da água.
- Agravamento dos problemas de escassez da água.
- Elevação do custo do tratamento da água.
- Desequilíbrios ecológicos.
- Degradação da paisagem.



Para evitar as conseqüências da poluição das águas, é necessário o uso de **técnicas de controle**, tais como:

- Implantação de sistemas de esgotamento sanitário.
- Disposição adequado dos resíduos sólidos.
- Aplicação controlada de fertilizantes e pesticidas.
- Controle de focos de erosão.
- Recuperação e revitalização de cursos d'água.
- Controle dos usos e ocupação do solo.

Você notou que, dentre as principais **técnicas de controle** da poluição das águas, está a implantação de sistemas de esgotamento sanitário? No nosso próximo conceito-chave, vamos discutir um pouco mais esse assunto.

OBJETIVOS:

- Refletir sobre os objetivos e as conseqüências da implantação dos sistemas de esgotamento sanitário para o ambiente e para a saúde das pessoas.

- Discutir os diferentes tipos de sistemas de esgotamento sanitário e apresentar as suas partes integrantes.

Sistemas de esgotamento sanitário

Vimos que, caso não seja dada uma adequada destinação aos esgotos, estes passam a escoar a céu aberto, poluindo o solo, contaminando as águas superficiais e subterrâneas e constituindo-se em perigosos focos de disseminação de doenças. Dessa forma, os dejetos gerados pelas atividades humanas, comerciais e industriais necessitam ser coletados, transportados, tratados e dispostos adequadamente, de forma que não gerem ameaça à saúde e ao meio ambiente.

Neste conceito-chave, vamos discutir diferentes aspectos relacionados aos sistemas de esgotamento sanitário. Porém, antes de abordarmos os assuntos desse conceito-chave, vamos realizar a atividade a seguir.

Atividade em grupo...



Você sabe como são retirados e para onde vão os esgotos gerados na sua residência? E no seu trabalho?

Com base nas suas experiências profissionais, você e seus colegas deverão indicar, em um desenho, o caminhamento da rede coletora de esgotos das residências até o curso d'água, incluindo todas as partes constituintes de um sistema de esgotamento sanitário.

Agora, podemos discutir sobre os sistemas de esgotamento sanitário.

Os sistemas de esgotamento sanitário constituem um conjunto de obras e instalações que tem como objetivo a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final das águas residuárias da comunidade.

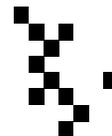
A implantação de sistemas de esgotamento sanitário em uma comunidade tem como **objetivos**:

- Coleta dos esgotos de maneira individual ou coletiva.
- Afastamento rápido e seguro dos esgotos.
- Tratamento e disposição sanitariamente adequada dos esgotos tratados.

E como **conseqüências**:

- Melhoria das condições sanitárias locais.
- Conservação dos recursos naturais.
- Eliminação de focos de poluição e contaminação.
- Eliminação de problemas estéticos desagradáveis.
- Redução das doenças ocasionadas pela água contaminada por dejetos.
- Redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças, uma vez que grande parte delas está relacionada com a falta de uma solução adequada de esgotamento sanitário.
- Diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (que seriam ocasionados pela poluição dos mananciais).

Tipos de sistemas de esgotamento sanitário

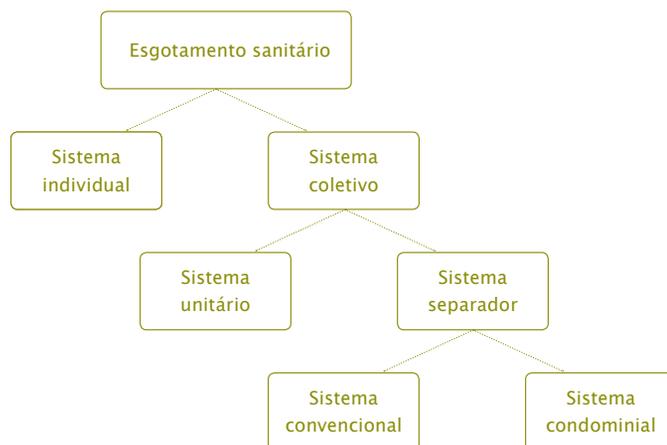


Em nossa “Atividade em grupo...” anterior, provavelmente surgiram respostas diferentes para as perguntas: “Você sabe como são retirados e para onde vão os esgotos gerados na sua residência? E no seu trabalho?”. Tomando como referência essas respostas; vamos discutir os tipos de sistemas de esgotamento sanitário.

Refleta e se manifeste...



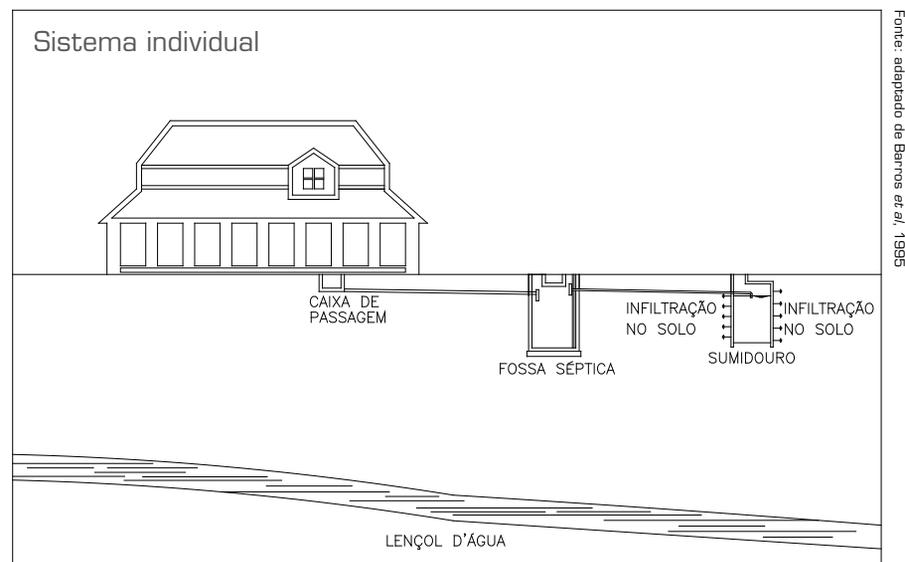
Quais as principais características dos sistemas de esgotamento sanitário utilizados pelos serviços em que você atua?



Os **sistemas individuais (estáticos)** são adotados para atendimento unifamiliar e consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em tanque séptico seguido de dispositivo de infiltração no solo.

Os sistemas estáticos funcionam de forma satisfatória e econômica se:

- As habitações forem esparsas (grandes lotes com elevada porcentagem de área livre ou meio rural).
- O solo apresentar boas condições de infiltração.
- O nível de água subterrânea se encontrar a uma profundidade adequada, de forma a evitar o risco de contaminação por microrganismos transmissores de doenças.

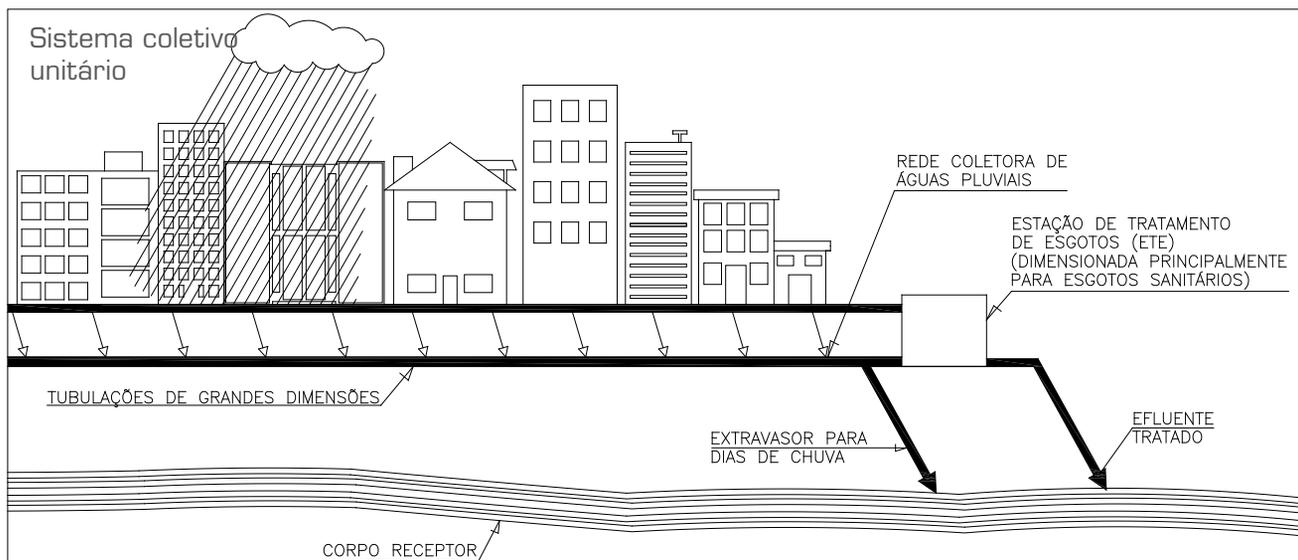


Os **sistemas coletivos (dinâmicos)** são indicados para locais com elevada densidade populacional. Esta solução consiste em tubulações que recebem o lançamento dos esgotos, transportando-os ao seu destino final de forma sanitariamente adequada.

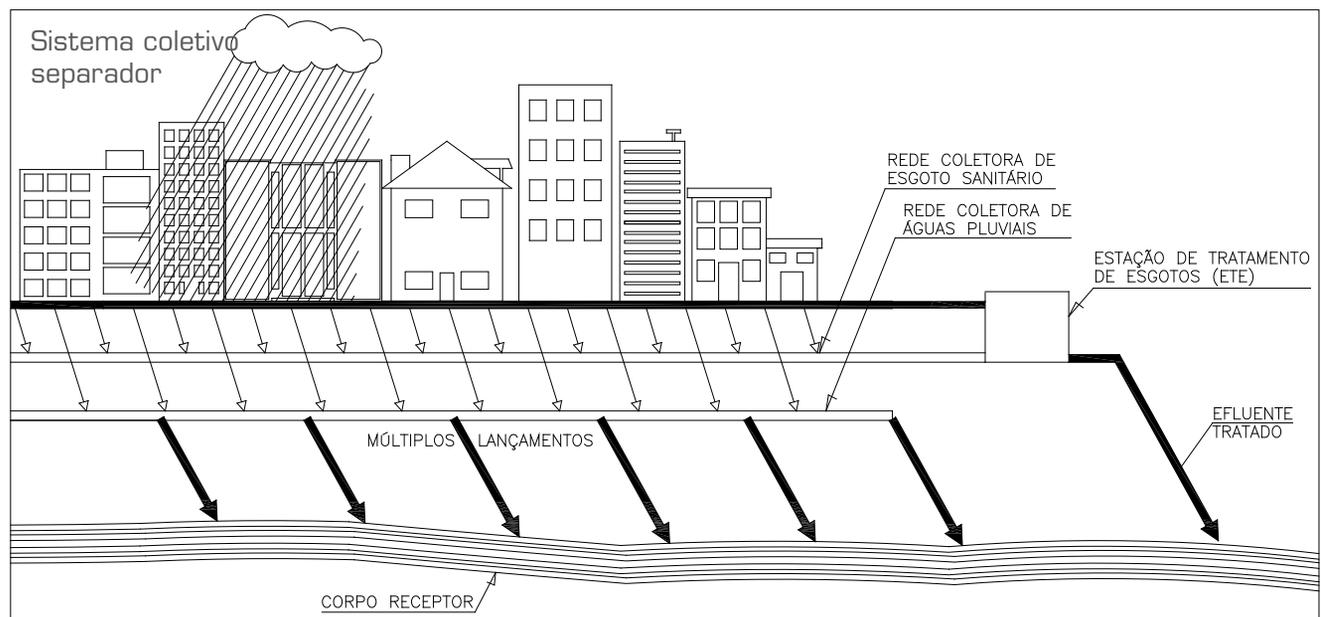
Existem duas variantes para os sistemas dinâmicos:

- Sistema unitário ou combinado.
- Sistema separador absoluto.

No **sistema unitário**, os esgotos sanitários e as águas de origem pluvial são conduzidos ao seu destino final, dentro da mesma tubulação.



No sistema **separador absoluto**, os esgotos sanitários e as águas de origem pluvial são conduzidos ao seu destino final, em canalizações diferentes e independentes.



O sistema separador absoluto possui duas modalidades principais:

- Sistema convencional.
- Sistema condominial.

Os **sistemas convencionais** a solução de esgotamento sanitário mais frequentemente usada para o atendimento de um município, sendo suas partes integrantes são descritas a seguir.

Rede coletora: conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgotos e seus órgãos acessórios, destinados a receber e conduzir os esgotos das edificações.

Interceptores: canalizações que recebem os coletores de esgoto ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas; são responsáveis pelo transporte dos esgotos gerados na sub-bacia, evitando que os mesmos sejam lançados nos corpos d'água.

Emissário: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente sem receber contribuições ao longo do seu percurso.

Sifão invertido e passagem forçada: trechos com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos de água, rebaixados (sifão) ou sem rebaixamento (passagem forçada).

Estação elevatória de esgotos (EEE): instalações que objetivam bombear os esgotos de um ponto baixo para outro de cota mais elevada, permitindo que a partir desse ponto, os esgotos possam fluir por gravidade. As estações elevatórias são utilizadas quando as profundidades das tubulações tornam-se demasiadamente elevadas, quer devido à baixa declividade do terreno, quer devido à necessidade de se transpor uma elevação.

Estação de tratamento de esgotos (ETE): conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes do seu lançamento nos cursos d'água.



Fonte: adaptado de Barros et al., 1995

Partes constitutivas do sistema convencional

O tema dessa oficina é “Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos”. Desta forma, vamos aprofundar esse assunto no nosso próximo conceito-chave.

Para saber mais sobre EEE, participe da oficina de “Operação e manutenção de EEE”, e para saber mais sobre ETE, participe das oficinas de “Processos de tratamento de esgotos” e “Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos”.

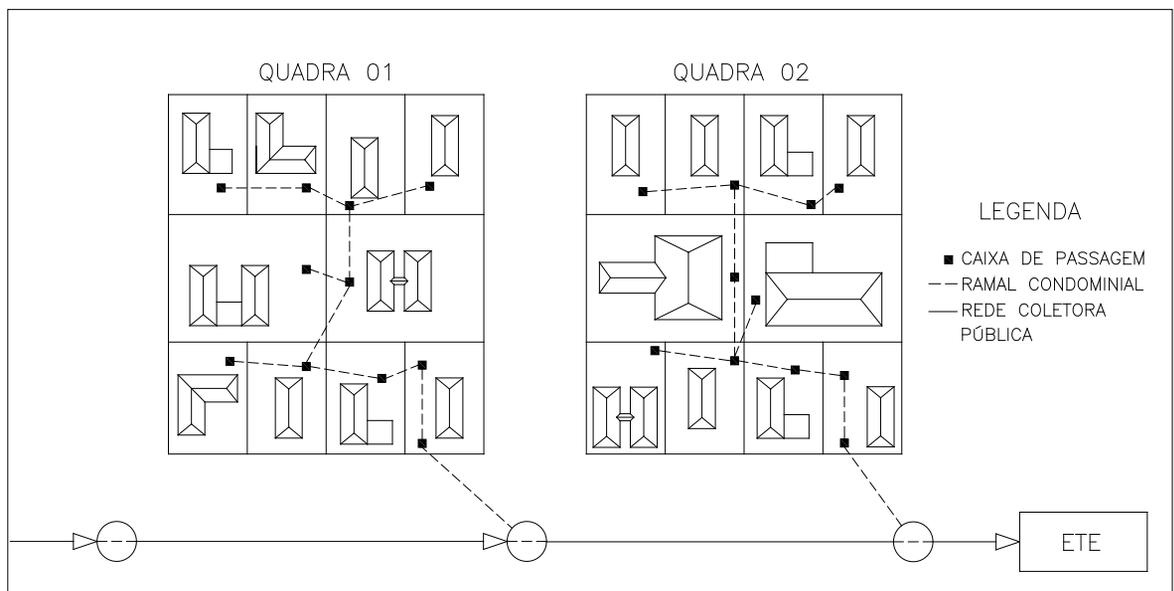
E sobre a outra modalidade do sistema separador absoluto, o sistema condominial, você já ouviu falar?

Os sistemas condominiais são adotados, em alguns casos, visando à diminuição dos custos das redes coletoras, como um sistema alternativo para coleta e transporte dos esgotos.

Essa modalidade do sistema convencional consiste na organização de condomínios de esgotos, cuja unidade é a quadra, que implanta e gera uma rede. A solução assemelha-se à dos ramais multifamiliares de esgoto dos edifícios de apartamento, sendo que, no lugar de prédios e apartamentos têm-se quadras e casas.

As edificações são conectadas à rede pública por meio de ligação coletiva ao nível do condomínio (ramal condominial), cuja localização, manutenção e, às vezes, a execução são acordadas coletivamente, no âmbito de cada condomínio e com o prestador do serviço, a partir de um esquema de divisão de responsabilidade entre a comunidade interessada e o poder público.

Os ramais condominiais passam, quase sempre, entre os quintais no interior dos lotes, cortando-os, no sentido transversal. Intercalada nessa rede interna à quadra, de pequena profundidade, encontra-se, em cada quintal, uma caixa de inspeção à qual se conectam as instalações sanitárias prediais, independentemente, constituindo um ramal multifamiliar.



Fonte: adaptado de Barros et al., 1995

Sistema condominial

Atividade individual...



Identifique, nos parênteses, a qual sistema de esgotamento sanitário a frase se refere, conforme:

Desvantagens do Sistema Dinâmico Unitário (SDU)

Vantagens do Sistema Dinâmico Separador Absoluto (SDSA)

Vantagens do Sistema Condominial (SCV)

Desvantagens do Sistema Condominial (SCD)

- () Custos iniciais elevados.
- () Possibilidade do emprego de diversos materiais para as tubulações de esgotos, tais como tubos cerâmicos, de concreto, PVC ou ferro fundido.
- () Coletores assentados em lotes particulares, podendo haver dificuldades na inspeção, operação e manutenção do sistema.
- () Baixo custo na construção dos coletores.
- () Possível planejamento de execução das obras por partes, considerando a importância para a comunidade de tratamento dos esgotos sanitários.
- () Menor atenção na operação e manutenção dos coletores.
- () Riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, por ocasião das cheias.
- () Afastamento facilitado das águas pluviais (diversos lançamentos ao longo do curso d'água, sem necessidade de transporte a longas distâncias).
- () Custo menor de operação.
- () Uso indevido dos coletores de esgoto.
- () As estações de tratamento não podem ser dimensionadas para tratar toda a vazão que é gerada no período de chuvas (extravasamento sem tratamento).
- () Não ocorrência de extravasamento dos esgotos nos períodos de chuva intensa.
- () O êxito desse sistema depende da atitude dos usuários, sendo imprescindíveis uma boa comunicação, explicação, persuasão e treinamento.

- () O regime de chuvas torrencial no país demanda tubulações de grandes diâmetros, com capacidade ociosa no período seco.
- () Menores dimensões das canalizações de coleta e afastamento das águas residuárias.
- () Menor extensão das ligações prediais e coletores públicos.
- () Possível ocorrência de mau cheiro proveniente de bocas de lobo e demais pontos do sistema.
- () Redução de custos e prazos de construção.
- () Maior participação dos usuários.
- () Grandes dimensões das canalizações.

Vamos, agora, ampliar um pouco mais o foco de discussão, tratando dos conceitos de bacia sanitária e bacia hidrográfica.

Sabemos que existem diferentes soluções possíveis para o esgotamento sanitário de uma localidade e que a definição da mais adequada depende de diversos aspectos, demandando um estudo criterioso que engloba as diversas variáveis envolvidas. Contudo, é de extrema importância que os estudos norteadores para a tomada de decisão levem em consideração não só os aspectos locais, mas também as características da bacia hidrográfica na qual se insere a localidade a ser esgotada.



Atividade em grupo

Com base em figuras com as seguintes áreas demarcadas:

- Área urbana com densa população no interior de uma bacia hidrográfica.
- Área urbana com população distribuída fora da bacia hidrográfica e em área afastada do restante da cidade.
- Propriedade rural localizada fora da bacia hidrográfica e em área afastada do restante da cidade.

Você e seus colegas devem responder às seguintes questões:

- Onde está a bacia hidrográfica e por quê?
- Onde estão as bacias sanitárias e por quê?
- Qual a influência da bacia sanitária na bacia hidrográfica?
- Que solução deve ser dada em cada área demarcada para o esgotamento sanitário da região?

Vimos que os sistemas de esgotamento sanitário impactam o meio ambiente e a saúde das pessoas, e que o seu trabalho é de extrema importância para o alcance dos objetivos da implantação de sistemas de esgotamento sanitário, cujo princípio é a preservação ambiental e a proteção da saúde das pessoas.

Contudo, para ampliar o alcance das ações de saneamento, é necessário que o seu planejamento seja realizado de forma integrada, considerando a atuação em limites físicos adequados para tanto, e não nos limites políticos estabelecidos pela sociedade. As ações sanitárias devem ser planejadas no âmbito da bacia hidrográfica em que serão aplicadas.

Bacia hidrográfica é uma área natural cujos limites são definidos pelos pontos mais altos do relevo (divisores de água ou espigões dos montes ou montanhas) e dentro da qual a água das chuvas é drenada superficialmente por um curso de água principal até sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso d'água.



Bacia sanitária é a área a ser esgotada que contribui com o fluxo dos esgotos por gravidade para um mesmo ponto do interceptor, para uma estação elevatória ou para uma estação de tratamento de esgotos (ETE).

Até o momento, discutimos vários aspectos relacionados à geração e à caracterização de esgotos domésticos e aos sistemas de esgotamento sanitário, que nos prepararam para o próximo conceito-chave, no qual discutiremos o assunto principal da nossa oficina de capacitação – “Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos”.

OBJETIVOS:

- Identificar as razões para os principais problemas identificados nas redes coletoras.

- Refletir sobre os impactos e implicações ao meio ambiente e à comunidade decorrentes dos problemas identificados.

- Discutir o planejamento das atividades de operação e manutenção de redes coletoras e prevenção de acidentes.

- Discutir as atividades de manutenção preventiva e corretiva.

Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos

Neste conceito-chave, vamos discutir as principais atividades de operação e de manutenção preventiva e corretiva de redes coletoras de esgotos, tais como: entupimento de rede e os equipamentos para desobstrução e limpeza das redes através dos poços de visita; vazamento em redes coletoras de esgotos devido à corrosão e juntas mal executadas; identificação das ligações clandestinas e cadastro de redes coletoras.

Assuntos como planejamento das atividades de operação e manutenção, prevenção de acidentes, uso de equipamento de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC), manutenção preventiva e corretiva, também, serão discutidos.

Vamos começar este conceito-chave discutindo as partes constituintes das redes coletoras de esgotos!

Redes coletoras de esgotos

Uma rede coletora de esgotos é um conjunto constituído pelos ramais internos, pelas ligações prediais, pelos coletores de esgoto e seus órgãos acessórios.

Ramal interno (instalação predial) são os elementos internos ao imóvel de responsabilidade do proprietário ou usuário.



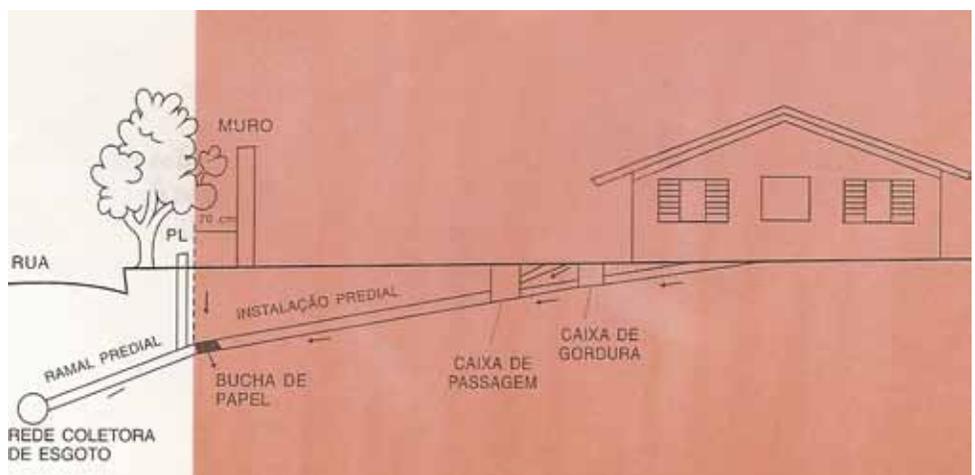
A *caixa de gordura* é destinada a coletar e reter os resíduos gordurosos dos esgotos provenientes da pia da cozinha ou do tanque se este for utilizado para lavagem dos utensílios de cozinha. Caso trate de instalações de restaurantes, lanchonetes, açougues ou outros fins que impliquem em produção de gordura, a água do piso, também, deverá ser encaminhada à caixa de gordura.

A caixa de gordura deve ser verificada e limpa, sempre que necessário. A gordura, os detritos alimentares e demais resíduos retirados devem ser acondicionados em sacos plásticos e colocados no lixo.

A *caixa de passagem* é instalada nos pontos onde ocorre mudança de direção do ramal interno e permitem o acesso para desobstrução, quando necessário.

O **poço luminar** (PL) não existe em todos os sistemas de esgotamento, mas onde os serviços são prestados por concessionárias, sendo o elemento que determina o limite de responsabilidade entre o cliente e a concessionária. É instalado no passeio e permite o acesso aos equipamentos para a desobstrução da ligação predial, quando necessário.

Ligação predial (ramal predial) é a parte à jusante ao PL, caso exista, ou a parte além da divisa do imóvel até a rede coletora, de responsabilidade da concessionária.



Ligação predial



Refleta e se manifeste

Quais os tipos de ligações prediais você conhece? Quais materiais são utilizados na execução das ligações prediais? Quais cuidados devem ser tomados na execução das ligações prediais?

As redes coletoras, antigamente, eram construídas em manilhas cerâmicas. Atualmente, o PVC vem sendo aplicado com mais frequência face à facilidade de construção. Quando da confecção de uma ligação predial, é muito comum a conexão de tubos de PVC com manilha cerâmica. Nestes casos devem-se utilizar os adaptadores específicos, evitando sempre a improvisação que irá resultar certamente em manutenções futuras.

Coletor de esgoto é a tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto das ligações prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.

Coletor tronco é a tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores.

Coletor principal é o coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia.

Devido à presença nos esgotos de grande quantidade de sólidos e ainda pelo fato de ser necessário à rede coletora funcionar como conduto livre, é preciso que as canalizações tenham **órgãos acessórios**.

Refleta e se manifeste



Que órgãos acessórios das redes coletoras você conhece? Qual a finalidade deles? Em que pontos da rede coletora, os órgãos acessórios devem ser colocados?

Os **órgãos acessórios** são utilizados com a finalidade de evitar ou pelo menos minimizar entupimentos nos pontos singulares das tubulações, como curvas, pontos de afluência de tubulações, possibilitando ainda o acesso de pessoas ou equipamentos a esses pontos.

Os principais órgãos acessórios de uma rede coletora de esgotos são apresentados a seguir.

Poços de Visita (PV) é um poço que, através de abertura existente em sua parte superior, permite o acesso de pessoas e equipamentos para executar trabalhos de manutenção, compreendendo atividades de inspeção, conservação, reparos, desobstrução e limpeza dos condutos.

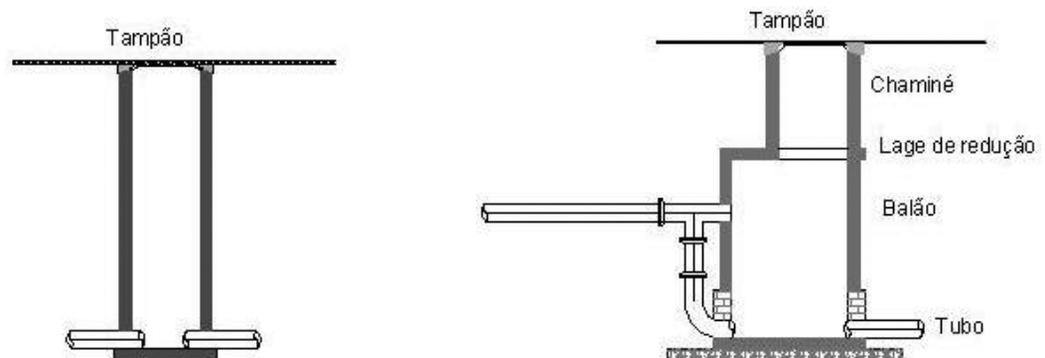
Os poços de visita (PV) devem ser usados, obrigatoriamente, nos seguintes casos:

- Na reunião de mais de dois trechos ao coletor.
- Na reunião de coletores quando há necessidade de tubo de queda.
- Nas extremidades de sifões invertidos e passagens forçadas.

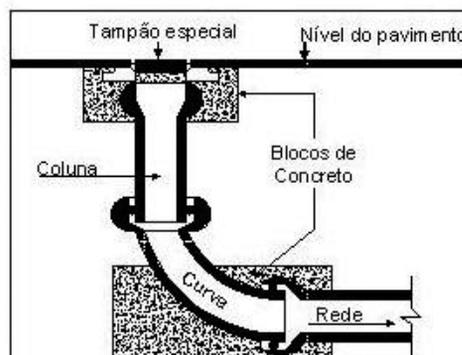
Quando se dispõe de equipamentos adequados de limpeza das redes de esgoto, o poço de visita pode ser substituído por tubo de inspeção e limpeza (TIL), terminal de limpeza (TL) e caixas de passagem (CP).

Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL) ou Poço de Inspeção (PI) é um dispositivo não visitável que permite inspeção visual e introdução de equipamentos de limpeza. Pode ser usado em substituição ao PV nos seguintes casos:

- Na reunião de até dois trechos ao coletor (três entradas e uma saída).
- Nos pontos com degrau de altura inferior a 0,50 m.
- A jusante de ligações prediais cujas contribuições podem acarretar problemas de manutenção.



Terminal de limpeza (TL) é um dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, podendo ser usado em substituição ao PV no início dos coletores.



Quando o coletor chega ao poço de visita (PV) com diferença de cota inferior a 0,50 m, executa-se o *degrau*, ou seja, o coletor afluyente lança seus esgotos diretamente no PV.

O *tubo de queda* é um dispositivo instalado no poço de visita (PV), ligando um coletor afluyente em cota mais alta ao fundo do poço. O tubo de queda deve ser colocado quando o coletor afluyente apresentar degrau com altura maior ou igual a 0,50 m para evitar respingos que prejudiquem o trabalho no poço.

O espaçamento entre órgãos acessórios consecutivos, ou seja, o comprimento de um trecho, deve ser limitado pelo alcance dos equipamentos de desobstrução. Normalmente, adota-se a distância de 100 m entre órgãos acessórios consecutivos.

A Norma Brasileira (NBR) 9649 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), “Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário”, regulamenta a utilização desses órgãos acessórios.

Vamos voltar na atividade realizada no início do conceito-chave “Sistemas de esgotamento sanitário”! Você e seus colegas consideraram todas as partes constituintes e os órgãos acessórios necessários em um sistema de esgotamento sanitário?

Agora que falamos sobre todos componentes de uma rede coletora de esgoto, vamos discutir os materiais utilizados nas tubulações de esgoto.

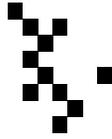
Materiais utilizados em redes coletoras de esgotos

Os materiais mais utilizados em sistemas de coleta e transporte de esgoto têm sido o tubo cerâmico, o concreto, o PVC, o ferro fundido e o aço.

De um modo geral, para a escolha adequada do material a ser utilizado no sistema de coleta de esgoto, devem ser levados em consideração os seguintes aspectos:

- Características do solo.
- Características do esgoto.
- Métodos utilizados na construção.
- Esforços a que estará sujeita a tubulação (resistência a cargas externas, resistência à abrasão e ao ataque químico).
- Diâmetros disponíveis no mercado.
- Custos (material, transporte e assentamento).

Para discutir um pouco mais as características de alguns dos materiais utilizados em rede coletora de esgotos, vamos realizar a atividade a seguir.



Material x Características

Associe o tipo de material utilizado em rede coletora de esgotos com as suas características, conforme:

Apresenta maior rugosidade. ()

Utilizado para grandes vazões. ()

Utilizado em trechos com escoamento forçado. ()

Maior facilidade de montagem. ()

Suporta altas cargas. ()

Mais leve. ()

Apresenta alta resistência a abrasão. ()

Mais sujeito à corrosão. ()

Apresenta alta resistência à corrosão. ()

Para o mesmo diâmetro e vazão pode ser implantado com menor declividade. ()

(1)



Ferro fundido (FoFo)

Apresenta maior estanqueidade. ()

Utilizado em locais com pouco recobrimento. ()

Utilizado em travessias aéreas. ()

Utilizado na passagem sob estruturas sujeitas a trepidação. ()

Utilizado em regiões com lençol freático acima das redes coletoras de esgoto. ()

Para o mesmo diâmetro, vazão e declividade apresenta menor capacidade de disposição de sólidos. ()

(2)



Manilha de barro vidrado (MBV)

(3)



Concreto

(4)



PVC

A escolha adequada dos tubos que serão utilizados em uma rede coletora deve ser bastante criteriosa, pois dependendo de suas características, esses tubos podem gerar gastos excessivos na manutenção, por apresentarem os seguintes problemas:

- Baixa resistência às solicitações mecânicas.
- Baixa resistência às condições agressivas tanto no terreno quanto no efluente.
- Baixa resistência à abrasão.
- Permitem movimentação no perfil da linha d'água, gerando acúmulo de material.
- Permitem infiltração, carreando material do terreno.



Os **tubos cerâmicos** (manilhas de barro vidrado) possuem alta resistência à ação de agentes agressivos existentes nos esgotos residenciais e industriais, à ação dos gases que se formam na própria rede coletora, bem como ao ataque do próprio solo, entretanto, é mais frágil e suscetível a quebras em relação aos outros materiais.



Os **tubos de concreto** são utilizados quando as cargas externas atuantes sobre a canalização ultrapassam aquelas permitidas pelos tubos cerâmicos. Enquanto as manilhas de barro vidrado quase não são afetadas pelos ácidos ou produtos de decomposição oriunda da matéria orgânica presente nos esgotos, cuidados especiais devem ser levados em consideração quando os tubos de concreto são utilizados. Se o esgoto que for transportado possuir temperaturas acima dos valores normais e altas taxas de concentração de matéria orgânica e sulfato, tem-se a formação do gás sulfídrico. Este ataca a parte seca da tubulação formando o enxofre que, por sua vez, é utilizado por bactérias aeróbias em seus processos respiratórios, tendo como consequência a produção do ácido sulfúrico que ataca o cimento do concreto, originando, como subproduto, sulfatos de cálcio, ferro e alumínio.



Os **tubos de PVC** têm como principal característica serem alta resistência à corrosão. Em regiões com lençol freático acima dos coletores de esgoto, constitui-se na principal alternativa de utilização.



Os **tubos de ferro fundido** são largamente utilizados em linhas de recalque de elevatórias. Para escoamento livre, são utilizados em travessias aéreas, passagem sob rios, passagem sob estruturas sujeitas à trepidação (pontes ferroviárias ou rodoviárias) ou em situações que necessitam de tubos que suportem cargas extremamente altas. Uma das principais vantagens desses tubos é a facilidade na desmontagem, caso haja necessidade de se fazer reparo ou mesmo substituir o sistema de coleta e transporte de esgoto. Não é aconselhável a utilização desses tubos em sistemas de coleta e transporte, em que o esgoto e o solo apresentem características ácidas, pois são sensíveis à corrosão.

Os **tubos de aço** são recomendados nos casos em que ocorrem esforços elevados sobre a linha, como no caso de travessias diretas de grandes vãos, cruzamentos subaquáticos, ou ainda quando se deseja uma tubulação com pequeno peso, de absoluta estanqueidade e com grande resistência a pressões de ruptura. Devido à sua grande flexibilidade, os tubos de aço resistem aos efeitos de choques, deslocamentos e pressões externas.

Vamos trabalhar, através de um jogo de perguntas e respostas, os principais parâmetros hidráulicos utilizados no projeto das redes coletoras e que garantem o adequado funcionamento das mesmas.

Noções de hidráulica dos coletores de esgotos

Os coletores de esgotos funcionam com **escoamento livre**, ou seja, se processam em seções parciais de tubulações fechadas e sob pressão atmosférica, apresentando, portanto, uma superfície livre do contato com as paredes da tubulação. O escoamento do esgoto em um conduto é admitido, para efeitos de cálculo, em **regime permanente e uniforme**.

O esgoto sanitário, além de substâncias orgânicas e minerais dissolvidas, leva também substâncias coloidais e sólidos de maior dimensão, em mistura que pode formar depósitos nas paredes e no fundo dos condutos, o que não é conveniente para o seu funcionamento hidráulico, ou seja, para o escoamento.

No dimensionamento hidráulico das redes coletoras de esgotos deve-se prover condições satisfatórias de escoamento que, simultaneamente, devem atender aos seguintes quesitos:

- Transportar as vazões máximas e mínimas esperadas.
- Promover o arraste de sedimentos, garantindo a autolimpeza das tubulações.
- Evitar as condições que favorecem a formação de sulfetos e a formação de desprendimento do gás sulfídrico.

A norma NBR 9649 (ABNT, 1986), “Projetos de redes coletoras de esgoto sanitário”, regula as condições hidráulicas necessárias nas redes coletoras de esgoto

Vazão mínima considerada para dimensionamento hidráulico

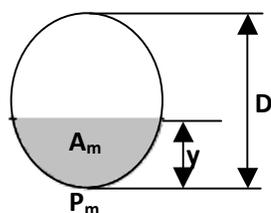
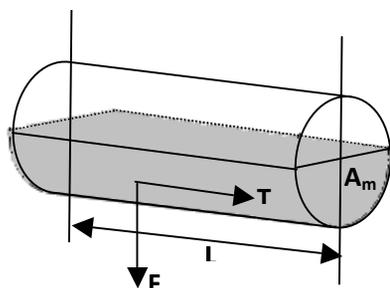
Em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizada nos cálculos é de 1,5 l/s, correspondente ao pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de vaso sanitário.

Diâmetro mínimo recomendado

Os diâmetros a serem empregados devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais. O menor não deve ter diâmetro inferior a 100 mm.

Considerações sobre o critério de tensão trativa e autolimpeza dos coletores

A tensão trativa é definida como uma tensão tangencial exercida sobre a parede do conduto pelo líquido em escoamento, ou seja, é a componente tangencial do peso do líquido sobre a unidade de área da parede do coletor e que atua sobre o material sedimentado, promovendo seu arraste.



F = peso do líquido contido no trecho de comprimento L

T = componente tangencial do peso F

D = diâmetro da tubulação

Y = altura da lâmina d'água

A_m = área molhada

P_m = perímetro molhado

RH = raio hidráulico = A_m/P_m

Os materiais sólidos encontrados em esgoto consistem de partículas orgânicas e inorgânicas. Devido ao efeito da gravidade, qualquer dessas partículas com densidade maior que a água tenderá a depositar-se nas tubulações de esgoto.

As partículas sólidas são, normalmente, depositadas nas tubulações de esgoto nas horas de menor contribuição. A tensão trativa crítica é definida como uma tensão mínima necessária para o início do movimento das partículas depositadas nas tubulações de esgoto.

A NBR 9649 (ABNT, 1986) determina que a tensão trativa mínima para autolimpeza dos coletores de esgoto seja igual a 1,0 Pa.

A tensão trativa é fornecida pela equação a seguir.

$$\sigma = \gamma \times R_H \times I$$

Onde:

σ = Tensão trativa (Pa)

γ = peso específico do líquido (10^4N/m^3)

R_H = Raio hidráulico (m)

I = declividade (m/m)

Declividade mínima

A declividade a ser adotada deverá proporcionar, para cada trecho da rede, uma tensão trativa média igual ou superior a 1,0 Pa, calculada para a vazão inicial, de forma a garantir a autolimpeza dos coletores. A declividade mínima que satisfaz essa condição pode ser determinada pela expressão a seguir, aproximada para coeficiente de Manning $n=0,013$.

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

Onde:

I_{\min} = declividade mínima (m/m)

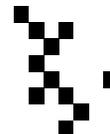
Q_i = vazão de jusante do trecho no início do plano (L/s)

Declividade máxima

A máxima declividade admissível é aquela para a qual se tenha velocidade na tubulação igual a 5,0 m/s, para a vazão de final de plano, que pode ser obtida pela expressão a seguir, aproximada para coeficiente de Manning $n=0,013$.

$$I_{m\acute{a}x} = 4,65 \times Q_i^{-0,67}$$

Vamos discutir, um pouco mais, declividade mínima e máxima a partir de uma animação na BHV.



Lâmina d'água máxima admitida

Nas redes coletoras, as tubulações são projetadas para funcionar com lâmina igual ou inferior a 75% do diâmetro da tubulação, destinando-se a parte superior da tubulação à ventilação do sistema e às imprevisões e flutuações excepcionais de nível dos esgotos. O diâmetro que atende à condição $Y/D = 0,75$ pode ser calculado pela equação a seguir.

$$D = \left(0,0463 \times \frac{Q_f}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

Onde:

D = diâmetro (m)

Q_f = vazão final (m^3/s)

I = declividade (m/m)

Lâmina d'água mínima admitida

Pelo critério da tensão trativa, haverá autolimpeza nas tubulações de esgoto, desde que, pelo menos uma vez por dia, seja atingida uma tensão trativa igual ou superior a 1,0 Pa, qualquer que seja a altura da lâmina d'água. Portanto, não se limita a lâmina d'água mínima.

Velocidade crítica

Dependendo da turbulência do escoamento poderá haver a entrada de bolhas de ar na superfície do líquido. A mistura água-ar ocasiona um aumento na altura da lâmina d'água, sendo importante verificar se a tubulação projetada ainda continua funcionando como conduto livre, pois caso contrário, a tubulação poderá ser destruída por pressões geradas pelas permutações aleatórias entre escoamento livre e forçado. No caso do escoamento de esgoto, o conhecimento da mistura água-ar é de grande importância, principalmente, quando a tubulação é projetada com grande declividade, pois nessa condição, o grau de entrada de bolhas de ar no escoamento poderá ser bastante elevado.

Devido a esse fato, a NBR 9649 (ABNT, 1986) determina que, quando a velocidade final (V^f) é superior à velocidade crítica (V_c), a lâmina de água máxima deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor, a fim de se assegurar a ventilação no trecho. Para o caso de se ter $Y/D > 0,5$, geralmente, o mais adequado é aumentar o diâmetro do coletor. A velocidade crítica é definida pela equação a seguir.

$$V_c = 6\sqrt{gR_h}$$

Onde:

V_c = velocidade crítica (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s^2)

R_h = raio hidráulico para a vazão final (m)

Recobrimento mínimo para assentamento de redes na rua e no passeio

O recobrimento não deve ser inferior a 0,90m para coletor assentado no leito da via de tráfego ou a 0,65 m para coletor assentado no passeio. Esses limites dizem respeito à proteção da tubulação contra as cargas externas na superfície do terreno.

Agora que já discutimos as ligações prediais, coletores de esgotos, tipos de materiais e os parâmetros utilizados no dimensionamento hidráulico das redes coletoras, discutiremos as atividades de operação e manutenção nas redes coletoras de esgoto.

Vamos retornar ao nosso roteiro de procedimentos!

Atividade em grupo



Cada grupo deverá discutir as seguintes questões:

- Problemas associados à atividade de operação e/ou manutenção que lhe foi atribuída.
- Possíveis razões que levaram aos problemas identificados.
- Os impactos e implicações, decorrentes desses problemas, no meio ambiente e na comunidade.
- Soluções para os problemas identificados.

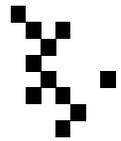


Atividade de operação e manutenção	Problemas identificados	Possíveis razões	Impactos no meio ambiente, na comunidade, na saúde pública e do trabalhador	Possíveis soluções

Atividade de operação e manutenção	Problemas identificados	Possíveis razões	Impactos no meio ambiente, na comunidade, na saúde pública e do trabalhador	Possíveis soluções

Vamos discutir, um pouco mais, alguns problemas que ocorrem nas redes coletoras de esgotos e as seqüências de atividades de operação que são realizadas para corrigi-los.

Entupimento de rede coletora de esgotos por aporte indevido de resíduos sólidos

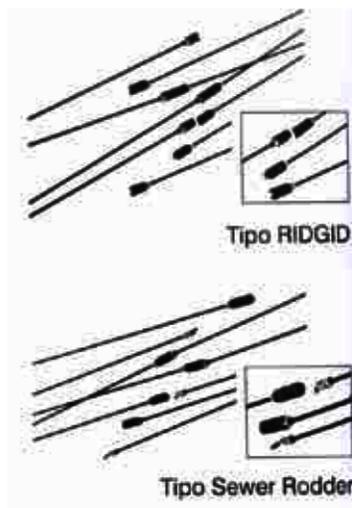


Um dos grandes problemas encontrados nas tubulações de esgoto consiste no entupimento das mesmas, devido ao mau uso das pessoas que jogam objetos estranhos nos vasos sanitários e, em alguns casos, diretamente nos poços de visita.

Os objetos que, comumente, são mais encontrados na rede são: cigarro, cotonete, fralda, fio dental, cabelos, absorvente higiênico, preservativo, algodão, gaze, cigarro, embalagens de shampoo etc. Essa prática incorreta pode comprometer toda a rede coletora de esgotos, gerando grandes gastos com manutenção.

Quando é detectado um entupimento na rede coletora, primeiramente, é encaminhada uma equipe de desentupimento equipada com um rolo de arame de aço, que é aplicado nos PV. Enquanto um profissional guia o arame na rede coletora, outros dois fazem à rotação manual do arame, introduzindo-o na rede e promovendo a remoção do material que provocou o entupimento.

Caso essa equipe não tenha sucesso, são mobilizados equipamentos mecânicos para promover a desobstrução, como as varas metálicas acopláveis, acionadas por um motor que provoca a rotação das varas, até que as mesmas sejam inseridas na tubulação.



Varas de aço flexível de aproximadamente 1,5m



Pontas para usar nas varas conforme necessidade



Máquina K-500 ou máquina K-1500 para utilização de varas

Se ainda sim não foi possível o desentupimento, são utilizados equipamentos mecânicos mais robustos: *sewer jet* ou hidrojateamento, *vácuo flex*, *vac all* (funciona como um aspirador de pó para sugar a sujeira do PV), ou a combinação de dois desses. Ainda pode ser utilizado o equipamento chamado *bucket machine* que, apesar de ser uma máquina antiga e robusta, em alguns casos, consegue retirar o material grosseiro que o *sewer jet* não tira.



Sewer jet



Vácuo flex



Vac all



Sistema combinado de sewer jet e vácuo flex



Bucket machine

Caso nenhum desses equipamentos consiga resolver o problema, a equipe deve marcar o ponto da obstrução para que seja promovida a abertura de vala e a troca da tubulação danificada.

Incrustação nas tubulações de esgoto

Outro grave problema nas redes coletoras de esgotos é a incrustação das tubulações devido à gordura. Na grande maioria dos imóveis mais antigos não existem as caixas de gordura. Muitos usuários fazem o lançamento de gordura de forma indevida que será encaminhada para as redes coletoras.

A seguir, é apresentado um exemplo das seqüências de atividades realizadas para corrigir esse problema.

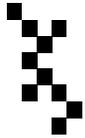
1. O procedimento é o mesmo para entupimento de rede, pois não se sabe se o entupimento é por lançamento de objetos ou se é devido à gordura acumulada.
2. Verificado que o problema é de incrustação, deve-se utilizar o equipamento de limpeza combinado *sewer jet* + *vácuo flex*. O *sewer jet* retira as placas de gordura das paredes do tubo e o *vácuo flex* suga as mesmas para fora da tubulação.
3. Se a incrustação estiver muito avançada, deve-se trocar a parte do tubo. Por exemplo: uma tubulação com 50% de obstrução passa a ficar com 20% depois da utilização do equipamento mencionado acima. Nesse caso, pode ser mais vantajosa a troca da tubulação.



Limpeza de PV com vácuo flex



Substituição de ligação predial devido a problema de incrustação de gordura



■ Vazamento em redes coletoras de esgoto

Vazamentos na rede coletora de esgotos podem ocorrer devido à corrosão das tubulações ou por meio de juntas mal executadas.

Esse problema é de difícil detecção, pois, normalmente, a água infiltra no solo e, quando se percebe o problema, ele já está em estágio avançado.

Vazamentos em redes coletoras de esgotos podem ser detectados nas seguintes situações:

- Abatimento do pavimento, pois o solo é carregado. Quando a rua afunda, o estágio já está bastante avançado.
- Pode ocorrer uma coincidência de o operador abrir uma vala próxima, para outro serviço, e verificar grande acúmulo de água no solo.
- Lençol freático contaminado. Neste caso, é muito difícil saber exatamente onde está o vazamento.
- Dependendo da experiência do operador, ele pode verificar que, em um determinado PV, a lâmina de água que chegava se reduziu, mas também é difícil definir o local exato do vazamento.

Após definido o local do vazamento, deve-se abrir a vala e trocar o trecho de tubulação danificado.



Colapso do pavimento por vazamento da tubulação

Vamos discutir, um pouco mais, o processo de corrosão!

Corrosão e odor em sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário

Os principais produtos responsáveis pela produção de odor e corrosão, quando em concentrações elevadas, são, também, tóxicos ao homem e representam um perigo aos operadores de redes coletoras de esgotos. As substâncias responsáveis pela geração de odores ofensivos encontradas em esgoto sanitário são, de modo geral, resultantes da decomposição anaeróbia de matéria orgânica contendo enxofre e nitrogênio e, notadamente, pela redução de sulfatos a sulfetos, também em anaerobiose.

O sulfeto de hidrogênio (H_2S), ou gás sulfídrico, é o mais importante gás observado em sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário.

O H_2S tem um odor característico de ovo podre, é extremamente tóxico, sendo corrosivo a metais como ferro, zinco, cobre, chumbo e cádmio; é também precursor da formação de ácido sulfúrico (H_2SO_4), o qual corrói concreto, pintura à base de chumbo, metais e outros materiais.

Processo de corrosão por sulfeto de hidrogênio

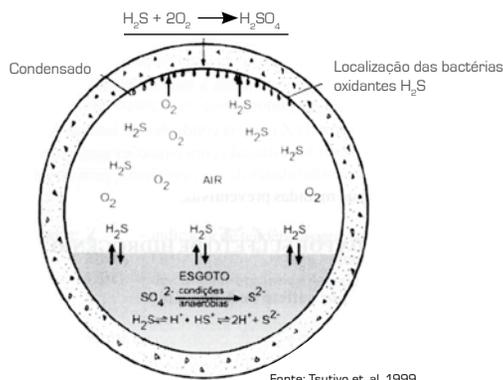
Devido ao fato de que o esgoto fresco apresenta quantidade apreciável de oxigênio dissolvido, normalmente, as redes coletoras de esgoto não apresentam problemas relativos a sulfeto de hidrogênio (H_2S). Entretanto, à medida que o esgoto escoar pela rede em grandes extensões, por vezes com velocidade baixa, a concentração de oxigênio diminui gradualmente, prevalecendo as condições anaeróbias no esgoto e propiciando a formação de sulfetos.

A película de limo formada nas partes submersas da parede da tubulação é a principal fonte de geração de sulfeto em tubulações de esgoto, pois é nessa película que ocorrem as condições estritamente anaeróbias, favoráveis ao desenvolvimento do processo. A espessura da camada de limo varia, normalmente, de 1,0 a 1,5 mm, dependendo da velocidade de escoamento dos esgotos. Quando a velocidade é muito baixa, as camadas de limo podem atingir e mesmo ultrapassar 3 mm.

A presença de areia no esgoto, fluindo com baixas velocidades, permitirá a deposição de areia nos condutos, formando depósitos que reterão também matéria orgânica e se tornarão anaeróbios, com desenvolvimento de bactérias anaeróbias, o que resultará em condições adequadas para a geração de sulfetos.

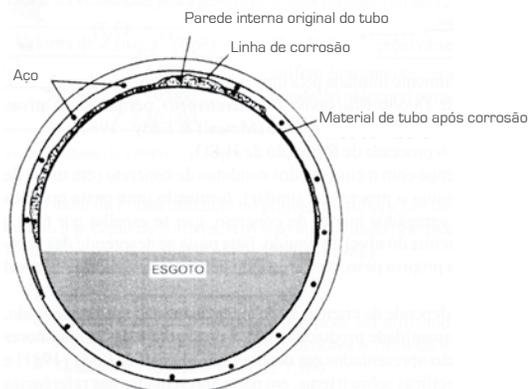
A camada de limo, normalmente, contém uma população heterogênea de microrganismos. A espessura da camada anaeróbia inerte aumenta gradualmente e, periodicamente, uma porção se desprende da parede do conduto. Sulfato (SO_4^{2-}), matéria orgânica e nutrientes são transferidos, por difusão, para dentro da camada anaeróbia, e o sulfeto produzido dentro desta camada se transfere para fora dela, também por difusão. Se existir uma camada aeróbia de limo, em vista da presença de OD no líquido, o sulfeto, deixando a camada anaeróbia, será oxidado e não chegará ao líquido. Por outro lado, quando se tem o $\text{OD}=0$, o sulfeto que deixa a camada anaeróbia é incorporado ao fluxo de esgoto.

O sulfeto de hidrogênio presente na fase líquida escapa para a atmosfera local, em quantidade que depende da sua concentração no líquido. O H_2S é, então, transferido da atmosfera local para as paredes do conduto, acima da superfície líquida, que são normalmente úmidas devido ao líquido aí condensado. O sulfeto de hidrogênio retido nessa unidade é, então, convertido a ácido sulfúrico por bactérias aeróbias.

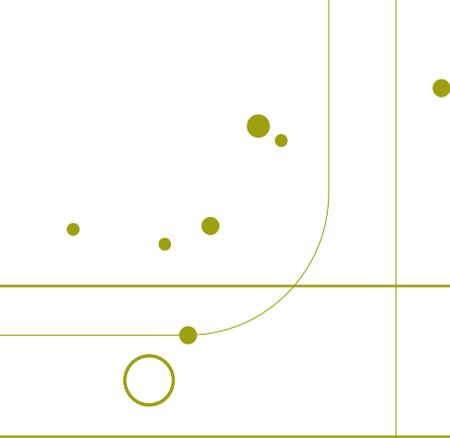


Fonte: Tsutiyo et. al. 1999

O ácido sulfúrico reage com o cimento dos condutos de concreto (em tubos de ferro de sistemas de esgoto, o processo é similar), formando uma pasta que fica fracamente ligada aos agregados inertes do concreto, que se espalha por toda a superfície do conduto acima do nível do líquido. Essa pasta se desprende das paredes do conduto, por seu próprio peso, ou é arrastada pelo líquido quando seu nível sobe. De modo geral, as maiores taxas de corrosão ocorrem na parte superior e nas proximidades da superfície líquida dos condutos.



Fonte: Tsutiyo et. al. 1999



A (ABNT, 1986), de 1986, ao impor o valor mínimo da tensão trativa de 1,0 Pa visa evitar a formação de depósitos de material sólido nas tubulações e minimizar a formação do limo biológico nas paredes das tubulações, evitando – ou minimizando – a geração de sulfetos no sistema de coleta e transporte de esgoto.

A escolha adequada de materiais para a construção das tubulações de esgoto e a limpeza periódica de trechos críticos são medidas que podem contribuir para a minimização da produção de H_2S no esgoto sanitário.

Odor e outros efeitos devido aos gases em esgoto sanitário

Em sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário, a ocorrência de gases pode ser decorrente da sua chegada aos condutos de esgoto por vazamento de gás natural ou manufaturado, vapores de gasolina, monóxido de carbono, gases provenientes de despejos industriais, ou pela liberação de gases produzidos pelas transformações biológicas que ocorrem no sistema, em que o sulfeto de hidrogênio é o mais importante deles.

Uma das conseqüências da presença de gases mal cheirosos do esgoto em sistemas de coleta e transporte é o perigo potencial para os trabalhadores. Gases inodoros em sistemas de esgoto também podem ser tóxicos.

Outro efeito da presença de gases em esgoto sanitário é o perigo de explosões que podem resultar da ignição de gases, como o metano.

Os procedimentos para o controle dos gases de esgotos incluem: controle na fonte do lançamento de despejos industriais que possam gerar gases indesejáveis no esgoto; projeto adequado da rede coletora de esgoto, ventilação e saída de gases para evitar o seu acúmulo no sistema; aeração ou introdução de oxigênio ou peróxido de hidrogênio ou nitrato, de modo a se ter o oxigênio como receptor de hidrogênio e se evitarem transformações biológicas tipicamente anaeróbias, como no caso da geração de sulfetos.

Identificação de ligações clandestinas

Observa-se, na prática, a indesejável ocorrência de uma grande quantidade de ligações clandestinas, algumas lançando esgotos nos sistemas de águas pluviais e outras lançando águas de chuva nos sistemas de esgotos sanitários. Devido à existência de tais ligações, os sistemas nem sempre são totalmente separadores. As ligações clandestinas trazem problemas à operação de sistemas de esgotamento e de águas pluviais.



Refleta e se manifeste...

Como são identificadas as ligações clandestinas de esgotos e de contribuições indevidas de águas parasitárias na prestadora de serviço em que você trabalha?

Vamos discutir a execução de cadastro de redes coletoras de esgoto!

Cadastro de rede coletora de esgotos



Refleta e se manifeste...

Como é feito o cadastro na prestadora de serviço de esgotamento sanitário em que você trabalha? Qual a finalidade dos cadastros? Que informações contém o cadastro utilizado na prestadora de serviço de esgotamento sanitário em que você trabalha?

O cadastro das redes coletoras deve conter as informações básicas para subsidiar as obras de manutenções do sistema ou mesmo para auxiliar na elaboração de projetos de outras prestadoras de serviço. Deve conter dados, como: tipo de material; diâmetro; profundidade; afastamento do meio fio; tipo de pavimento; distância de pontos notáveis, como PV ou demais aparelhos urbanos, como postes; dados de demais instalações subterrâneas, como redes de água, drenagem, energia, telefonia.

Lívia qual legenda devo devo inserir nas indicações?



Vamos verificar uma planta com cadastro de uma rede coletora de esgotos!

O modelo de cadastro utilizado pela prestadora de serviços em que você trabalha contém todas as informações necessárias? Alguma informação importante tem ficado sem registro?

O primeiro cuidado que se deve ter, quando do planejamento dos serviços de operação e manutenção de redes coletoras, é com relação às possíveis interferências com outras obras enterradas (redes de água, luz, telefone, gás, galerias de águas pluviais). Antes de qualquer serviço, as plantas de cadastro devem ser examinadas para verificar possíveis interferências e, conseqüentemente, evitar acidentes.

Discutimos alguns problemas usuais nas redes coletoras de esgotos e as atividades que devem ser realizadas para corrigi-los, além de aspectos referentes a execução de cadastro de rede coletora de esgotos. Vamos, agora, tratar do planejamento dos serviços.

Planejamento dos serviços de operação e manutenção de redes coletoras de esgotos



Refleta e se manifeste...

No local onde você trabalha, é realizado algum tipo de planejamento dos serviços de operação e manutenção de redes coletoras de esgotos? Como é feito esse planejamento?

Uma obra de manutenção de rede de esgotos deve ser objeto de muita atenção, visto que promove problemas no tráfego, ruído de máquinas e equipamentos, sujeira, mau cheiro, risco de acidentes, além da presença de curiosos que circulam nas proximidades. Desta forma há necessidade de planejamento de forma que tenha a duração mais curta possível visando minimizar os impactos causados junto à sociedade e ao meio ambiente.

Deve-se fazer o planejamento, estando de posse do cadastro da rede bem como das possíveis interferências com outras instalações subterrâneas, plano de desvio do tráfego, definição do local de bota-fora do material escavado, disponibilidade de material para o reaterro de vala, dimensionamento de materiais e equipamentos em perfeitas condições de operação e principalmente pessoal qualificado e munido de equipamentos de proteção individual e coletiva.

O planejamento das atividades a serem executadas economiza tempo, diminui as chances de se refazer o serviço e aumenta a qualidade do trabalho realizado.

Veja se os procedimentos apresentados a seguir fazem parte da sua rotina de trabalho.

Instalação do canteiro de obras

O canteiro de obras deve ser instalado com cuidado, para que seja um local de trabalho adequado e para que não ofereça risco aos trabalhadores nem aos habitantes do local.



Refleta e se manifeste...

Quais cuidados são tomados na instalação do canteiro de obras, em seu serviço?

Sinalização da obra

Devem ser utilizadas placas de sinalização indicando obras no local, principalmente no caso de valas abertas. No caso de interferência no tráfego de veículos, devem-se colocar placas nas redondezas indicando a localização do ponto de bloqueio de trânsito e os desvios.

Também é necessária a instalação de placas com avisos de segurança para os trabalhadores, com lembretes de normas, organização e uso dos equipamentos de proteção individual e coletiva.



Na Bacia Hidrográfica Virtual, você encontrará um jogo sobre sinalização de obras!

A sinalização é muito importante para a segurança no trabalho. Obedeça a ela e mantenha-a sempre visível.

Transporte e manuseio de tubulações

Refleta e se manifeste...



Para transportar e manusear tubulações, são necessários alguns cuidados. Você sabe quais são os cuidados que devem ser tomados na estocagem, no transporte e manuseio de tubulações? Você conhece as conseqüências da falta desses cuidados?

Locação de vala

Os passos para a locação das valas são:

- Marcação do eixo da vala.
- Marcação das paredes laterais das valas a partir do eixo.
- Pintura das delimitações das paredes das valas.

Remoção de pavimento

As obras de manutenção dependem da disponibilidade de equipamentos do órgão responsável, podendo ser eminentemente manuais ou utilizando equipamentos com tecnologia mais avançada, mas buscando sempre atentar para a segurança dos empregados.

Quando não existem equipamentos, a remoção do pavimento costuma ser feita por um profissional operando uma picareta ou um martelo demolidor, com posterior remoção do entulho com uma pá. Atualmente existem serras circulares que são utilizadas para o corte de pavimento asfáltico ou de concreto.



Valas maiores costumam ser abertas utilizando-se a própria retroescavadeira que será utilizada na remoção de terra.



Refleta e se manifeste...

No serviço em que você atua, o problema dos resíduos gerados durante os serviços de operação e manutenção nas redes coletoras de esgotos é evitado ou pelo menos minimizado? E na sua casa, como você trata a questão dos resíduos?

Infelizmente, boa parte do entulho gerado pelas construções, manutenções e reformas são depositados em disposições clandestinas, que são locais onde terra, entulho e outros tipos de resíduos, como podas e objetos volumosos, são lançados sem cuidados técnicos ou ambientais e sem a permissão dos proprietários (particulares ou poder público), o que compromete os sistemas de drenagem pluvial e de estabilização dos maciços. Essas disposições clandestinas também são conhecidas como bota-fora clandestino.

Escavação e escoramento de vala

A escavação e o escoramento das valas devem ser realizados com cuidado, adotando-se as técnicas necessárias de escavação e de escoramento, de acordo com o tipo de solo do local.

Refleta e se manifeste...



O que significa método destrutivo e método não destrutivo de escavação?
Quais as vantagens e desvantagens de cada método de escavação?

A escavação a céu aberto, também chamado de **método destrutivo**, como o próprio nome diz, é aquela em que a vala é aberta desde a superfície do terreno até o ponto de instalação dos tubos. É a forma mais utilizada, apesar dos transtornos que traz para o trânsito de veículos e de pedestres.

As escavações a céu aberto podem ser executadas manualmente ou mecanicamente. As escavações manuais são feitas com ferramentas do tipo enxada, pá e picareta. A escavação mecânica é tida como a mais econômica. No entanto, em locais com interferências não muito bem delineadas, pode ser necessária a escavação manual.



A escavação mecânica é mais difícil de controlar e, às vezes, pode provocar a quebra ou destruição das outras redes interferentes. Os equipamentos mais utilizados são: retroescavadeiras, escavadeiras hidráulicas, *drag-lines* (para raspagem em terrenos pouco consistentes e de difícil acesso), pás-carregadeiras (para carga de material solto dos caminhões).



O **método não destrutivo** utiliza máquinas especiais que perfuram o subsolo horizontalmente, entre dois poços de acesso, por onde serão passadas as tubulações. Dessa forma, não é necessário rasgar toda a extensão do piso sob o qual passará a instalação. Ressalta-se que o método não destrutivo é utilizado apenas para a implantação de redes e nunca para manutenção, que só é possível pelo método destrutivo.

Esse método é extremamente útil em travessia de vias de grande tráfego, uma vez que o trânsito de veículos não será prejudicado pelas obras. A execução por esse método também

evita a reposição do pavimento por abertura de valas, reposição esta que nem sempre é igual à situação original do pavimento. O método não destrutivo só deve ser utilizado em situações especiais, nas quais pode se tornar viável técnica e economicamente.

Quais métodos não destrutivos você conhece? Vamos comentar, um pouco, o funcionamento dos métodos não destrutivos.

As obras de assentamento das tubulações de esgoto sanitário geralmente são demoradas. Para minimizar os transtornos ao público, deve-se trabalhar preferencialmente em trechos curtos (PV a PV), de modo que as valas possam ser rapidamente reaterradas. Quando necessário, deve-se prever a colocação de tapumes, com sinalização diurna e noturna para evitar acidentes, sempre preservando a entrada de garagens e os cruzamentos com outras vias por meio de passadiços de madeira ou metálicos.



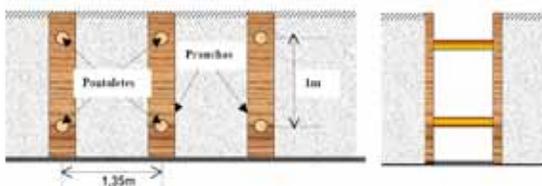
Refleta e se manifeste...

Que tipos de escoramento são utilizados nos serviços de manutenção das redes coletoras? Em qual situação cada tipo de escoramento é utilizado?

O escoramento das paredes laterais das valas é necessário para evitar a ruptura do solo, cuja ocorrência pode causar transtornos ao bom andamento dos serviços, bem como e, principalmente, pôr em risco vidas humanas.



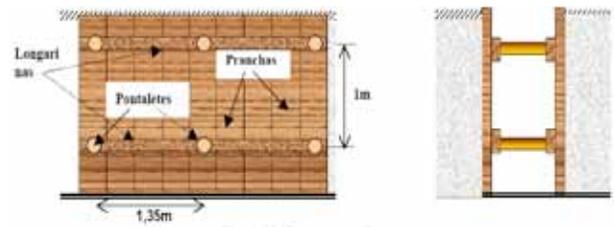
Alguns tipos de escoramento são apresentados a seguir.



Pontaletamento de madeira

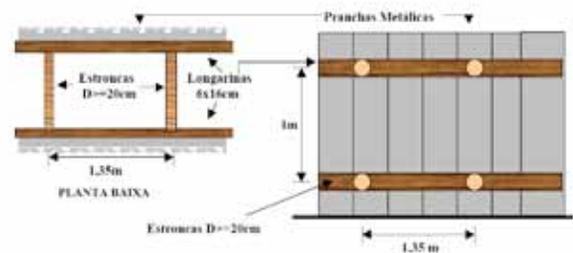
Pontaletamento de madeira: constitui-se de tábuas espaçadas, travadas horizontalmente com estroncas espaçadas verticalmente. É utilizado em solos coesivos, geralmente em cota superior à do lençol freático e em profundidades menores.

Escoramento comum contínuo: são tábuas cobrindo toda a superfície lateral da vala, travadas horizontalmente por longarinas espaçadas verticalmente, que, por sua vez, são travadas com estroncas espaçadas verticalmente. Esse tipo de escoramento é utilizado em escavações de solos arenosos, sem coesão, ou quando alguma circunstância exige uma condição estanque das paredes da vala.



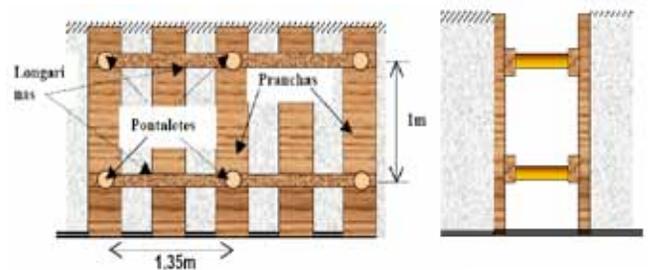
Escoramento comum contínuo

Escoramento contínuo metálico: a superfície lateral da vala será contida por perfis metálicos verticais, encostados uns aos outros, travados horizontalmente por longarinas metálicas em toda a sua extensão e pontaletes metálicos. A cravação dos perfis metálicos poderá ser feita por bate-estacas (queda-livre), martelo vibratório ou pré-furo.



Escoramento contínuo metálico

Escoramento descontínuo: são tábuas pouco espaçadas na superfície lateral da vala, travadas horizontalmente por longarinas espaçadas verticalmente, que, por sua vez, são travadas com estroncas espaçadas verticalmente. Esse tipo de escoramento é utilizado em solos coesivos, geralmente em cota superior ao nível do lençol freático.



Escoramento descontínuo

Escoramento especial: constitui-se de estacas pranchas, do tipo macho e fêmea, que cobrem toda a superfície lateral da vala, travadas horizontalmente por longarinas espaçadas verticalmente, que, por sua vez, são travadas com estroncas espaçadas verticalmente.

Grande parte dos acidentes de trabalho, com morte por soterramento, ocorre durante serviços executados por equipes de manutenção de redes coletoras de esgoto. Não trabalhe em valas onde não tenha sido feito o escoramento adequado.

Regularização do fundo da vala

O fundo da vala deve ser regular e uniforme, obedecendo à declividade prevista no projeto, isento de saliências ou reentrâncias, a fim de evitar o rompimento dos tubos por esforços externos pontuais.



Refleta e se manifeste...

Como é feita a regularização do fundo da vala onde serão assentadas as tubulações de esgoto, no serviço em que você atua?

Eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obterem as mesmas condições de suporte do fundo da vala normal.

Sempre que necessário, deverão ser escavados pequenos rebaixamentos (nichos) ao redor das bolsas dos tubos, para evitar que estas funcionem como apoios localizados (cutelos) das tubulações, que podem causar o rompimento externo dos tubos.



Nichos de fundo de vala

A figura a seguir mostra um fundo de vala impróprio para assentamento de tubulações.



Fundo de vala impróprio para assentamento de tubulações

Assentamento das tubulações de esgoto

Refleta e se manifeste...

Como é realizado o assentamento das tubulações de esgoto? Quais tipos de juntas são utilizados nas tubulações de esgoto? Que cuidados devem ser tomados durante o assentamento das tubulações?



Reaterro da vala

Após o assentamento da tubulação, inicia-se o reaterro de valas que, deve ser feito inicialmente com material isento de pedras, até a metade da seção do tubo e compactado manualmente com soquete de madeira. Posteriormente, toda a tubulação é coberta com o mesmo material e também adotando a compactação manual até que o tubo tenha o

recobrimento de 0,20 m. A partir daí pode-se utilizar material menos nobre e a compactação pode ser feita com aplicação de compactadores mecânicos, até a borda da vala, sempre em camadas de 0,20 cm.



Pode-se também aplicar material de baixa coesão como areia e adotar compactação hidráulica. Atualmente em alguns centros urbanos são utilizados materiais reciclados da construção civil ou obras municipais, quando o material é triturado e comercializado para este tipo de aplicação, que resulta em grande economia de materiais de reaterro de valas.



Refleta e se manifeste...

Quais são os passos para a execução do reaterro das valas, no serviço em que você atua?

Recomposição do pavimento

A recomposição de pavimentos deverá ser realizada com a maior brevidade possível após a conclusão do reaterro, para permitir o restabelecimento do tráfego normal, no local de execução da obra ou serviço.

Os materiais para a recomposição de pavimentos deverão ser, preferencialmente, da mesma natureza daqueles que existiam no pavimento demolido.



Qual o prazo máximo, no seu serviço, para a recomposição do pavimento?

Limpeza final do local da obra

A limpeza deve ser uma constante durante o tempo de execução da obra. Restos de madeira, asfaltos, pedra etc. devem ser removidos para bota-fora conveniente (aterros específicos). Após a execução de todos os serviços, deverá ser procedida a imediata limpeza do local de sua execução.



A imediata limpeza do local da obra é uma providência muito importante para evitar mais incômodos à vizinhança e também riscos de acidentes. Contribui, igualmente, para a boa imagem da empresa encarregada da execução ou contratação da obra ou serviço.

Vamos discutir, um pouco, a manutenção preventiva e corretiva!

Manutenção preventiva e corretiva

O bom funcionamento das redes coletoras de esgoto depende substancialmente de um adequado programa de manutenção, que deve prever ações de caráter preventivo. Quando ocorrerem problemas ou inconformidades, o programa deve considerar, também, as ações corretivas necessárias. Para iniciar esse assunto, vamos realizar a atividade proposta a seguir.



Refleta e se manifeste...

Dê exemplos de manutenção preventiva e de manutenção corretiva. Em qual delas o grau de dificuldade das atividades relacionadas é maior?

A manutenção corretiva é uma forma menos racional e pouco eficiente de cuidar das redes coletoras de esgoto. Isso porque esse tipo de manutenção reativa pode levar a um constante estado de “apagar fogo”. Nesse caso, o fogo é a rede coletora avariada e apagar o fogo é o restabelecimento do estado normal ou parcialmente normal da operacionalidade da rede coletora. Em outras palavras, somente quando a consequência do problema aparece, é que se busca a solução parcial ou total para aquilo que causou o problema.

Soluções parciais em manutenções corretivas geram o imprevisto, o que pode gerar novas manutenções corretivas no futuro. É verdade que, quando se improvisa, pode-se evitar a paralisação da operação, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve ser evitada por meio de métodos preventivos.

Com o propósito de evitar operações não planejadas, de última hora, que freqüentemente são exigidas para desobstruções e reparos ou limpezas de emergência, é de extrema importância a existência de um serviço de manutenção preventiva, isto é, trabalhos rotineiros e previamente programados que têm como objetivo manter o sistema de esgotos operando integralmente, ou seja, com as mesmas características de funcionamento para as quais foi projetado e construído.

As manutenções preventivas em redes coletoras de esgotos têm como início o cadastro, como citado anteriormente. De posse do cadastro é de grande valia o registro de todas as ocorrências verificadas nos trechos críticos das redes, por exemplo, redes com problemas de refluxo e histórico de entupimento. Uma boa prática é identificar os locais críticos do sistema onde ocorre reincidência de entupimento por gordura e programar sistematicamente a lavagem da rede através de caminhão hidrojateador. Outra medida preventiva é promover inspeções nos imóveis potencialmente contribuintes de gordura e orientá-los a construir e promover a limpeza da caixa de gordura sistematicamente.

Vamos discutir, um pouco, a prevenção de acidentes nos serviços de operação e manutenção de redes coletoras de esgoto.

Prevenção de acidentes de trabalho

Refleta e se manifeste...



Vamos iniciar a nossa discussão sobre prevenção de acidentes relatando acidentes sofridos ou presenciados. O que poderia ter sido feito para que esses acidentes fossem evitados?

O que é um acidente?

Para o trabalhador:

- Sofrimento físico.
- Incapacidade para o trabalho.
- Desamparo para a família.

Para a empresa:

- Dificuldades com as autoridades.
- Má reputação perante a sociedade.
- Gastos com primeiros socorros e transporte de acidentados.
- Danificação ou perda de máquinas, equipamentos e material.

Para a sociedade:

- Aumento do número de pessoas aposentadas por invalidez e, conseqüentemente, dos impostos e do custo de vida.

Medidas de proteção coletiva (MPC) englobam equipamentos, ações ou elementos para proteção dos trabalhadores contra os riscos de acidentes. Equipamentos de proteção coletiva (EPC) são estruturas ou dispositivos protetores montados em locais de trabalho ou em máquinas ou equipamentos, onde existem riscos comuns e gerais que podem afetar um ou vários trabalhadores.

As MPC envolvem, portanto, além dos EPC, outras providências que visam à proteção coletiva, enfocando mudanças de atitudes, comportamentos, hábitos e maneiras de se fazerem as coisas.

Faça uma lista dos equipamentos de proteção coletiva (EPC) que você conhece e daqueles que você utiliza.

.....

.....

.....

Equipamentos de proteção individual (EPI) são todos dispositivos de uso individual, destinados a proteger a integridade física do trabalhador.



Faça uma lista de equipamentos de proteção individual (EPI) que você conhece e daqueles que você utiliza

.....

.....

.....

Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA): tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a compatibilizar permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.

Vamos finalizar o nosso roteiro de procedimentos!

Atividade em grupo



A partir das discussões realizadas nas duas partes anteriores do roteiro de procedimentos e de todos os assuntos abordados nessa oficina, cada grupo deverá montar um roteiro de procedimentos de determinada atividade, contendo as seguintes abordagens:



- Atividade de operação e manutenção.
- Tempo previsto para sua execução.
- Equipamentos de segurança que deverão ser utilizados.
- Possíveis ferramentas e equipamentos a serem utilizadas.
- Possibilidade da utilização de equipamentos alternativos na falta dos equipamentos sugeridos.
- Quantidade de funcionários requerida e quais os seus níveis.
- Possíveis causas de ocorrência do problema.
- Cuidados especiais a serem tomados.
- Possíveis erros a serem cometidos.
- Detalhamento da execução da atividade.
- Informações adicionais.

Finalizamos o nosso último conceito-chave. Esperamos que esta oficina de capacitação tenha proporcionado a atualização de seus conhecimentos e a troca de experiências com seus colegas e que o fruto disso seja traduzido em melhorias nas atividades de operação e manutenção de redes coletoras de esgotos.

Encerramento

Vamos terminar a nossa oficina de capacitação discutindo as seguintes questões:

Qual a situação do esgotamento sanitário no Brasil? Quais os índices de atendimentos nacionais, regionais e locais de coleta e tratamento de esgotos? Qual a importância do seu trabalho para a qualidade de vida das pessoas e para o meio ambiente?

Chegamos ao final da nossa oficina. Esperamos que os assuntos abordados tenham acrescentado informações úteis a você, como cidadão e como trabalhador.

Para saber mais...

Para obter mais informações sobre “Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos”, consulte a bibliografia listada a seguir.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-9649, Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, 1986, 7p.

BARROS, R. T. V.; CASSEB, M. M. S.; CASTRO, A. A.; CHERNICHARO, C. A. L; COSTA, A. M. L. HELLER, L.; MÖLLER, L. M.; von SPERLING E.; von SPERLING, M.. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, v.2, 1995, 221p.

TSUTIYA, M. T. ; ALEM SOBRINHO, P. . COLETA E TRANSPORTE DE ESGOTO SANITÁRIO. SÃO PAULO: WINNER GRAPH, 1999. V. 1. 547 P.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).



Roteiro de procedimentos





Roteiro de procedimentos de operação e manutenção

