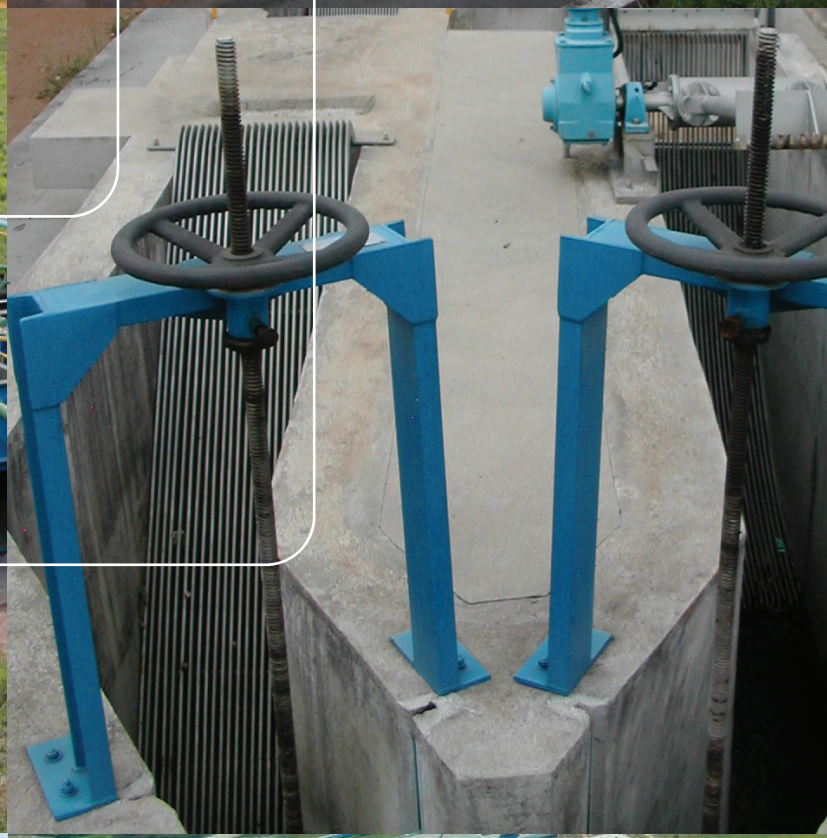
Esgotamento sanitário

Processos de tratamento de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCESA



18-ES-PTE-2

Realização

NUCASE
NÚCLEO DE CAPACITAÇÃO DO SUDESTE

UNICAMP

UFRJ

Organização

FINEP
FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PMSS

Promoção

ReCESA

BRASIL
UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL

Esgotamento sanitário

Processos de tratamento de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

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 Jundiaí
- 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
- Sudecap/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

Esgotamento sanitário

Processos de tratamento de esgotos

Guia do profissional em treinamento

Nível **2**

P963 Processos de tratamento de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 2 / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília : Ministério das Cidades, 2008.
118 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 – Tratamento. 3. Esgotos domésticos. 3. Água – Poluição. 4. Água e esgoto. I. Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. II. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental.

CDD – 628.1

Catalogação 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 Carlos Augusto de Lemos Chernicharo | Edson Aparecido Abdul Nour
Consultores Lívia Cristina da Silva Lobato (conteudista) | Izabel Chiodi Freitas (validadora)

Bolsistas Thiago Borges Gomes Moreira | Roberto da Silva Souza

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 nesta 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".

Comitê gestor da ReCESA

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 terão 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 a profissionais da área de saneamento que raramente têm oportunidade de receber treinamento e atualização profissional.

Coordenadores da área temática esgotamento sanitário

Sumário

Introdução 11
Geração e caracterização de esgotos 15
Consumo de água e geração de esgotos 15
Caracterização dos esgotos domésticos 18
Caracterização dos efluentes industriais 26
Carga de poluentes 29
Impactos do lançamento de esgotos nos cursos d'água 31
Poluição e contaminação das águas 31
Poluição por matéria orgânica (autodepuração dos cursos d'água) 35
Contaminação por microrganismos patogênicos 43
Eutrofização 45
Padrões ambientais: padrão de lançamento e padrão de corpos d'água 48
Processos de tratamento de esgotos 51
Sistemas de esgotamento sanitário 51
Sistemas de tratamento de esgotos 56
Escolha do processo de tratamento de esgotos 106
Demanda por sistemas simplificados de tratamento de esgotos 111
Importância do controle operacional 112
Encerramento 114
Para saber mais 117

Introdução

Olá, Profissional!

Você já parou para pensar por que os esgotos têm de ser tratados?

A ausência de serviços de saneamento afeta grande parte da população brasileira, prejudicando a saúde das pessoas e causando danos ao meio ambiente. Nesse quadro, a disposição inadequada de lixo, associada à carência de um adequado gerenciamento das águas de chuva, além da falta de acesso à água potável e de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários, prejudicam a qualidade de vida das pessoas e dificultam o progresso social.

Nesta oficina de capacitação, vamos dar atenção especial aos processos de tratamento de esgotos.

Esta oficina de capacitação busca 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 e da saúde da população. Você verá que os assuntos abordados têm tudo a ver com o seu trabalho, com a sua comunidade e com seus hábitos.

Você é um profissional que, certamente, já passou por muitas experiências importantes em seu trabalho e na sua casa. Apostamos que tem muito a ensinar, aprender e trocar conosco e com os seus colegas. Para subsidiar as nossas discussões, elaboramos este guia, organizado em três conceitos-chave. São eles:

- Geração e caracterização de esgotos.
- Impactos do lançamento de efluentes nos cursos d'água.
- Processos de tratamento de esgotos.

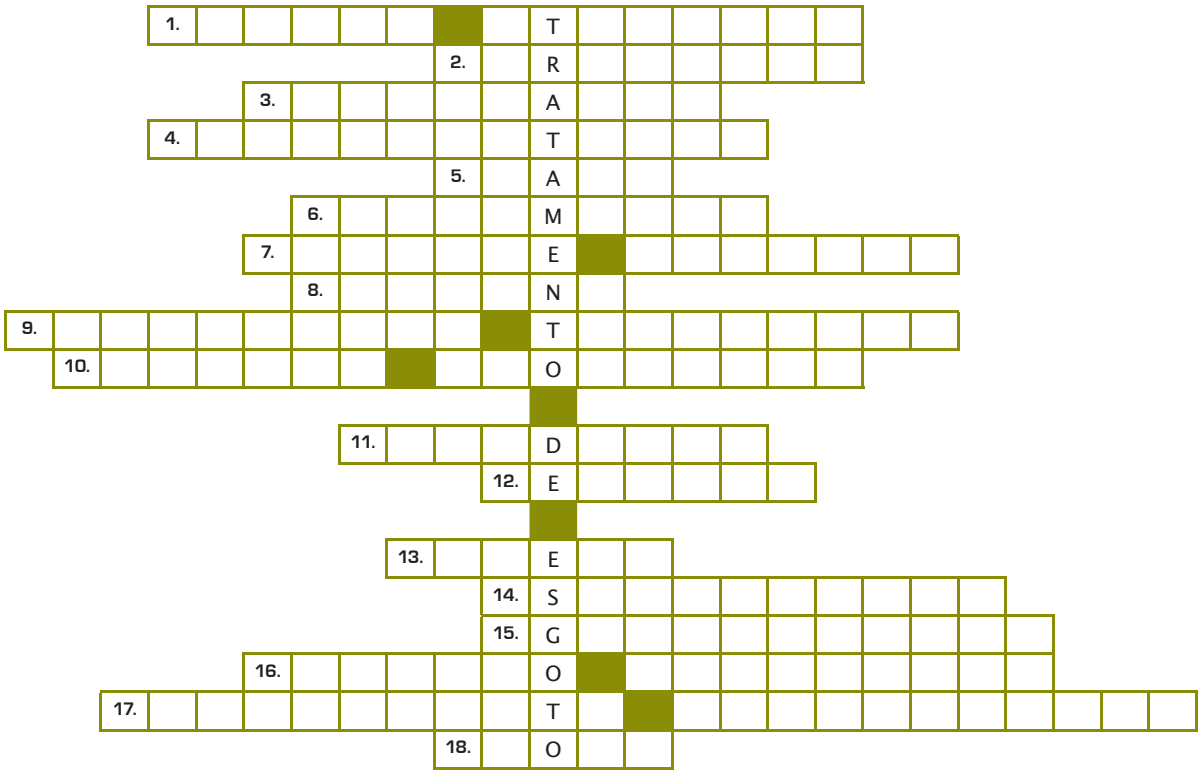
A função deste guia é orientá-lo durante a oficina de capacitação. Para tal, apresentamos os objetivos, as orientações para as atividades propostas e os assuntos abordados, para cada conceito-chave.

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!**

Antes de começarmos o nosso primeiro conceito-chave, vamos realizar as atividades propostas a seguir, demonstrando seus conhecimentos sobre o tema.

Palavras Cruzadas



1. Processo de tratamento que apresenta complexidade operacional, nível de mecanização e consumo energético elevados, mas com baixos requisitos de área e elevada qualidade do efluente. ☐

2. O tratamento ☐ visa à remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, remove também parte da matéria orgânica.

3. O principal objetivo das lagoas de ☐ é o da remoção de organismos patogênicos, e não da remoção adicional de DBO.

4. Bactérias ☐ têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio livre.

5. Processo de tratamento em que a matéria orgânica é convertida anaerobicamente por bactérias dispersas no reator (sigla) ☐

6. As lagoas de ☐ são utilizadas como pós-tratamento dos reatores UASB.

7. ☐ é basicamente um decantador, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, no qual são estabilizados em condições anaeróbias.

8. Principal constituinte do biogás gerado no tratamento de esgotos por processos anaeróbios. ☐

9. Estrutura presente nos reatores UASB que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos (biomassa). ☐

10. Um ☐ compreende um leito de material grosseiro sobre o qual os esgotos são aplicados sob a forma de gotas ou jatos.

11. Processo de tratamento em que a biomassa cresce aderida a um meio suporte, o qual é constituído por discos. ☐

12. A ☐ ,subproduto de alguns processos de tratamento, é constituída de materiais diversos, sendo, conseqüentemente, bastante heterogênea e de difícil degradação.

13. Evitar abrasão nos equipamentos e tubulações é uma das finalidades da remoção de ☐ .

14. O objetivo do tratamento ☐ é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes.

15. Unidade constituinte do tratamento preliminar. ☐

16. Processo de tratamento em que o fluxo do líquido é ascendente e a biomassa cresce aderida a um meio suporte. ☐

17. Processo de tratamento que consiste na aplicação, controlada, da descarga de águas residuárias, fazendo-as escoarem, no solo, rampa abaixo, até alcançar canais de coleta. ☐

18. Um dos subprodutos sólidos gerados no tratamento de esgotos. ☐

Vamos, agora, discutir algumas questões relacionadas ao seu trabalho!

Reflita e se manifeste...

Por que os esgotos devem ser tratados? Qual é a importância do seu trabalho para a preservação dos cursos d'água? E para a saúde das pessoas?

Agora que já começamos a discutir o tema da oficina, vamos abordar o nosso primeiro conceito-chave.

Geração e caracterização de esgotos

OBJETIVOS:

- Discutir o consumo de água e a geração de esgotos.

- Apresentar os conceitos de quota *per capita* de água e coeficiente de retorno.

- Apresentar e discutir os principais parâmetros de caracterização de esgotos.

No seu cotidiano, você sabe quantas vezes você escova os dentes, toma banho, faz refeições etc. Mas você sabe quanta água consome por dia em suas atividades? E para onde vai a grande parte da água consumida? Para o esgoto, é claro! Então, quanto esgoto você gera? Multiplique isso pelo número de pessoas que residem com você; depois, multiplique 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 de água e a conseqüente geração de esgotos, suas características mais importantes, como também as impurezas presentes nos esgotos e os principais parâmetros utilizados para a sua caracterização.

Consumo de água e geração de esgotos

Vamos iniciar a nossa discussão sobre o consumo de água e a geração dos esgotos realizando a atividade a seguir.

Reflita e se manifeste...

Qual é a quantidade total de água utilizada na sua residência em um dia? Qual é a quantidade de água gasta por uma pessoa da sua casa em um dia? Qual é o percentual de água consumida em sua casa que será retornado em forma de esgoto doméstico?

Durante a atividade anterior, discutiu-se o quanto você e seus colegas consomem de água e geram de esgoto por dia. Mas 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)*. 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, dependendo de diversos fatores.

Vamos, coletivamente, identificar e discutir alguns dos fatores que influenciam o consumo de água.

Fatores	Comentários

O volume de esgotos domésticos gerado é calculado com base no consumo de água dos moradores de uma localidade. Cerca de 80 % da água consumida são transformados em esgoto. Essa fração da água é denominada *coeficiente de retorno "R"* (R = vazão de esgotos/vazão de água).

Os esgotos sanitários não se constituem apenas de esgotos domésticos. Existem ainda outras importantes contribuições, que devem ser consideradas para se garantir o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário como um todo.

Vazão de esgotos sanitários

A vazão de esgotos sanitários que alcança a estação de tratamento de esgotos é composta pela soma de três parcelas: a vazão doméstica, a vazão de infiltração e a vazão industrial.

$$Q_{méd} = Q_{d_{méd}} + Q_{inf} + Q_{ind}$$

A **vazão doméstica** média de esgotos ($Qd_{méd}$) em uma determinada localidade, geralmente, é constituída pelos esgotos gerados nas residências, no comércio e nos equipamentos públicos e instituições presentes na localidade.

A partir da população de projeto (Pop), da quota *per capita* (QPC) e do coeficiente de retorno (R), a vazão doméstica média pode ser obtida da Fórmula a seguir:

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

É bom lembrar que a magnitude da vazão doméstica varia substancialmente ao longo das horas do dia, dos dias da semana e dos meses do ano.

A **vazão de infiltração (Q_{inf})** é constituída por contribuições indevidas nas redes coletoras de esgotos que podem ser originárias do subsolo (infiltrações) ou podem vir do encaminhamento inadequado de águas pluviais (águas de chuva). Essa água adentra na rede coletora através de tubos defeituosos, juntas, conexões, poços de visita etc.

Usualmente, a vazão de infiltração é quantificada na forma de uma taxa de infiltração por comprimento de rede. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em sua Norma Brasileira (NBR) 9649, cita a faixa de 0,05 a 1,0 L/s.km.

A **vazão industrial** depende do tipo e porte da indústria, do grau de reciclagem da água, da existência de pré-tratamento etc.

Discutimos as três parcelas que contribuem para os esgotos sanitários, quais sejam, vazão doméstica, vazão de infiltração e vazão industrial. Vamos, agora, considerando essas parcelas, 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
Coeficiente de retorno: 0,8
Comprimento da rede coletora de esgotos: 30 km
Vazão industrial: 2 L/s

Agora já sabemos como se determina a quantidade de esgotos gerados numa localidade. Você sabe quais são os poluentes presentes nos esgotos? A caracterização dos esgotos é importante para a concepção do sistema de esgotamento sanitário, sendo fundamental para sabermos o potencial dos esgotos como poluidor e contaminador das águas e, também, o que fazer para reduzir 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

Quais as impurezas que vocês esperam encontrar no tanque, na máquina de lavar roupa, na pia de cozinha, no vaso sanitário, na pia do banheiro e no chuveiro?

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 domésticos

As características dos esgotos são relacionadas aos usos aos quais a água foi submetida. Esses usos e a forma como são exercidos variam com o clima, hábitos da população, situação cultural, social e econômica. 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.

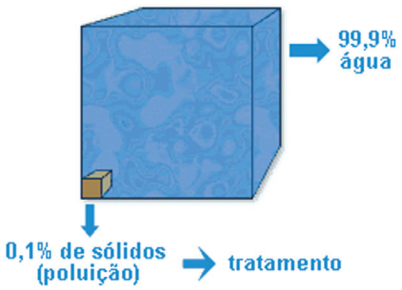
Reflita e se manifeste...

O serviço onde você atua trabalha com algum desses parâmetros? Quais impactos sobre o meio ambiente e quais 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.



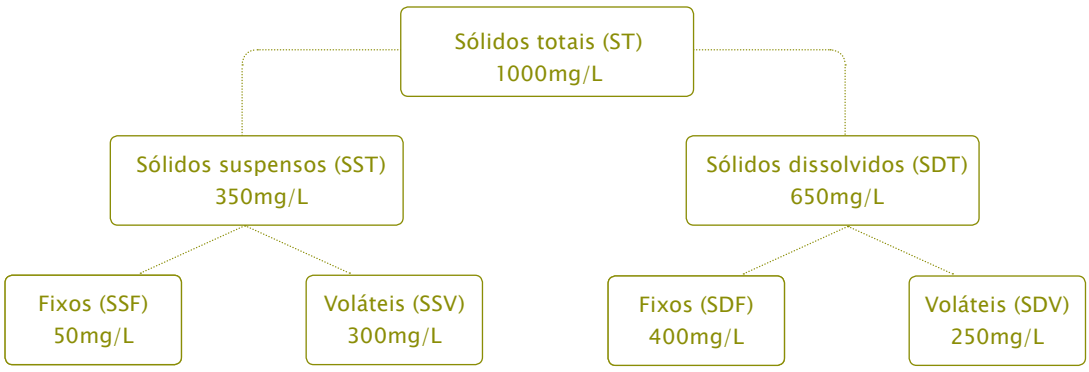
Vamos, coletivamente, completar o quadro a seguir com os parâmetros e a descrição de acordo com a forma de classificação dos sólidos presentes nos esgotos domésticos.

Forma de classificação	Parâmetro	Descrição
Características físicas		
Características químicas		
Sedimentabilidade		

Os sólidos voláteis (SV) representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos e os sólidos fixos (SF) representam a matéria inorgânica.

A seguir é apresentada, em termos de composição média, uma distribuição típica dos sólidos constituintes do esgoto bruto.

Distribuição típica dos sólidos constituintes do esgoto bruto

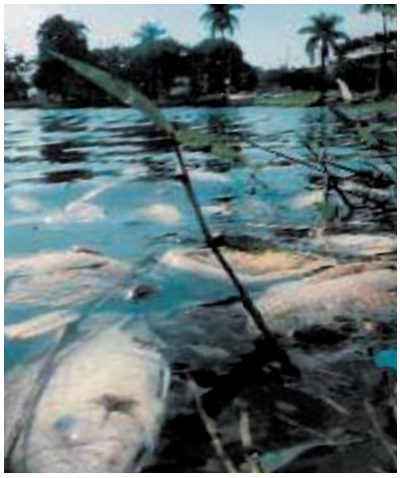


Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

Indicadores de matéria orgânica

A matéria orgânica é encontrada em grandes quantidades nos esgotos domésticos, e 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 têm-se condições de anaerobiose (ausência de oxigênio), com possível geração de maus odores.



Mortandade de Peixes

Vamos completar o quadro a seguir com as frações da matéria orgânica de acordo com a classificação.

Classificação quanto a forma e tamanho	
Classificação quanto à biodegradabilidade	

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).

A DBO retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica.

A DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica.

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:
DBO = 250 – 400 mg/L
DQO = 450 – 800 mg/L

Você sabe o que significa a relação DQO/DBO?

Relação DQO/DBO

A relação DQO/DBO indica a biodegradabilidade do esgoto. No esgoto doméstico bruto, a relação DQO/DBO varia em torno de 1,7 a 2,4.

No esgoto tratado, como a maior parte da fração biodegradável da matéria orgânica é removida na estação de tratamento, a relação DQO/DBO é maior que no esgoto bruto. **Quanto maior a eficiência do tratamento, maior o valor da relação DQO/DBO.** Os valores típicos da relação DQO/DBO nos esgotos tratados são usualmente superiores a 2,5, podendo chegar a 4,0 ou 5,0.

A DBO e a DQO são utilizadas, no monitoramento e na avaliação do desempenho das unidades da ETE, bem como na verificação de atendimento do efluente final aos padrões ambientais de lançamento.

Nutrientes

Os principais nutrientes de interesse para a engenharia sanitária na caracterização de esgotos sanitários são o nitrogênio (N) e o fósforo (P).

O nitrogênio e o fósforo são nutrientes essenciais para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico e, também, para o crescimento de algas e outras plantas aquáticas, podendo provocar a **eutrofização** de lagos e represas. Estão presentes nos esgotos domésticos, nas fezes de animais e em fertilizantes utilizados na agricultura.

A **eutrofização** é o crescimento excessivo de algas, devido ao excesso de nutrientes no curso d'água.

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^-).

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).

Vamos, coletivamente, preencher o quadro a seguir com a forma predominante do nitrogênio de acordo com o estágio da poluição de um curso d'água e de acordo com algumas condições de tratamento em uma ETE.

Condição	Forma predominante de nitrogênio
Esgoto bruto	
Poluição recente	
Poluição intermediária	
Poluição remota	
Efluente de tratamento sem nitrificação	
Efluente de tratamento com nitrificação	
Efluente de tratamento com nitrificação/desnitrificação	

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.

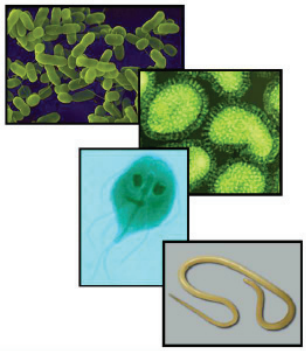
Os processos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato (nitrificação), que eventualmente possa ocorrer em uma estação de tratamento de esgotos ou em cursos d'água, implicam o consumo de oxigênio dissolvido e alcalinidade.

Em efluentes domésticos, o fósforo apresenta-se na forma inorgânica (polifosfato e ortofosfato) proveniente de detergente e outras substâncias químicas domésticas e na forma orgânica (ligada a compostos orgânicos) com origem fisiológica. Outra forma de classificação é em relação aos sólidos: fósforo solúvel (maioria inorgânico) e fósforo particulado (todo orgânico).

Faixas típicas de valores no esgoto bruto:

Nitrogênio total = 35-60 mgN/L
Fósforo = 4-15 mgP/L

Indicadores de contaminação fecal



Alguns dos microrganismos encontrados nos esgotos podem ser patogênicos, ou seja, podem provocar doenças. Os principais grupos de organismos que afetam a saúde pública são: bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Você se lembra de quais são as principais doenças relacionadas com esses organismos, as formas de transmissão e de prevenção? Preencha o quadro a seguir para relembrar.

Grupo de doenças	Principais doenças	Formas de transmissão	Formas de prevenção
Transmissão feco-oral			
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre na água).			
Transmitidas por vetores relacionados com a água			
Helmintos transmitidos pelo solo			

A origem desses organismos patogênicos 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.

Como detectar a presença dos agentes patogênicos em uma amostra de água se usualmente eles estão presentes em baixas concentrações, devido à diluição do despejo no corpo d'água receptor?

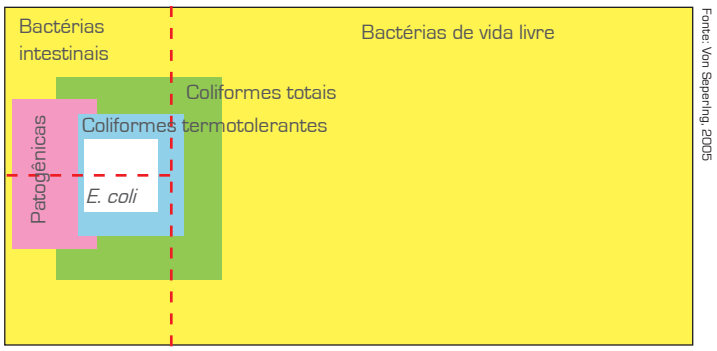
Para contornar o problema da detecção da contaminação da água por agentes patogênicos são utilizados organismos indicadores de contaminação fecal. Esses organismos indicam a provável contaminação da água por fezes humanas ou de animais e, conseqüentemente, a sua potencialidade para transmitir doenças.

Os principais organismos indicadores de contaminação fecal utilizados são os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli*.

Os **coliformes fecais** são um grupo de bactérias indicadoras de organismos predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais. Esse grupo tem como organismo predominante a *Escherichia coli* e, em menor concentração, espécies do gênero *Klebsiella, Enterobacter* e *Citrobacter*. O teste é realizado a uma elevada temperatura, objetivando a supressão de bactérias de origem não fecal, no entanto, é possível a presença dessas bactérias (de vida livre). Por esta razão, prefere-se denominar **coliformes termotolerantes** os coliformes fecais, pelo fato de serem bactérias que resistem às altas temperaturas, mas não são necessariamente fecais.

A ***Escherichia coli*** corresponde à maioria dos organismos do grupo coliforme termotolerantes, sendo abundante nas fezes humanas e de animais. A *Escherichia coli* é a única bactéria que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, no entanto, a sua detecção não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que a *E. coli* pode ser encontrada em fezes de outros animais.

A seguir, apresentamos a representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.



A possível presença de agentes patogênicos ressalta a importância das ações de segurança visando à proteção dos trabalhadores nos processos de tratamento de esgotos, tais como utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) e proteção coletiva (EPC), realizar a vacinação dos trabalhadores, lavar e esterilizar as mãos e as ferramentas utilizadas após as atividades.

Você utiliza equipamentos de proteção individual (EPI) e proteção coletiva (EPC) em seu trabalho?

Vamos, agora, tratar da caracterização dos efluentes industriais!

Caracterização dos efluentes industriais

Os efluentes industriais apresentam uma ampla variação nas suas características. Vamos começar a discutir esse assunto a partir das questões apresentadas a seguir.

Reflita e se manifeste...

Qual a diferença entre o esgoto doméstico e o esgoto industrial? Você sabe como é feito o lançamento de efluentes industriais na sua cidade? É obrigação do poder público tratar o efluente de quem exerce uma atividade lucrativa, por exemplo, indústrias? Você acha que é possível o tratamento dos esgotos domésticos em conjunto com os efluentes indutriais?

Os seguintes aspectos são importantes ao se considerar o tratamento biológico dos efluentes industriais:

- **Biodegradabilidade:** capacidade dos efluentes de serem estabilizados por processos bioquímicos, através de microrganismos.
- **Tratabilidade:** viabilidade dos efluentes serem tratados por processos biológicos.
- **Toxicidade:** determinados efluentes industriais possuem constituintes tóxicos ou inibidores, que podem afetar ou inviabilizar o tratamento biológico.

- **Concentração de matéria orgânica:** A DBO dos efluentes industriais pode ser mais elevada do que a dos esgotos domésticos (despejos predominantemente orgânicos) ou inferior à dos esgotos domésticos (despejos não predominantemente orgânicos, em que é menor a necessidade de remoção da DBO, mas em que o caráter poluidor pode ser expresso em termos de outros parâmetros).

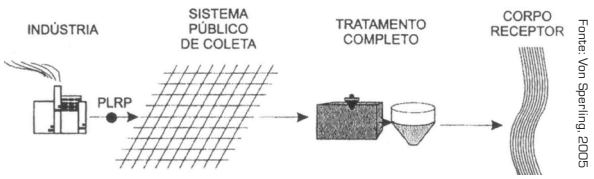
Para efluentes industriais, a relação DQO/DBO varia bastante. Dependendo da magnitude da relação, podem-se tirar conclusões sobre a biodegradabilidade dos despejos e do método de tratamento a ser empregado.

Vamos completar o quadro a seguir!

DQO/DBO	Biodegradabilidade	Tratamento
Baixa (<cerca de 2,5)		
Intermediária (entre 2,5 e 3,5)		
Elevada (>cerca de 3,5 ou 4,0)		

Vamos discutir agora o lançamento de efluentes industriais!

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.

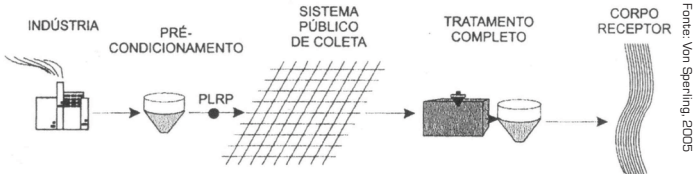


Lançamento na rede pública de coleta de esgotos sem pré-tratamento

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.

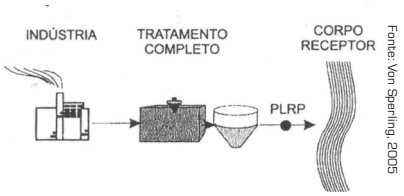
Caso algum poluente possa apresentar um dos problemas citados, a indústria deverá fazer um pré-tratamento, de forma a enquadrá-lo dentro das normas da prestadora dos serviços de saneamento para lançamento na rede pública de coleta.



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

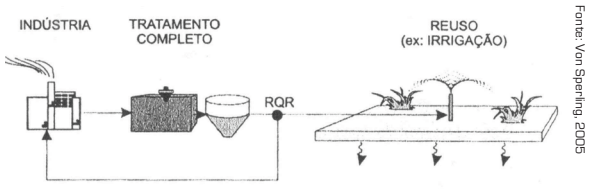
No caso de lançamento de efluente industrial na rede pública de coleta, os serviços de saneamento são responsáveis pelo atendimento aos padrões de qualidade ditados pelo órgão ambiental. Os serviços de saneamento devem ter suas normas específicas para recebimento de efluentes industriais na rede pública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

A indústria pode optar por fazer um tratamento completo, e lançar o efluente industrial diretamente no corpo d'água. Neste 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 como na reciclagem da 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

Vimos os principais parâmetros de caracterização dos esgotos domésticos e industriais, vamos tratar agora da quantificação dos poluentes.

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 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:

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{concentração (g/m}^3\text{) x vazão (m}^3\text{/d)}}{\text{1.000 (g/kg)}}$$

$$\text{Carga (kg/d)} = \frac{\text{população (hab) x carga } \textit{per capita} \text{ (g/hab.d)}}{\text{1.000 (g/kg)}}$$

Para consolidar o conceito de carga de poluentes, realize a atividade a seguir.

Atividade individual

Calcular a carga de DBO afluente a uma ETE, sendo dados:
Concentração: 350 mg/L
Vazão: 50 L/s

Nessa mesma ETE, calcular a concentração de fósforo total, sabendo-se que a carga afluente é de 35 kgP/d

.....

.....

Um importante parâmetro caracterizador dos efluentes industriais é o equivalente populacional (E.P.) que traduz a equivalência entre o potencial poluidor de uma indústria e uma determinada população, a qual produz essa mesma carga poluidora.

$$E.P. = \frac{\text{carga de DBO da indústria (kg/d)}}{\text{contribuição } \textit{per capita} \text{ de DBO (kg/hab.d)}}$$

Para consolidar o conceito de equivalente populacional, realize a atividade a seguir.

Atividade individual

Calcular o equivalente populacional de uma indústria que tem uma carga poluidora de 300 kgDBO/d.

.....

.....

Agora que discutimos as parcelas que compõem a vazão de esgoto sanitário (vazão doméstica, vazão industrial e vazão de infiltração), a caracterização dos esgotos domésticos e efluentes industriais e a quantificação dos poluentes, vamos discutir os impactos do lançamento de esgotos nos cursos d'água.

Impactos do lançamento de esgotos nos cursos d'água

OBJETIVOS:

- Discutir os conceitos de poluição e contaminação das águas.

- Identificar as fontes, as conseqüências e as técnicas de controle da poluição das águas.

- Discutir os fenômenos de autodepuração, de decaimento bacteriano e de eutrofização.

- Apresentar a legislação ambiental.

Nesse conceito-chave vamos discutir aspectos relacionados a poluição e a contaminação das águas, tais como fontes, conseqüências e técnicas de controle. Espera-se com isso proporcionar a você e a seus colegas uma visão ampla e crítica sobre a poluição das águas, dos impactos sobre o meio ambiente, sobre a saúde e qualidade de vida da população.

Vamos discutir, também, os principais impactos decorrentes do aporte de poluentes nos corpos d'água, quais sejam, a redução da concentração de oxigênio dissolvido decorrente da poluição por matéria orgânica, a contaminação por organismos patogênicos e a eutrofização dos corpos d'água.

Vamos começar esse conceito-chave, discutindo os conceitos de poluição e contaminação das águas.

Poluição e contaminação das águas

Reflita e se manifeste...

O que é a poluição das águas? E contaminação?
Quais as fontes de poluição das águas? Quais as conseqüências da poluição das águas?

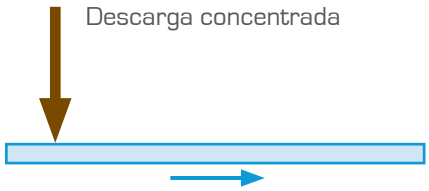
Poluição das águas é a adição de substâncias que alteram a natureza do curso d'água, prejudicando os usos que dele são feitos, a saúde, a segurança e o bem-estar da população

Contaminação é a presença, de seres patogênicos, que provocam doenças, ou substâncias, em concentração nociva ao ser humano.

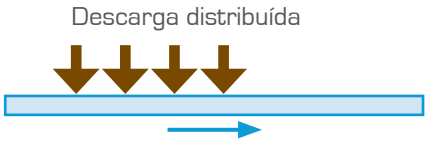
As principais **fontes** de poluição das águas são: esgotos domésticos, esgotos industriais, resíduos sólidos, pesticidas, fertilizantes, detergentes, carreamento de partículas de sólidos e percolação de chorume dos depósitos de lixo.

Uma fonte poluidora pode atingir um curso d'água de duas formas:

Poluição pontual: os poluentes gerados nas grandes cidades e indústrias são coletados e transportados, e atingem o curso d'água de forma concentrada (exemplo: lançamentos de esgotos domésticos ou industriais).



Poluição difusa: os poluentes geralmente transportados pelas águas pluviais entram no curso d'água de forma distribuída ao longo da sua extensão (exemplo: drenagem pluvial urbana; agrotóxicos e fertilizantes utilizados em culturas agrícolas).



br.geocities.com/zuritagao/agrotoxico.htm

A identificação da forma como uma fonte poluidora atinge um curso d'água é importante no estudo do impacto da poluição e na definição da melhor técnica de controle a ser adotada.

Todas essas fontes de poluição trazem conseqüências negativas para o meio ambiente e para a qualidade de vida das pessoas.

Reflita e se manifeste...

No quadro a seguir, associe as técnicas de controle que podem ser toma-
das para evitar as conseqüências apresentadas na primeira coluna.

Consequências	Formas de controle
1 Veiculação de doenças.	☐ Implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos.
2 Prejuízos aos usos da água.	☐ Controle de focos de erosão.
3 Assoreamento.	☐ Recuperação e revitalização de cursos d'água.
4 Eutrofização.	☐ Controle da retirada de água dos cursos d'água.
5 Agravamento dos problemas de escassez da água.	☐ Controle dos usos e ocupação do solo.
6 Elevação do custo do tratamento da água.	☐ Remoção de sedimentos e plantas aquáticas (lagos e represas).
7 Desequilíbrio ecológico e mortandade de peixes decorrente da redução do oxigênio dissolvido na água (autodepuração).	
8 Degradação da paisagem.	

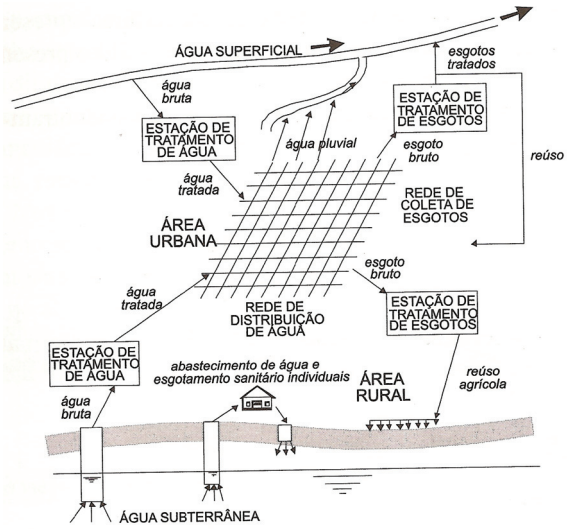
Na análise das possíveis estratégias de controle da poluição das águas é fundamental que se considere todo o entorno do curso d'água, para efeito do planejamento das atividades a serem realizadas.

Vimos que os esgotos domésticos e industriais e as águas pluviais (drenagem urbana e\ou rural) são as principais fontes de poluição das águas. Essas fontes de poluição estão relacionadas a ciclos internos de uso da água, nos quais, embora permaneça no estado líquido, a água tem as suas características alteradas em decorrência da sua utilização.

Reflita e se manifeste...

A figura a seguir apresenta as principais rotas de uso da água de interesse no âmbito do saneamento e meio ambiente.

Em quais locais a água tem a sua qualidade alterada? Onde ocorre a incorporação de poluentes? E a remoção de poluentes? A qualidade da água no rio é melhor a montante ou a jusante da área urbana?



Fonte: adaptado de von Sperling, 2005

A qualidade da água depende das suas características naturais e da forma como o homem usa e ocupa o solo em uma **bacia hidrográfica**.

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 pelo curso d'água principal até a sua saída da bacia, no local mais baixo do relevo, ou seja, na foz do curso d'água.

O gerenciamento dessas rotas do uso da água, isto é, o planejamento, projeto, execução e controle das obras e intervenções necessárias, é essencial para a garantia da qualidade desejada da água em função dos seus usos previstos e deve ser realizado no âmbito da bacia hidrográfica, garantindo, assim, a qualidade da água para as populações a jusante, e seguindo o conceito de **desenvolvimento sustentável**.

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações, ou seja, não esgotar os recursos para o futuro.

A ocupação de uma bacia hidrográfica precisa ser sempre planejada, sendo necessário avaliar a influência das formas de uso e ocupação do solo sobre os cursos d'água, destinar os esgotos e os resíduos adequadamente e evitar o uso de agrotóxicos em plantações próximas a cursos d'água. O não planejamento da ocupação da bacia hidrográfica pode trazer diversas conseqüências negativas para o meio ambiente e para a saúde pública.

Agora que já discutimos os conceitos de poluição e contaminação dos cursos d'água, vamos tratar dos principais impactos decorrentes do aporte de poluentes nos corpos d'água, quais sejam: a redução da concentração de oxigênio dissolvido decorrente da poluição por matéria orgânica, a contaminação por organismos patogênicos e a eutrofização dos corpos d'água.

Poluição por matéria orgânica (autodepuração dos cursos d'água)

O principal processo de poluição das águas é a redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) após introdução de matéria orgânica devido ao lançamento de esgotos. Esse consumo de OD se deve aos processos de degradação da matéria orgânica realizados por microrganismos aeróbios, os quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração.

Mas quais fatores determinam quanto seria essa redução do OD?

A dimensão do impacto no curso d'água depende da carga poluidora do esgoto e da capacidade de autodepuração do corpo receptor.

Reflita e se manifeste...

Você sabe o que significa o fenômeno de autodepuração dos cursos d'água? A compreensão desse fenômeno e a sua quantificação são necessárias para alcançar quais objetivos?

Vamos agora compreender melhor esse importante fenômeno!

A autodepuração corresponde ao restabelecimento do equilíbrio no curso d'água, após as alterações provocadas pelo lançamento de efluentes.

O conhecimento do fenômeno de autodepuração e da sua quantificação é de grande importância, visando o alcance dos seguintes objetivos:

- **Utilizar a capacidade de assimilação dos rios.** A capacidade que um curso d'água tem de assimilar os despejos, sem apresentar problemas do ponto de vista ambiental, é um recurso natural que pode ser explorado, principalmente, em países em desenvolvimento, em que a carência de recursos justifica que se utilizem os cursos d'água como complementação dos processos que ocorrem no tratamento de esgotos.
- **Impedir o lançamento de despejo acima do que possa suportar o curso d'água.** Desta forma, a capacidade de assimilação do curso d'água pode ser utilizada até um ponto aceitável e não prejudicial, não sendo permitido o lançamento de cargas poluidoras acima deste limite.

A partir do conhecimento do processo de autodepuração pode-se determinar a qualidade permitida para o efluente a ser lançado, incluindo o nível de tratamento necessário e a eficiência a ser atingida na remoção de matéria orgânica.

A autodepuração se desenvolve ao longo do tempo e do curso d'água, sendo verificadas quatro zonas de autodepuração após o lançamento de despejos, quais sejam:

- **Zona de degradação.**
- **Zona de decomposição ativa.**
- **Zona de recuperação.**
- **Zona de águas limpas.**

Atividade individual

A seguir, apresentamos características das quatro zonas de autodepuração. Identifique as características de cada zona de autodepuração.

1. Zona de degradação.
2. Zona de decomposição ativa.
3. Zona de recuperação.
4. Zona de águas limpas.

- [ ] **Característica geral.** A principal característica química é a alta concentração de matéria orgânica potencialmente decomponível.

- [ ] **Característica geral.** Após a fase de intenso consumo de matéria orgânica e de degradação do ambiente aquático, inicia-se a etapa de recuperação.

- [ ] **Característica geral.** As águas apresentam-se novamente limpas, voltando a ser atingida as condições normais anteriores à poluição, pelo menos no que diz respeito ao oxigênio dissolvido, à matéria orgânica e aos teores de bactérias e, provavelmente, de organismos patogênicos.

- [ ] **Característica geral.** O ecossistema principia a se organizar, com os microrganismos desempenhando ativamente suas funções de decomposição da matéria orgânica. Como conseqüência, os reflexos nos cursos d'água atingem os seus níveis mais elevados, e a qualidade da água apresenta-se em seu estado mais deteriorado.

- [ ] **Aspecto estético.** A água está mais clara e a sua aparência geral apresenta-se melhorada. Os depósitos de lodo sedimentados no fundo apresentam uma textura mais granulada e não tão fina, não havendo desprendimento de gases ou de mau cheiro.

- [ ] **Aspecto estético.** A aparência da água encontra-se similar à anterior à ocorrência da poluição.

- [ ] **Aspecto estético.** A água se apresenta turva, devido aos sólidos presentes nos esgotos. A sedimentação de sólidos resulta na formação de bancos de lodo.

- [ ] **Aspecto estético.** Observam-se ainda acentuada coloração na água e os depósitos de lodo escuro no fundo.

- **Matéria orgânica e oxigênio dissolvido.** O oxigênio dissolvido apresenta a sua menor concentração. Caso a quantidade de esgoto lançada tenha sido de uma certa magnitude, pode ser que o oxigênio dissolvido venha a ser totalmente consumido pelos microrganismos. Nesta situação, têm-se condições anaeróbias em toda a massa líquida, no trecho em questão. Desaparece, consequentemente, a vida aeróbia, dando lugar aos organismos anaeróbios.

- **Matéria orgânica e oxigênio dissolvido.** Na massa líquida, há a predominância das formas completamente oxidadas e estáveis dos compostos minerais, embora o lodo de fundo não esteja necessariamente estabilizado. A concentração de oxigênio é próxima à de saturação, devido ao baixo consumo pela população microbiana e à elevada produção pelas algas.

- **Matéria orgânica e oxigênio dissolvido.** Há uma completa desordem em relação à comunidade estável antes existente.

- **Matéria orgânica e oxigênio dissolvido.** A matéria orgânica já se encontra estabilizada. Isto implica que o consumo de oxigênio, através da respiração bacteriana seja mais reduzido. Com isso, paralelamente à introdução de oxigênio atmosférico na massa líquida, aumentam os teores de oxigênio dissolvido. As condições anaeróbias não mais ocorrem, levando a uma mudança na fauna e na flora aquáticas.

- **Microrganismos decompositores.** Após o período de adaptação, inicia-se a proliferação bacteriana, com uma predominância das formas aeróbias, ou seja, que dependem do oxigênio disponível no meio para os seus processos metabólicos. As bactérias decompositoras, possuindo alimento em abundância, na forma da matéria orgânica introduzida pelos despejos, e com suficiente oxigênio para a sua respiração, têm amplas condições para o desenvolvimento e reprodução. O teor de matéria orgânica apresenta o seu máximo no ponto de lançamento e, devido à decomposição pelos microrganismos principia a decrescer.

- **Microrganismos decompositores.** As bactérias decompositoras principiam a se reduzir em número, devido à redução na disponibilidade de alimento, em grande parte já estabilizado. Outros fatores interagem ainda na sua redução, como luz, floculação, adsorção, precipitação.

- **Subprodutos da decomposição.** Caso haja reações anaeróbias, os subprodutos são, além do gás carbônico e da água, o metano, o gás sulfídrico e outros, vários deles responsáveis pela geração de maus odores.

- **Subprodutos da decomposição.** Há um aumento nos teores de gás carbônico, um dos subprodutos do processo microbiano. Com o aumento das concentrações de CO_2, convertido a ácido carbônico na água, pode haver uma queda no pH da água, tornando-a ácida.

- **Nitrogênio.** A amônia é convertida a nitrito e este a nitrato. Ocorre uma fertilização do meio, pela produção de nutrientes para as algas.

- **Nitrogênio.** Os compostos nitrogenados complexos apresentam-se ainda em altos teores, embora já ocorra a conversão de grande parte deles a amônia.

- **Nitrogênio.** O nitrogênio apresenta ainda a forma orgânica, embora a maior parte já se encontre na forma de amônia. No final da zona, já com a presença de oxigênio dissolvido, pode principiar a oxidação da amônia a nitrito.

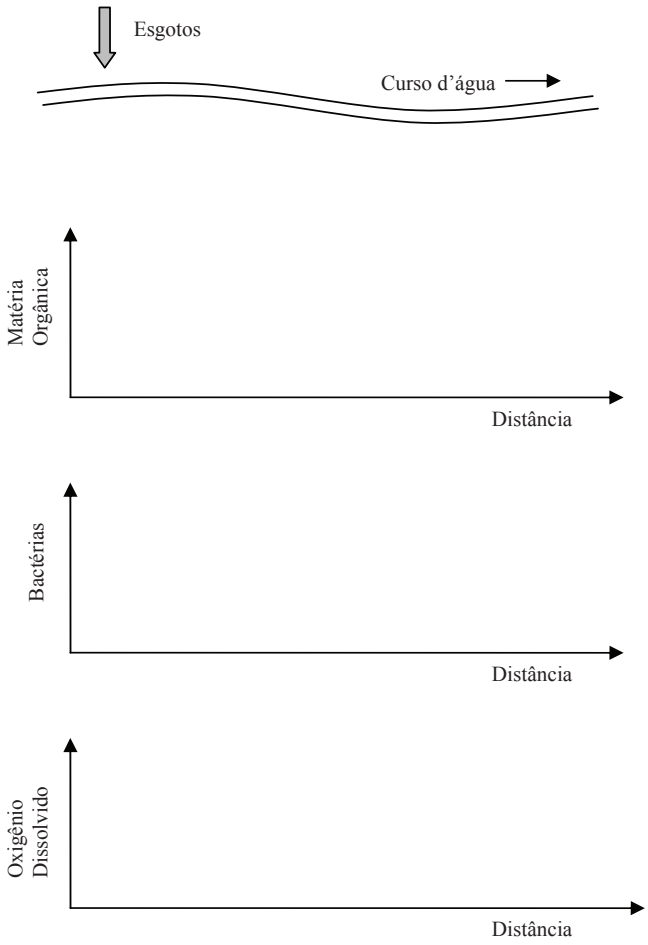
- **Comunidade aquática.** O número de bactérias patogênicas diminui rapidamente. Isto se deve a que tais bactérias, adaptadas às condições ambientais prevalecentes no trato intestinal humano, não resistem às novas condições ambientais adversas à sua sobrevivência. A macrofauna é ainda restrita em espécies.

- **Comunidade aquática.** Há uma sensível diminuição do número de espécies de seres vivos, embora o número de indivíduos de cada uma seja bem elevado, caracterizando uma perturbação no ecossistema. Há o desaparecimento de formas menos adaptadas e a predominância e desenvolvimento de formas resistentes e melhor adaptadas às novas condições. A quantidade de bactérias do grupo coliforme é bastante elevada, quando a poluição tem como fonte os esgotos domésticos. A presença de algas é rara, devido à dificuldade de penetração da luz, em razão da turbidez da água.

- **Comunidade aquática.** Devido à mineralização, as águas são agora mais ricas em nutrientes do que antes da poluição. Assim, a produção de algas é bem maior. Há o restabelecimento da cadeia alimentar normal. A diversidade de espécies é grande.

- **Comunidade aquática.** O número de bactérias encontra-se mais reduzido. As algas apresentam-se em franca reprodução. A cadeia alimentar está mais diversificada.

Agora que você identificou as características de cada zona de autodepuração, vamos, coletivamente, representar o perfil da concentração de matéria orgânica, bactérias decompositoras e oxigênio dissolvido ao longo do percurso no curso d'água.



Em termos ecológicos, a repercussão mais nociva da poluição de um curso d'água por matéria orgânica é a queda nos níveis de oxigênio dissolvido, causada pela respiração dos microrganismos envolvidos na depuração dos esgotos. O impacto é estendido a toda a comunidade aquática, e cada redução nos teores de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies.

A concentração de oxigênio dissolvido na água é baixa, não ultrapassando 9 mg/L, enquanto no ar a concentração de oxigênio é de aproximadamente 270 mg/L. Dessa forma, qualquer consumo em maior quantidade traz repercussões relacionadas ao teor de oxigênio dissolvido no curso d'água.

No processo de autodepuração há um balanço entre as fontes de consumo e as fontes de produção de oxigênio. Quando a taxa de consumo é superior à taxa de produção, a

concentração de oxigênio tende a diminuir, ocorrendo o inverso quando a taxa de consumo é inferior à taxa de produção.

Diversos fenômenos interagem no balanço do OD no processo de autodepuração. De uma forma simplificada, as principais fontes de consumo e produção de oxigênio são:

Consumo de oxigênio	• Oxidação da matéria orgânica • Nitrificação
Produção de oxigênio	• Reaeração atmosférica • Fotossíntese

O estudo do impacto decorrente da poluição por matéria orgânica é realizado pela avaliação dos níveis de OD no corpo receptor a partir do ponto de lançamento do despejo. Esse estudo é realizado através de modelos matemáticos que relacionam os fenômenos de consumo e produção de oxigênio em um curso d'água.

Formas de controle da poluição por matéria orgânica

O tratamento dos esgotos é a principal e, geralmente, a única estratégia de controle empregada, todavia as principais alternativas disponíveis são citadas a seguir:

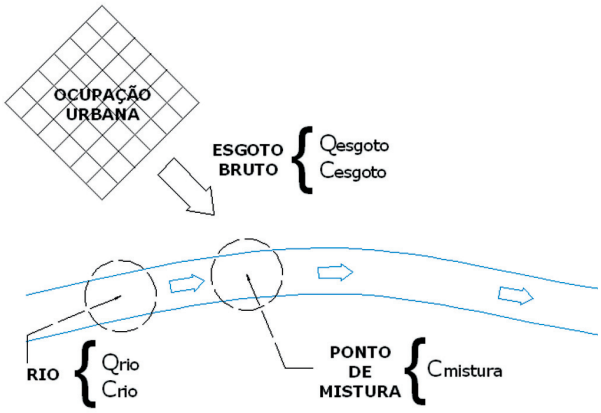
- Tratamento dos esgotos.
- Regularização da vazão do curso d'água.
- Aeração do curso d'água.
- Aeração dos esgotos tratados.
- Alocação de outros usos para o curso d'água.

Vamos discutir um pouco o ponto de mistura de poluentes!

Mistura de poluentes

Quando os esgotos são lançados em um curso d'água, ocorre a mistura desses esgotos com a água. A concentração de um poluente no ponto de mistura dos despejos com o curso d'água pode ser calculada de acordo com a seguinte relação:

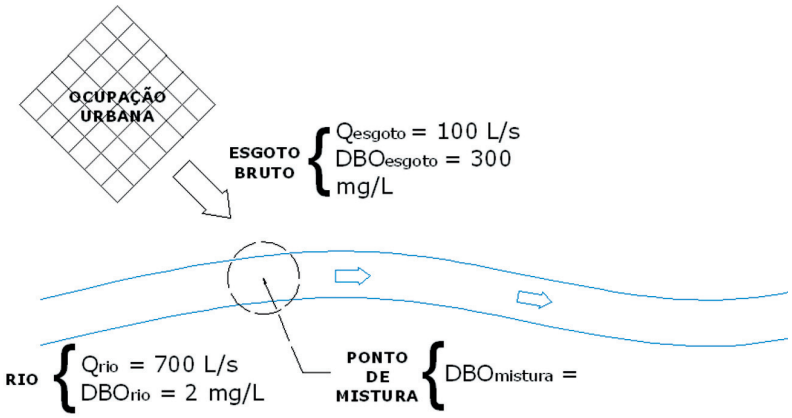
$$C_{mistura} = \frac{Q_{rio} \times C_{rio} + Q_{esgoto} \times C_{esgoto}}{Q_{rio} + Q_{esgoto}}$$



$C_{mistura}$ = concentração do poluente no ponto de mistura (mg/L ou g/m³).
C_{rio} = concentração do poluente no corpo receptor, imediatamente antes 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_{esgoto} = vazão do esgoto (L/s ou m³/s).

Vamos determinar a mistura decorrente do lançamento de uma determinada carga de poluente num corpo d'água receptor.

Atividade individual



Qual é a concentração de DBO no ponto de mistura?

As condições de mistura no ponto de lançamento do despejo são de particular importância na avaliação do impacto subseqüente sobre a qualidade da água, por definirem as condições iniciais a partir das quais fenômenos, como a autodepuração, são desencadeados.

Além disso, a capacidade de diluição exerce grande influência na habilidade do corpo receptor em assimilar a carga poluidora dos despejos.

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. Nas condições de seca, estarão escoando no fundo da calha do curso d'água, apenas os despejos, sujeitos a infiltração e evaporação. Mesmo que tratados, esses esgotos não poderão dar sustento a vários usos previstos para o curso d'água.

Contaminação por microrganismos patogênicos

Nós sabemos que os esgotos domésticos contêm uma grande quantidade de microrganismos e que, entre eles, os agentes patogênicos podem estar presentes.

A contaminação por organismos patogênicos, decorrentes do lançamento de esgoto nos cursos d'água, causa restrições aos usos da água, como abastecimento de água potável e irrigação. Esses aspectos ressaltam a importância do estudo do comportamento dos organismos patogênicos nos cursos d'água.

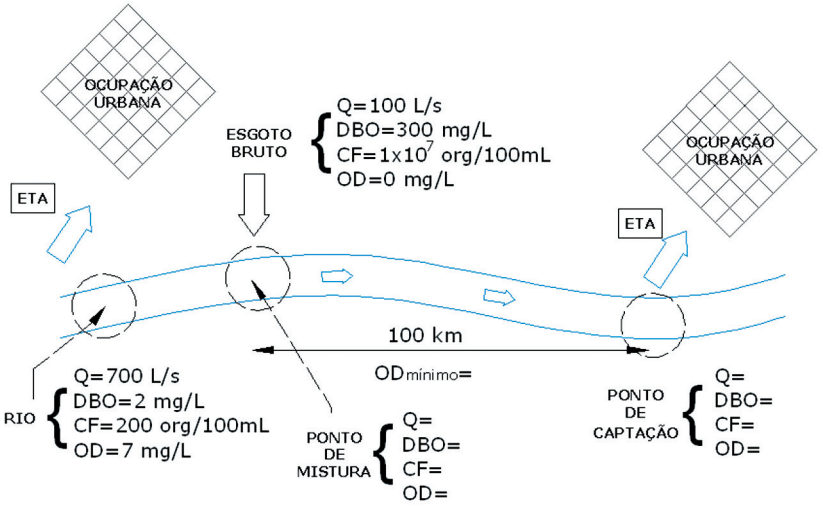
A maioria dos agentes transmissores de doenças tem no trato intestinal humano as condições ótimas para o seu crescimento e reprodução. Uma vez submetidos às condições adversas prevalecentes no curso d'água, eles tendem a decrescer em número, caracterizando o assim chamado decaimento bacteriano. No ponto de lançamento do despejo, ocorre a concentração máxima desses microrganismos. Ao longo do curso d'água o número de microrganismos decresce.

Quais são os fatores que contribuem para a mortalidade bacteriana?

Após discutirmos os impactos decorrentes da poluição por matéria orgânica e a contaminação por organismos patogênicos em cursos d'água, vamos nos familiarizar um pouco mais com os fenômenos de autodepuração dos cursos d'água e decaimento bacteriano, realizando a atividade a seguir.

Atividade em grupo

Vamos simular os impactos do lançamento de esgoto bruto em um curso d'água!



Durante as simulações é importante que você perceba quais fatores do curso d'água influenciam na sua capacidade de assimilação das cargas poluidoras.

Vamos, agora, tratar o fenômeno da eutrofização, outro importante impacto nos cursos d'água decorrente do lançamento de despejos.

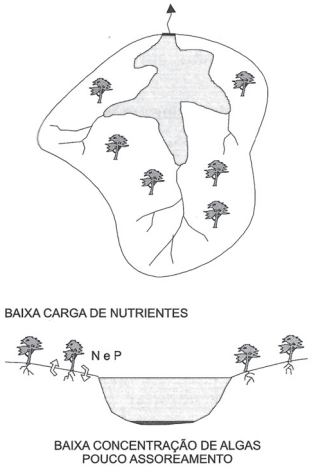
Eutrofização

A eutrofização é o crescimento excessivo de algas, em níveis tais que possam causar interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. A eutrofização ocorre usualmente em lagos, lagoas e represas, devido ao excesso de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo.

Evolução do processo de eutrofização

O nível de eutrofização usualmente está associado ao uso e ocupação do solo predominante.

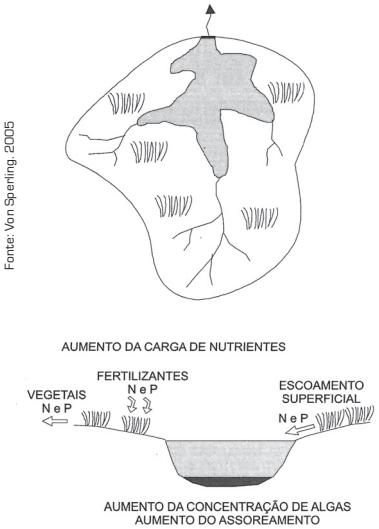
Ocupação por matas e florestas



Há pouca atividade biológica de produção no curso d'água.

Há um aporte reduzido de nutrientes, devido à sua retenção dentro de um ciclo quase fechado: plantas mortas sob o solo liberam nutrientes e a elevada infiltração favorece o transporte dos nutrientes até as raízes das plantas, voltando a fazer parte da sua composição, e fechando, desta forma, o ciclo.

Ocupação por agricultura



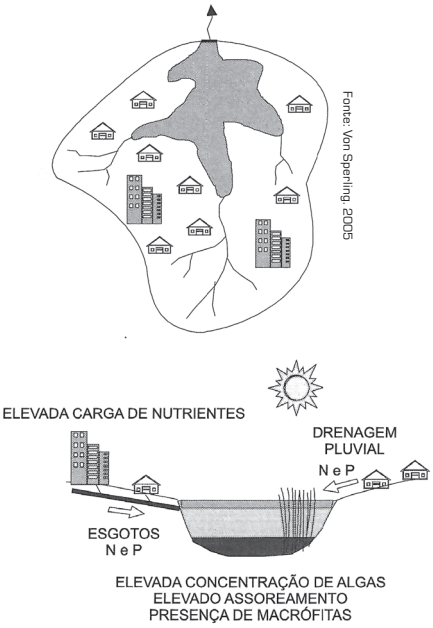
Fonte: Von Sperling, 2005

Os vegetais plantados na bacia são retirados para consumo humano, causando uma quebra no ciclo de retenção dos nutrientes, compensado pela aplicação, frequentemente excessiva, de fertilizantes.

O aumento do escoamento superficial decorrente da retirada da vegetação natural arrasta os nutrientes em excesso para o lago ou para a represa.

O aumento do teor de nutrientes no corpo d'água causa um certo aumento do número de algas.

Ocupação urbana



Fonte: Von Sperling, 2005

A implantação de loteamentos, acompanhada pela maior impermeabilização do solo e a conseqüente redução da infiltração, proporciona um aporte de sólidos para lagos e represas. Esses sólidos tendem a sedimentar, causando o assoreamento dos cursos d'água e servindo de meio suporte para o crescimento de vegetais fixos de maiores dimensões próximos às margens, deteriorando o aspecto visual do curso d'água.

As águas pluviais transportam uma grande carga de nutrientes, contribuindo para uma elevação no teor de algas no lago ou na represa. O lançamento de esgotos em lagos e represas ocasiona uma contribuição de N e P bem superior à das águas pluviais, trazendo, em decorrência, uma grande elevação nas populações de algas e outras plantas.

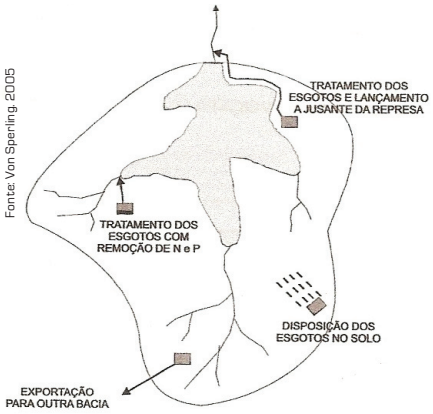
A população de algas pode alcançar valores bastante elevados, e poderá atingir superpopulações, constituindo uma camada superficial similar a um caldo verde. Essa camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do curso d'água, causando a morte das algas situadas nessas regiões. Esses eventos de superpopulação de algas são denominados floração das águas.

As principais conseqüências da eutrofização são:

- Frequentes florações das águas.
- Crescimento excessivo da vegetação.
- Distúrbios com mosquitos e insetos.
- Eventuais maus odores.
- Eventuais mortandades de peixes.
- Condições anaeróbias.
- Eventuais problemas de toxicidade.
- Maior dificuldade e elevação nos custos de tratamento da água.
- Redução na navegação e capacidade de transporte.
- Desaparecimento gradual do lago como um todo.

As principais medidas de prevenção e controle da eutrofização são listadas a seguir, agrupadas de acordo com a fonte de poluição:

Controle dos esgotos



Fonte: Von Sperling, 2005

- Tratamento dos esgotos com remoção de nutrientes.
- Tratamento convencional dos esgotos e lançamento a jusante da represa.
- Transposição dos esgotos para outra bacia que não possua lagos e represas, seguida por tratamento convencional.
- Infiltração dos esgotos no solo.

Controle das águas pluviais

- Controle do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.
- Faixa verde ao longo da represa e tributários.
- Construção de barragens de contenção.

Discutimos os três principais impactos relacionados ao lançamento de efluentes em cursos d'água. Nós vimos, também, na simulação dos fenômenos de autodepuração e decaimento bacteriano, que a concentração de agentes patogênicos e os níveis de oxigênio dissolvido podem atingir valores tais que prejudiquem os usos previstos para o curso d'água. Mas como garantir a qualidade da água ao longo do corpo receptor após o ponto de lançamento do despejo?

Para isso existe uma legislação ambiental específica associada à qualidade das águas, embasada nos seus usos para definição da sua qualidade desejada e distinguindo os padrões de lançamento e de corpo receptor, que serão discutidos a seguir.

Padrões ambientais: padrão de lançamento e padrão de corpos d'água

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, divide as águas doces em cinco classes – classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4 – em função dos usos predominantes da água. A classe especial é considerada uma água de melhor qualidade e a classe 4 é considerada a de pior qualidade, podendo ser utilizada apenas para navegação e harmonia paisagística.

Para cada classe, a qualidade a ser mantida no curso d'água é determinada pelos padrões dos cursos d'água, conforme apresentado no quadro a seguir, de forma simplificada.

Principais padrões de qualidade da água

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água			
		1	2	3	4
DBO	mg/L	3	5	10	
OD		6	5	4	2
Coliformes termotolerantes	org/100mL	200	1000	2500	

Fonte: Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005

A Resolução CONAMA 375/2005 pode ser encontrada na internet, no endereço (site) do Ministério do Meio Ambiente – http://www.mma.gov.br

Essa Resolução apresenta ainda alguns padrões para o lançamento de efluentes nos cursos d'água e estabelece que os órgãos ambientais deverão fixar a carga poluidora máxima para o lançamento de poluentes nos corpos receptores, de modo a não comprometer as metas estabelecidas pelo enquadramento para o corpo d'água.

Ambos os padrões estão inter-relacionados e têm como objetivo a preservação da qualidade do curso d'água.

O lançamento dos efluentes nos cursos d'água é permitido desde que os padrões do corpo receptor e de lançamento de efluentes sejam atendidos. Caso o efluente não satisfaça os

padrões de lançamento, mas satisfaça os padrões do corpo receptor, o órgão ambiental poderá autorizar lançamentos com valores acima dos padrões de lançamento, acompanhado de estudos ambientais que garantam o uso preponderante da classe em questão.

Reflita e se manifeste...

Você se lembra da simulação dos fenômenos de autodepuração e decaimento bacteriano realizada anteriormente? Os padrões de corpo receptor foram atendidos, considerando-se o curso d'água classe 2 e os parâmetros, OD, DBO e coliformes termotolerantes?

Para permitir o atendimento aos padrões ambientais e, conseqüentemente, a qualidade desejada da água em função dos seus usos preponderantes, via de regra, é necessário o tratamento dos esgotos antes do seu lançamento nos cursos d'água.

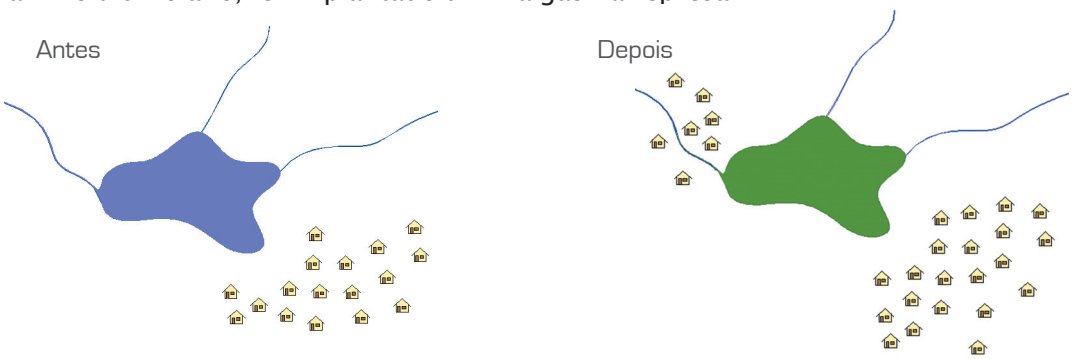
Mas, antes de passarmos para o nosso próximo conceito-chave, vamos realizar a atividade a seguir.

Atividade em grupo

Vamos associar os problemas apresentados nas situações 1 e 2 a prováveis poluentes que passaram a ser introduzidos na represa e no rio, após a implantação do novo povoado, e propor soluções para esses problemas.

Situação 1

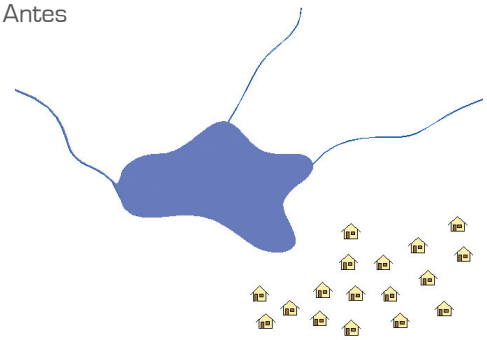
Uma determinada comunidade está localizada, há muito tempo, após uma represa, e os seus habitantes têm o hábito de nadar e pescar ali. No último ano, foi implantado um povoado a montante da represa, e começaram a surgir casos de esquistossomose na população e houve crescimento excessivo de algas na represa.



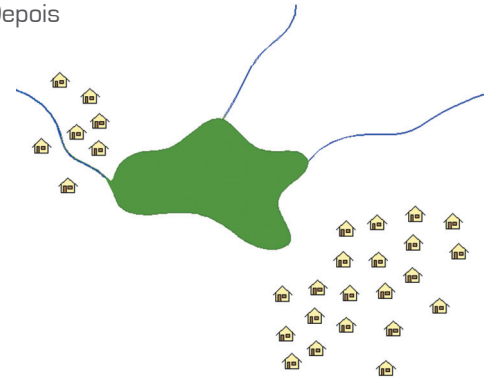
Situação 2

Um pequeno rio abastece, há muito tempo, uma determinada comunidade, além de irrigar as hortaliças consumidas por seus habitantes. Há cerca de dois anos, surgiu um povoado antes do ponto de captação de água e da área de irrigação de hortaliças, e começaram a surgir casos de diarréia e hepatite nos moradores da região, e também mortandade de peixes, no rio, nas estações de seca.

Antes



Depois



Discutimos os principais impactos do lançamento de efluentes em cursos d'água (poluição por matéria orgânica, contaminação por microrganismos patogênicos e eutrofização); os padrões de qualidade dos cursos d'agua e de lançamento dos efluentes. Vimos que para evitar os impactos negativos devido ao lançamento de efluentes em cursos d'água e garantir a qualidade da água nos cursos d'água, é necessário o tratamento dos esgotos domésticos. Esse é o assunto do nosso próximo conceito-chave!

Processos de tratamento de esgotos

OBJETIVOS:

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

- Problematizar a relação entre saúde e saneamento.

- Apresentar e discutir diferentes níveis e sistemas de tratamento de esgotos.

- Discutir os fatores a serem considerados na seleção do processo de tratamento de esgoto a ser adotado em uma determinada localidade.

Sabemos que, caso não seja dada uma adequada destinação aos esgotos, esses 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. Desta 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.

Inicialmente, vamos discutir um pouco os sistemas de esgotamento sanitário.

Sistemas de esgotamento sanitário

Reflita e se manifeste...

Para onde vai o esgoto gerado em sua residência? Você conhece alguma localidade na qual esse destino é diferente? Por que os sistema sde esgotamento sanitário são importantes?

Os sistemas de esgotamento sanitário são 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**:

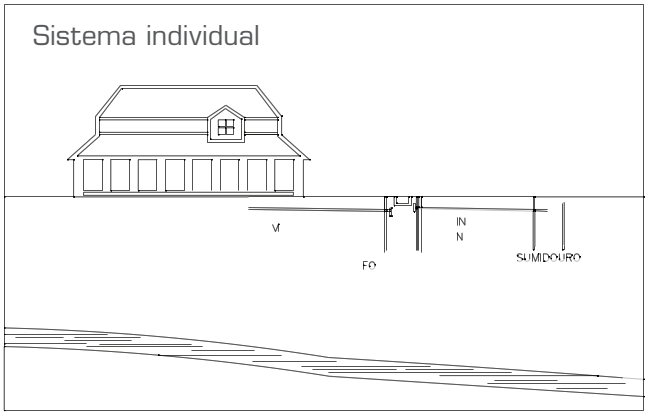
- Melhoria das condições sanitárias locais.
- Conservação dos recursos naturais.
- Eliminação de focos de poluição e contaminação.
- Eliminação de problemas estéticos desagradáveis.
- Redução das doenças ocasionadas pela água contaminada por dejetos.
- Redução dos recursos aplicados no tratamento de 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).

Existem, basicamente, dois tipos de sistemas como soluções para o esgotamento sanitário de uma determinada área: os sistemas individuais e os coletivos.

Os **sistemas individuais**, também chamados de sistemas estáticos, são adotados para atendimento unifamiliar e consistem no lançamento dos esgotos domésticos gerados em uma unidade habitacional, usualmente em fossa séptica seguida de dispositivo de infiltração no solo (sumidouro).

Tais sistemas 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.



Fonte: adaptado de Barros *et al.*, 1995

Os **sistemas coletivos**, também, chamados de sistemas dinâmicos, são indicados para locais com elevada densidade populacional. A solução de esgotamento sanitário mais frequentemente usada para o atendimento de um município é a dos sistemas denominados convencionais, sendo as suas unidades constituintes apresentadas na figura a seguir.

Fonte: adaptado de Barros *et al.* 1995

Partes constitutivas do sistema coletivo convencional

Como vimos na figura anterior, os sistemas coletivos de esgotamento sanitário convencionais são constituídos de redes coletoras, interceptores, estações elevatórias e estação de tratamento de esgoto.

Nessa oficina de capacitação, vamos centrar o nosso foco nos processos de tratamento de esgotos.

Para saber mais sobre coleta e transporte dos esgotos sanitários, participe das oficinas de "Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos" e "Operação e manutenção de redes coletoras de esgotos".

Antes de passarmos para o assunto principal dessa oficina de capacitação – tratamento de esgotos – vamos discutir saneamento e saúde.

Reflita e se manifeste...

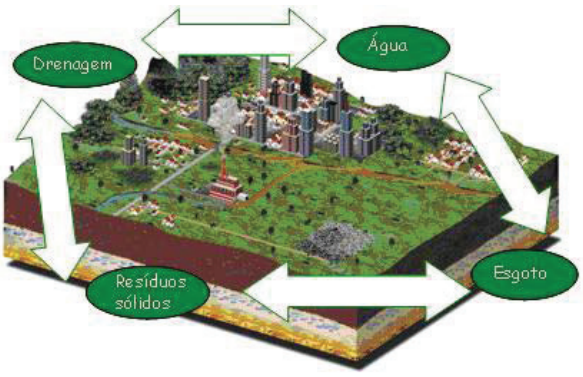
Para você o que é saúde? E saneamento?
Qual a relação existente entre saúde e saneamento?
Qual a importância do seu trabalho para a saúde e para o meio ambiente?

A Organização Mundial da Saúde (OMS) fornece as seguintes definições para saúde e saneamento.

Saúde é o estado de completo bem estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade.

Saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social.

Como o saneamento controla fatores que podem prejudicar o ambiente e a saúde da população?



Através de uma série de medidas com a finalidade de alcançar a **salubridade ambiental**. Dentre essas medidas, destacam-se o abastecimento de água; a coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos e das águas residuárias; o manejo de águas pluviais.

Além desses serviços básicos, existem ainda outras atividades na esfera do saneamento que são essenciais para proporcionar ao homem um ambiente que lhe garanta condições adequadas para a promoção da sua saúde. Essas outras atividades incluem: o controle da poluição ambiental do solo, da água, do ar e sonora; controle de vetores; higiene dos alimentos, das residências, dos locais de trabalho e de recreação.

Salubridade ambiental é a condição de limpeza em que vive uma determinada população, com o potencial de evitar a disseminação de doenças.

É fácil perceber a relação existente entre os conceitos de saúde e saneamento. A ausência ou a insuficiência de serviços de saneamento ocasionam várias conseqüências para a população, entre elas:

- A ausência de sistemas adequados de esgotamento sanitário obriga as comunidades a conviverem com seus próprios dejetos, agravando os riscos de mortalidade devido a doenças transmissíveis por veiculação hídrica ou por vetores.
- A ausência de abastecimento de água, além de agravar igualmente as condições de saúde, não possibilita os cuidados com a higiene pessoal e doméstica.
- As formas inadequadas de disposição de lixo urbano, tais como lixões a céu aberto ou nos cursos d'água, afetam o ambiente, poluindo o solo, a água, o ar, destruindo fauna e flora e prejudicando as comunidades locais que passam a conviver com agentes patogênicos e vetores transmissores de doenças.
- A falta ou insuficiência de sistemas de drenagem urbana ocasionam as enchentes e inundações e levam ao aparecimento de doenças como a lepstospirose.

Nesse contexto, observa-se que os serviços de saneamento são fundamentais para a saúde pública.

Agora que discutimos a importância dos serviços de saneamento para o meio ambiente e para a saúde pública, vamos discutir os sistemas de tratamento de esgotos.

Sistemas de tratamento de esgotos

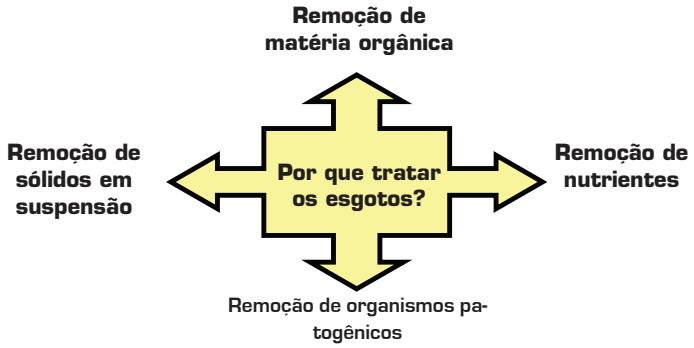
A finalidade das técnicas de tratamento é a de remover os poluentes dos esgotos, os quais viriam a causar uma deterioração da qualidade dos corpos d'água e a possibilidade de transmissão de doenças.

No corpo d'água a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o fenômeno de autodepuração. Em uma estação de tratamento de esgotos, os mesmos fenômenos básicos ocorrem, mas a diferença é que há a introdução de tecnologia, que tem como objetivo fazer com que o processo de autodepuração se desenvolva em condições controladas e em taxas mais elevadas.

Reflita e se manifeste...

Quais são os objetivos do tratamento dos esgotos?

A figura a seguir apresenta uma síntese dos principais objetivos do tratamento dos esgotos.



Remoção de sólidos em suspensão

A remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis bem como de materiais flutuantes e de parte da matéria orgânica em suspensão, presentes nos esgotos, é realizada no tratamento primário (decantadores primários) e visa à proteção ambiental, evitando o aumento da turbidez e o assoreamento do corpo d'água receptor.

Remoção de matéria orgânica

A remoção de matéria orgânica é, usualmente, o principal objetivo do tratamento de esgotos, visando à preservação ambiental. Na estação de tratamento, a remoção de matéria orgânica (DBO e DQO) ocorre, principalmente, nos reatores biológicos.

Remoção de organismos patogênicos

A contaminação do corpo receptor por agentes patogênicos é o aspecto de maior importância na avaliação dos impactos sobre a saúde, decorrentes do lançamento de esgoto nos corpos d'água. Por isso, em estações de tratamento de esgotos, busca-se a remoção desses organismos, alcançada por meio da utilização dos seguintes fatores e mecanismos:

Agentes patogênicos	Fatores e mecanismos de remoção
Bactérias e vírus	Temperatura, insolação, pH, escassez de alimentos, competição, entre outros.
Cistos de protozoários e ovos de helmintos	Sedimentação

Remoção de nutrientes

Os objetivos da remoção de nutrientes (N e P) nas estações de tratamento também estão diretamente relacionados aos impactos causados pelo seu aporte nos corpos receptores. Dessa forma, busca-se remover a amônia para evitar o consumo de OD no corpo d'água em decorrência da sua oxidação (nitrificação).

A remoção de cada um desses poluentes ocorre em níveis diferentes de tratamento.

Em seu município, o esgoto doméstico é tratado? Você sabe o nível de tratamento?

O esgoto pode ser tratado nos seguintes níveis: preliminar, primário, secundário e terciário.

Atividade individual

Complete o quadro a seguir com os poluentes que são removidos em cada um dos níveis de tratamento e os mecanismos utilizados para efetuar essa remoção.

Nível	Poluentes removidos	Mecanismos de remoção
Preliminar		
Primário		
Secundário		
Terciário		

Vamos discutir!

O tratamento preliminar deve estar presente em todas as estações de tratamento de esgotos. Já as unidades do tratamento primário podem ou não estar presentes no fluxograma das estações. No Brasil, em quase todas as estações de tratamento de esgotos, o esgoto é tratado até o nível secundário. Em relação ao nível terciário, pouquíssimas estações adotam esse nível de tratamento.

A remoção dos poluentes nos sistemas de tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada, está associada ao nível e eficiência do tratamento.

A porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dada pela fórmula:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} x100$$

Onde:

E = eficiência de remoção (%)

C_0 = concentração afluente do poluente (mg/L)

C_e = concentração efluente do poluente (mg/L)

Atividade individual

Uma ETE simplificada é empregada para o tratamento de esgotos domésticos com concentração média de DBO de 300 mg/L. Para atender aos padrões ambientais de lançamento final em corpos d'água, a concentração de DBO no efluente da estação deve ser inferior a 60 mg/L. Calcule a eficiência mínima de remoção de DBO que deve ser alcançada na ETE.

Vamos conferir!

Vamos, coletivamente, completar o quadro a seguir, respondendo as perguntas seguintes:

Qual a eficiência de remoção de cada nível de tratamento? Em qual dos níveis os padrões de lançamento de efluentes em cursos d'água, determinados pela legislação, são atendidos?

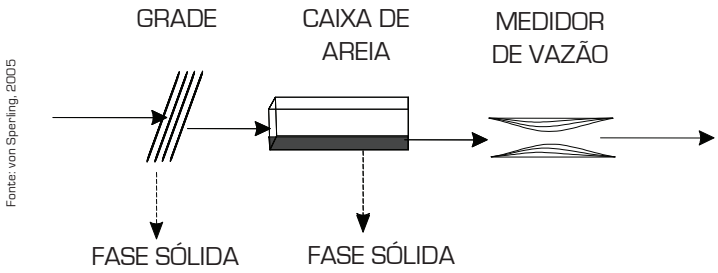
Nível	Eficiência de remoção	Cumpre padrões de lançamento usuais
Preliminar		
Primário		
Secundário		
Terciário		

Vamos agora tratar do tratamento preliminar!

Tratamento preliminar

Quais as unidades constituintes do tratamento preliminar da ETE onde você trabalha?

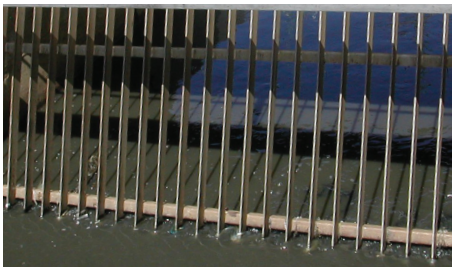
A figura a seguir apresenta o fluxograma típico do tratamento preliminar.



Fonte: von Sperling, 2005

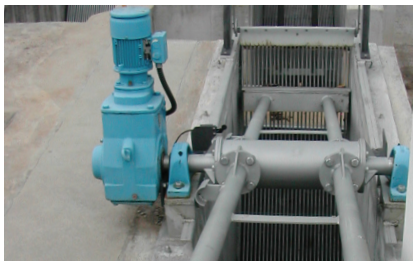
Vimos anteriormente que o tratamento preliminar destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia.

A remoção dos sólidos grosseiros é feita por meio de grades, que podem ser grossas médias e finas, dependendo do espaçamento entre as barras. A limpeza das grades pode ser realizada de forma manual ou mecanizada.



Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte, MG.

Grade grossa de limpeza manual



Grade fina de limpeza mecanizada

A remoção da areia contida nos esgotos é feita através de desarenadores (caixas de areia) que podem ser manuais ou mecanizados.

O mecanismo de remoção da areia é o de sedimentação: a areia, devido às suas maiores dimensões e densidade, vai para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, sendo de sedimentação bem mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as unidades a jusante.

Fonte: ETE em Juiz de Fora/MG

Caixa de areia de limpeza manual

Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte/MG

Desarenador de limpeza mecanizado

Atividade individual

Preencha o quadro a seguir com as finalidades da remoção de sólidos grosseiros e areia.

Poluente	Finalidades da remoção
Sólidos grosseiros	
Areia	

Vamos discutir!

No tratamento preliminar, além das grades e dos desarenadores, inclui-se também uma unidade para a medição da vazão, a calha Parshall.

Calha Parshall

Algumas estações de tratamento mais recentes utilizam peneiras (aberturas inferiores a 15mm) a fim de minimizar sobremaneira a entrada de sólidos no reator.

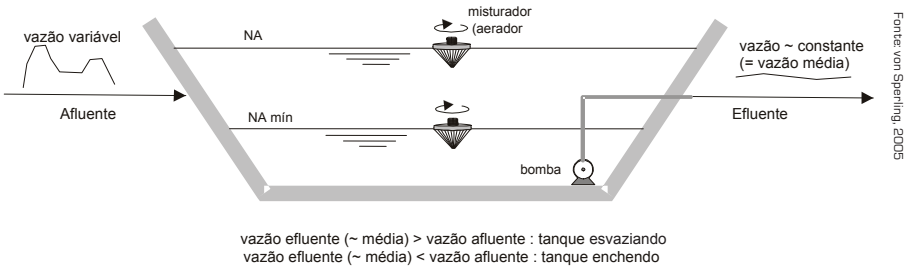
Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte, MG.

Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte, MG.

Peneiras mecanizadas

Em estações que tratam efluentes industriais, algumas vezes é necessária a inclusão de um tanque de equalização após o tratamento preliminar.

Esse tanque de equalização é utilizado para regularizar a vazão afluente ao sistema de tratamento, quando esta apresenta uma grande variação durante o dia.



Fonte: von Sperling, 2005

Tanque de equalização

Vamos agora tratar do tratamento primário!

Tratamento primário

Na ETE em que você trabalha, qual a unidade responsável por esse nível de tratamento?

Após o tratamento preliminar, uma parte dos sólidos em suspensão não grosseiros que ainda permanecem no esgoto pode ser parcialmente removida em tanques de sedimentação (decantadores primários).

Os esgotos fluem vagarosamente através dessas unidades, permitindo que os sólidos em suspensão, possuindo uma densidade maior do que a do líquido, sedimentem-se gradualmente no fundo. Os óleos e graxas por possuírem uma menor densidade que o líquido circundante, sobem para a superfície dos decantadores, onde são coletados e removidos para posterior tratamento.

Fonte: ETE Arrudas, Belo Horizonte, MG

Decantador primário

Uma parte dos sólidos em suspensão corresponde à matéria orgânica em suspensão, o que contribui para que a carga orgânica afluente ao tratamento secundário seja reduzida.

Os decantadores primários são utilizados principalmente antes da etapa biológica de processos de tratamento como lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes. Com a atual tendência de utilização de reatores anaeróbios, nesses processos de tratamento de esgotos os decantadores primários estão sendo substituídos, em novos projetos, por reatores UASB. Ao invés de se ter uma remoção de DBO em torno de 25 a 35% com os decantadores primários, passa-se a ter uma eficiência em torno de 70%, possibilitando uma redução do volume das unidades do tratamento seguintes, além de economia de energia.

Os reatores UASB seguidos de pós tratamento serão tratados mais adiante.

Vamos agora tratar do tratamento secundário!

Tratamento secundário

Vários processos de tratamento secundário são concebidos de forma a acelerar os mecanismos de degradação (autodepuração) que ocorrem naturalmente nos corpos receptores. Assim, a decomposição dos poluentes orgânicos degradáveis é alcançada, em condições controladas, em intervalos de tempo menores do que nos sistemas naturais.

Reflita e se manifeste...

Qual é o tipo de tratamento secundário adotado na estação de tratamento de esgotos onde você trabalha?

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica, que se apresenta nas seguintes formas:

- Matéria orgânica dissolvida (**DBO solúvel** ou **filtrada**), a qual não é removida por processos apenas físicos.
- Matéria orgânica em suspensão (**DBO suspensa** ou **particulada**), a qual é, em grande parte, removida no eventual tratamento primário, mas cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

A essência do tratamento secundário de esgotos domésticos é a inclusão de uma *etapa biológica*, onde a remoção (estabilização) da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microrganismos.

Que tipos de microrganismos atuam no processo de tratamento? Como eles atuam?

Uma grande variedade de microrganismos atua no processo de tratamento, tais como bactérias, protozoários, fungos e outros.

A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (crescimento e reprodução dos microrganismos).

Vamos, coletivamente, pensar sobre quais fatores podem alterar a decomposição biológica?

Existe uma grande variedade de métodos de tratamento em nível secundário, os quais podem ser aeróbios ou anaeróbios.

Aeróbios – em presença de oxigênio.
Anaeróbios – na ausência de oxigênio.

Atividade individual

Faça uma lista dos processos de tratamento secundário que você conhece, trabalha atualmente ou já trabalhou. Eles são aeróbios ou anaeróbios? Marque a alternativa que você considera a mais adequada.

Processo de tratamento	Aeróbio	Anaeróbio

Vamos discutir!

Vamos agora discutir os principais métodos de tratamento! Para tanto vamos realizar a atividade a seguir.

Atividade em grupo

Você e seus colegas devem discutir e apresentar para os demais participantes da oficina as principais características dos processos de tratamento de esgotos apresentados a seguir:

- Lagoas de estabilização e variantes.
- Aplicação de efluentes no solo.
- Reatores anaeróbios.
- Lodos ativados e variantes.
- Reatores aeróbios com biofilmes.

Assista à aula expositiva do instrutor sobre processos de tratamento de esgotos. Lembre-se que este é um espaço de formação coletiva e que sua contribuição é muito importante. Se você tiver comentários ou dúvidas sobre os assuntos abordados, exponha-os para todos os participantes.

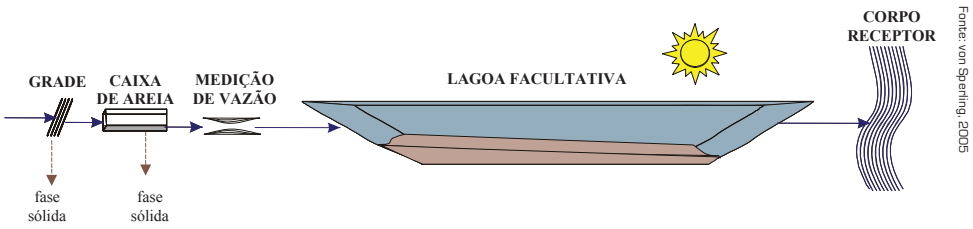
Lagoas de estabilização e variantes

As lagoas de estabilização são grandes bacias rasas com diques de terra nas quais o esgoto bruto é tratado por processos naturais que envolvem algas e bactérias.

Existem três tipos principais de lagoas de estabilização: anaeróbias, facultativas e lagoas de maturação. As lagoas anaeróbias e as facultativas são designadas para remoção de DBO, e as lagoas de maturação são designadas para remoção de bactérias.

Lagoas facultativas

O processo de lagoas facultativas é o mais simples, dependendo apenas de fenômenos naturais. A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico de um sistema de lagoa facultativa.



Lagoa Facultativa

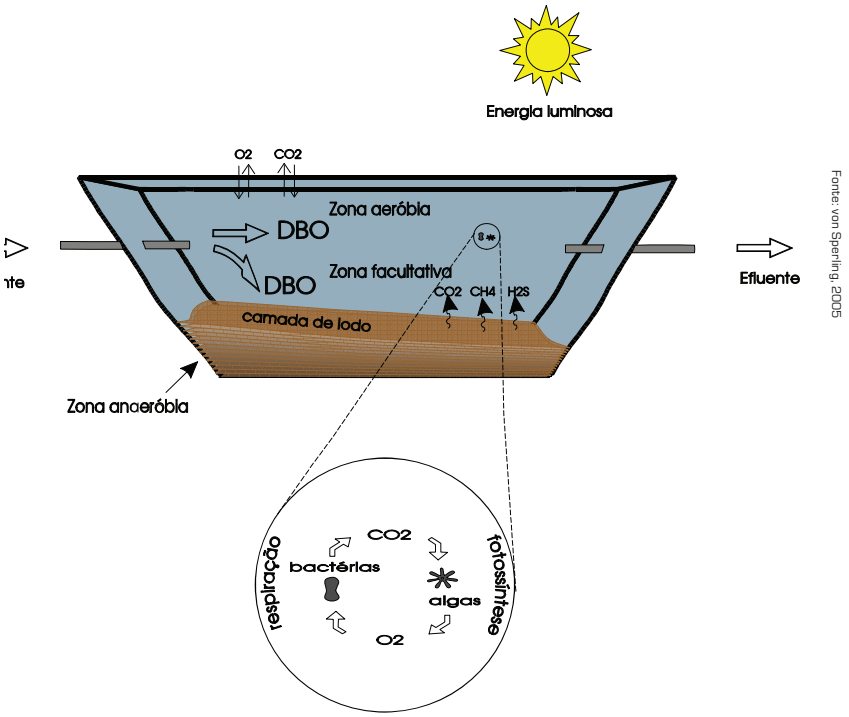
O esgoto afluente entra em uma extremidade da lagoa e sai na extremidade oposta. Ao longo desse percurso, que demora vários dias, uma série de eventos contribui para a purificação dos esgotos.

Parte da matéria orgânica em suspensão (DBO particulada) tende a sedimentar, vindo a constituir o lodo de fundo. Esse lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido em gás carbônico, metano e outros compostos. A fração não biodegradável permanece na camada de fundo.

A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões (DBO finamente particulada), não sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida. A sua decomposição se dá através de **bactérias facultativas.**

Bactérias facultativas são aquelas que têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio livre.

Essas bactérias utilizam-se da matéria orgânica como fonte de energia, alcançada através da respiração. Na respiração aeróbia, há a necessidade da presença de oxigênio, o qual é suprido ao meio pela fotossíntese realizada pelas algas. Há, assim, um perfeito equilíbrio entre o consumo e a produção de oxigênio e gás carbônico.



A fotossíntese, por depender da energia solar, é mais elevada próximo à superfície. À medida que se aprofunda na massa líquida, a penetração da luz é menor, o que ocasiona a predominância do consumo de oxigênio (respiração) sobre a sua produção (fotossíntese), com a eventual ausência de oxigênio dissolvido a partir de certa profundidade.

Como o processo de lagoas facultativas é essencialmente natural, a estabilização da matéria orgânica ocorre mais lentamente, implicando a necessidade de um elevado **tempo de detenção** na lagoa.

> Tempo de detenção é o tempo de permanência do líquido num determinado recipiente ou reator.

A fim de que seja efetiva, a fotossíntese necessita de uma elevada área de exposição para o melhor aproveitamento da energia solar pelas algas, também implicando a necessidade de grandes unidades.

Lagoas anaeróbias - lagoas facultativas

O processo de lagoas facultativas, apesar de possuir uma eficiência satisfatória, requer, uma grande área, muitas vezes não disponível. Uma solução para a redução da área total requerida é a utilização de lagoas anaeróbias antes das lagoas facultativas.

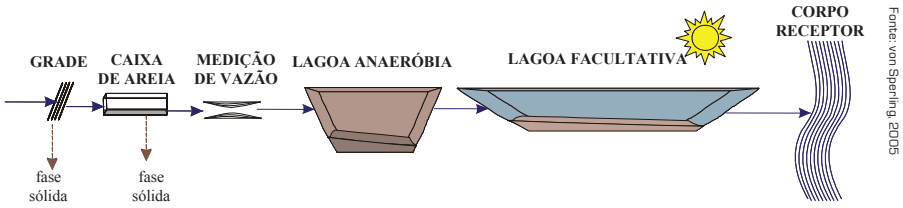
Fonte: ETE Brazlândia/DF

Lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas

Nesse processo, o esgoto bruto entra em uma lagoa de menores dimensões e mais profunda, onde a realização da fotossíntese geralmente não ocorre, criando um ambiente anaeróbio, já que o consumo de oxigênio é maior do que a produção.

A decomposição da matéria orgânica na lagoa anaeróbia é apenas parcial. A remoção da DBO, da ordem de 50 a 70%, representa uma grande contribuição, aliviando sobremaneira a carga para a lagoa facultativa e reduzindo, assim, as suas dimensões.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico desse sistema.



Fonte: von Sperling, 2005

Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa

O sistema lagoa anaeróbia seguido de lagoa facultativa tem uma eficiência um pouco superior à de uma lagoa facultativa única.

É importante ressaltar que a existência de uma etapa anaeróbia aberta é sempre uma causa de preocupação, devido à possibilidade da liberação de maus odores, caso o sistema apresente problemas operacionais.

Devido ao volume relativamente pequeno da lagoa anaeróbia, e ao fato de ela receber esgotos brutos, o acúmulo de lodo tem maior impacto, sendo necessária sua remoção no intervalo de alguns anos.

Lagoas aeradas facultativas

Para se ter um sistema com dimensões mais reduzidas ainda e, predominantemente, aeróbio, pode-se utilizar a lagoa aerada facultativa.

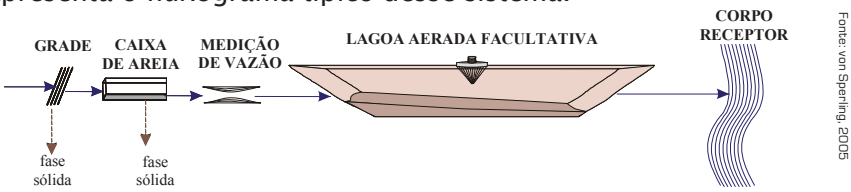
A principal diferença com relação à lagoa facultativa apresentada anteriormente é quanto à forma de suprimento de oxigênio. Na lagoa facultativa, o oxigênio tem origem na fotossíntese e na lagoa aerada facultativa o oxigênio é obtido através de aeradores.

Esses equipamentos causam um grande turbilhonamento na água, que propicia a penetração do oxigênio atmosférico na massa líquida, onde ele se dissolve. Com isto, consegue-se uma maior introdução de oxigênio, permitindo que a decomposição da matéria orgânica se dê mais rapidamente. Em decorrência, o tempo de detenção do esgoto na lagoa pode ser menor, reduzindo o requisito de área.

Fonte: http://www.belafranca.com.br/tratamento/foto5.jpg

A lagoa continua a ser denominada facultativa, pelo fato do nível de energia introduzido pelos aeradores ser suficiente apenas para a oxigenação, mas não para manter os sólidos em suspensão na massa líquida. Desta forma, os sólidos tendem a sedimentar e constituir a camada de lodo de fundo, a ser decomposta anaerobiamente.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico desse sistema.



Fonte: von Sperling, 2005

Lagoa aerada facultativa

Lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

Uma forma de se reduzir ainda mais o volume da lagoa aerada é o de se aumentar o nível de aeração, fazendo com que o turbilhonamento, além de garantir a oxigenação, permita que todos os sólidos sejam mantidos em suspensão no meio líquido.

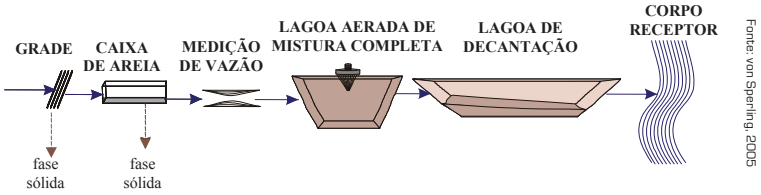
Entre os sólidos mantidos em suspensão e em mistura completa se incluem, além da matéria orgânica do esgoto bruto, também as bactérias (biomassa). O maior contato matéria orgânica-

bactérias faz com que a eficiência do sistema aumente bastante, permitindo que o volume da lagoa aerada seja bastante reduzido.

No entanto, embora a mistura completa aumente a eficiência dessa lagoa na remoção da matéria orgânica, como a biomassa permanece em suspensão em todo o volume da lagoa, ela pode sair com o efluente da lagoa. Essa biomassa é também matéria orgânica que, se lançada diretamente no corpo receptor, causaria a deterioração da qualidade das águas, devido ao consumo de oxigênio dissolvido.

Para solucionar esse eventual problema, após as lagoas aeradas de mistura completa são utilizadas lagoas de decantação, visando à sedimentação dos sólidos em suspensão (biomassa). Nessas lagoas, os sólidos vão para o fundo, onde são armazenados por um período de alguns anos, após o qual são removidos.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de lagoa aerada de mistura completa seguida de lagoa de decantação.



Lagoa aerada de mistura completa + lagoa de decantação

A área requerida por esse sistema é a menor entre os sistemas de lagoas de estabilização. O manuseio do lodo pode ser mais complicado, devido ao fato de se ter um menor período de armazenagem na lagoa, comparado com os outros sistemas. Caso a remoção de lodo seja periódica, ela ocorrerá numa freqüência aproximada em torno de 2 a 5 anos.

Lagoas de maturação

Fonte: http://www.finep.gov.br/prosab/IMAGENS/imagens_novas/4_foto_ufc_esgoto_02.gif

As lagoas de maturação possibilitam um polimento no efluente de qualquer dos sistemas de lagoas de estabilização ou mesmo de qualquer sistema de tratamento de esgotos. O principal objetivo das lagoas de maturação é o da remoção de organismos patogênicos.

A lagoa de maturação constitui-se, assim, numa opção de desinfecção, bastante eficiente e econômica, quando comparada a outros métodos convencionais, como a cloração, por exemplo.

O ambiente ideal para os microrganismos patogênicos é o trato intestinal humano. Fora deste, quer na rede de esgotos, no tratamento de esgotos, ou no corpo receptor, os organismos patogênicos tendem a morrer. Diversos fatores contribuem para isso, como temperatura, insolação, pH, escassez de alimento, organismos predadores, competição, compostos tóxicos etc. A lagoa de maturação é dimensionada de forma a fazer uma utilização ótima de alguns desses mecanismos. Vários desses mecanismos tornam-se mais efetivos com menores profundidades da lagoa, o que justifica o fato de que as lagoas de maturação sejam mais rasas, comparadas aos demais tipos de lagoas.

Nas lagoas de maturação, a eficiência na remoção de coliformes (como indicador da remoção de bactérias patogênicas e vírus) é elevadíssima e, usualmente, atingem ainda remoção total de ovos de helmintos.

O quadro a seguir apresenta as profundidades e o tempo de detenção de cada tipo de lagoa apresentado anteriormente.

Lagoa	Profundidade	Tempo de detenção
Facultativa	1,5 a 2,0 m	> 20 dias
Anaeróbia	4,0 a 5,0 m	2 a 5 dias
Aeradas facultativas		5 a 10 dias
Aerada de mistura completa		2 a 4 dias
Lagoas de maturação	<1,0	

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens do processo de tratamento por lagoas de estabilização!

Vantagens	Desvantagens

Aplicação de efluentes no solo

A aplicação de esgotos no solo pode ser considerada uma forma de disposição final, de tratamento, ou ambos.

- Um poluente no solo tem, basicamente, quatro possíveis destinos:
- Retenção na matriz do solo.
- Retenção pelas plantas.
- Aparecimento na água subterrânea.
- Coleta por drenos subsuperficiais.

A capacidade do solo em assimilar compostos orgânicos complexos depende de suas propriedades e condições climáticas.

Taxa de infiltração e tipos de cobertura vegetal são fatores importantes no uso do solo como meio de degradação de resíduos orgânicos. Tal degradação requer boa aeração do solo, a qual, por sua vez, é inversamente relacionada à umidade do solo. Condições de insuficiente aeração vão conduzir a uma menor capacidade de assimilação do resíduo orgânico pelo solo. Quase todos os tipos de solo são eficientes na remoção de material orgânico. A remoção resulta da ação filtrante do solo seguida pela oxidação biológica do material orgânico. Solos argilosos, com textura fina, ou solos com uma considerável quantidade de matéria orgânica, também reterão os constituintes da água residuária através dos mecanismos de absorção, precipitação e troca iônica.

Vamos, coletivamente, lembrar os sistemas de aplicação no solo mais comuns!

Sistema com base no solo	Sistema com base na água

A seleção do método de aplicação de efluentes no solo é função de vários fatores, incluindo a eficiência requerida, condições climáticas, profundidade da água subterrânea, permeabilidade do solo, declividade etc.

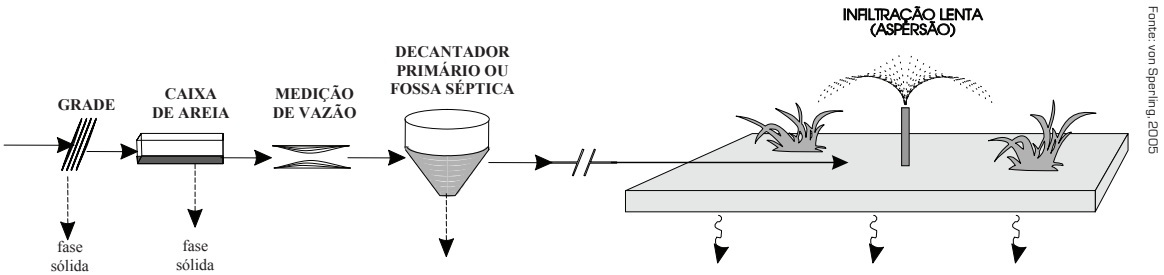
Irrigação

Os sistemas de irrigação podem ser classificados em dois tipos: sistemas de infiltração lenta e sistemas de irrigação de culturas.

O objetivo principal dos sistemas de infiltração lenta é o tratamento de esgotos, já nos sistemas de irrigação de culturas, também chamados de fertirrigação, o objetivo principal é o reúso da água para produção agrícola.

A irrigação constitui o sistema de aplicação no solo que requer a maior área superficial por unidade de água residuária tratada. Por outro lado, é o sistema natural com maior eficiência. As plantas são as grandes responsáveis pela remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, cabendo aos microrganismos do solo a remoção das substâncias orgânicas. Durante a percolação pelo solo, ocorre também uma elevada remoção de organismos patogênicos.

Na infiltração lenta, o esgoto pode ser aplicado ao solo por meio de aspersores, onde parte do esgoto evapora, parte percola e a maior parte é absorvida pelas plantas, que assimilam os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de infiltração lenta.



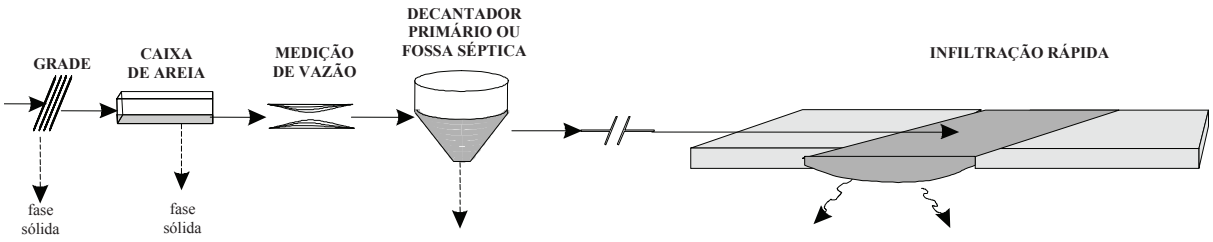
Infiltração lenta

Os sistemas de fertirrigação são projetados para a aplicação de águas residuárias ao solo, em quantidades compatíveis com as necessidades de nutrientes para as culturas. As taxas de aplicação são baseadas nas necessidades de irrigação da cultura e na eficiência de aplicação do sistema de distribuição.

Infiltração rápida (infiltração – percolação)

No sistema de infiltração – percolação ou infiltração rápida, o objetivo é fazer com que as águas residuárias sejam purificadas pela ação filtrante do solo.

Para infiltração rápida no solo, as águas residuárias são dispostas em "tabuleiros" rasos e sem revestimento, onde a maior parte do líquido percola pelo solo, sofrendo assim o tratamento, à exceção da parcela que evapora. A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de infiltração rápida.



Infiltração rápida

A aplicação é feita de maneira intermitente, de forma a permitir um período de descanso para o solo secar e restabelecer as condições aeróbias.

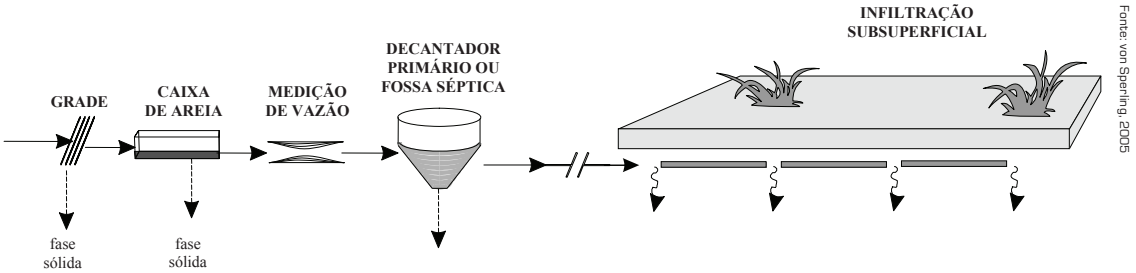
O método de infiltração – percolação é o que requer a menor área, entre os processos de disposição no solo.

Infiltração subsuperficial

Nos sistemas de infiltração subsuperficial, o esgoto pré-tratado é aplicado abaixo do nível do solo. Esse sistema de tratamento é basicamente o mesmo da infiltração – percolação, tendo como única diferença a aplicação não ser feita por inundação sobre a superfície do solo, e sim por formas de condução e aplicação enterradas no solo.

Os sistemas de infiltração subsuperficial são normalmente utilizados em conjunto com tanques sépticos complementados ou não por filtros anaeróbios, ou com reatores aeróbios de manta de lodo. A aplicabilidade é usualmente para conjuntos de residências, comunidades de pequeno porte ou habitações no meio rural.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de infiltração subperficial.



Infiltração subsuperficial

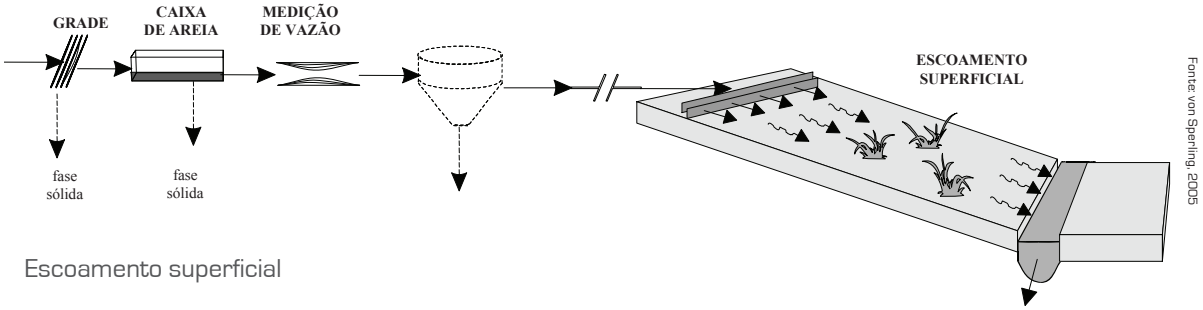
Aplicação com escoamento superficial

Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através da qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. À medida que o efluente percola no terreno, grande parte se evapora, uma menor parte se infiltra no solo, e o restante é coletado em canais, posicionados na parte inferior da rampa de tratamento. A aplicação é intermitente. Os solos de baixa permeabilidade, como os argilosos, são os indicados para esse tipo de sistema.

Fonte: Unicamp

Escoamento Superficial

A vegetação, associada com a camada de cobertura do solo, atua como um filtro vivo, retirando os nutrientes e dando condições para a retenção e transformação da matéria orgânica presente nos esgotos. Além disso, possibilita a proteção ao solo contra a erosão e também proporciona um "habitat" para a *biota*, possibilitando maior oportunidade para a ação dos microrganismos. A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de escoamento superficial.



Fonte: von Sperling, 2005

Escoamento superficial

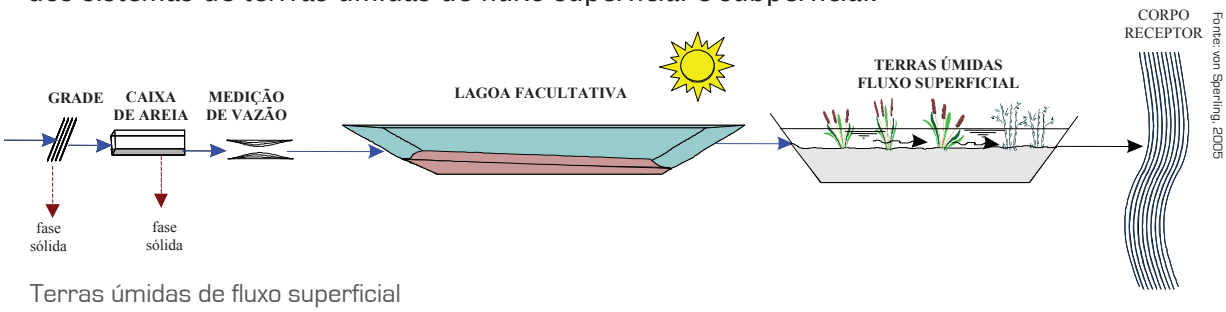
Terras úmidas construídas *(Wetlands)*

As terras úmidas construídas, *wetlands*, banhados artificiais ou alagados artificiais são denominações utilizadas para designar processos de tratamento de esgotos que consistem de lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas, e que se baseiam em mecanismos biológicos, químicos e físicos no sistema solo–água–planta que atuam no tratamento dos esgotos.

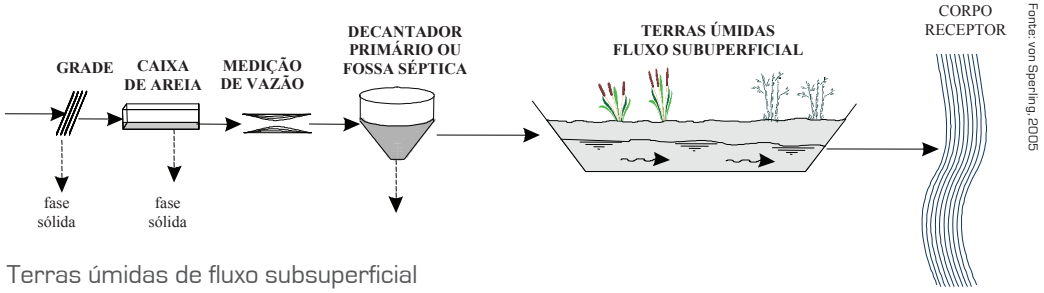
Sistema de terras úmidas

As terras úmidas construídas usualmente possuem uma camada impermeável de argila ou membrana sintética e estruturas para controlar a direção do fluxo, tempo de detenção hidráulica e o nível d'água. Dependendo do sistema, elas podem conter um meio poroso inerte, como pedras, cascalho ou areia.

O sistema pode ser de fluxo superficial (nível d'água acima do nível do solo) ou subsuperficial (nível d'água abaixo do nível do solo). As Figuras a seguir apresentam os fluxogramas típico dos sistemas de terrras úmidas de fluxo superficial e subperficial.



Terras úmidas de fluxo superficial



Terras úmidas de fluxo subsuperficial

Com relação à direção do fluxo da água, as terras úmidas podem ser classificadas como fluxo vertical ou horizontal.

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens dos sistemas de disposição de efluentes no solo!

Vantagens	Desvantagens

Sistemas de lodos ativados e variantes

O processo de lodos ativados é bastante utilizado em situações em que se deseja uma elevada qualidade do efluente com baixos requisitos de área. No entanto, a complexidade operacional, o nível de mecanização e o consumo energético são mais elevados, quando comparados aos outros processos de tratamento.

Tanque de areação

A seguir apresentamos as principais características do processo de lodos ativados convencional e aeração prolongada.

Lodos ativados convencional

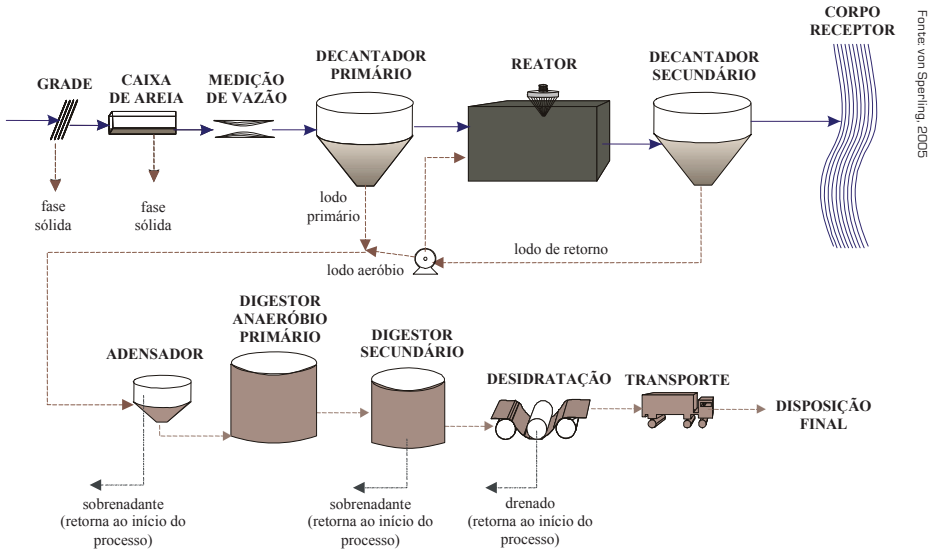
O processo consiste na estabilização da matéria orgânica por microrganismos aeróbios. Um fator importante nesse processo é a concentração da biomassa em suspensão no meio líquido. Quanto mais bactérias houver em suspensão, maior será o consumo de alimento, ou seja, maior será a assimilação da matéria orgânica presente no esgoto bruto. O princípio básico do processo de lodos ativados, então, é o retorno das bactérias presentes no decantador para o tanque de aeração, aumentando, assim, a concentração de bactérias nesta unidade.

O tempo de detenção hidráulica é bem baixo, implicando que o volume do tanque de aeração seja bem reduzido.

Devido à recirculação dos sólidos, estes permanecem no sistema por um tempo superior ao do líquido. Essa maior permanência dos sólidos no sistema é que garante a elevada eficiência do processo de lodos ativados, já que a biomassa tem tempo suficiente para estabilizar praticamente toda a matéria orgânica dos esgotos.

Para se economizar em termos de energia para a aeração, parte da matéria em suspensão, sedimentável, dos esgotos é retirada antes do tanque de aeração, através do decantador primário.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de lodos ativados convencional.



Lodos ativados convencional

No tanque de aeração, devido à entrada contínua de alimento, na forma de DBO, dos esgotos, as bactérias crescem e se reproduzem continuamente. Caso fosse permitido que a população de bactérias crescesse indefinidamente, elas tenderiam a atingir concentrações excessivas no tanque de aeração, dificultando a transferência de oxigênio a todas as células. Além disso, o decantador secundário ficaria sobrecarregado, e os sólidos não teriam mais condições de sedimentar satisfatoriamente, vindo a sair com o efluente final, deteriorando a sua qualidade. Para manter o sistema em equilíbrio, é necessário que se retire aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução. Esse é, portanto, o lodo biológico excedente, que pode ser extraído diretamente do reator ou da linha de recirculação. O lodo excedente deve passar pelos processos de **adensamento, digestão e desidratação**.

Você sabe o que significa adensamento, digestão e desidratação?

Esses processos são utilizados no gerenciamento do lodo, sendo as principais etapas e os objetivos apresentados a seguir:

- **Adensamento ou espessamento:** remoção de umidade (redução de volume).
- **Estabilização:** remoção da matéria orgânica (redução de sólidos voláteis).
- **Condicionamento:** preparação para a desidratação (principalmente mecânica).
- **Desaguamento ou desidratação:** remoção de umidade (redução de volume).
- **Higienização:** remoção de organismos patogênicos.
- **Disposição final:** destinação final dos subprodutos.

Leito de secagem

Filtro prensa

ETE Laboreaux, Itabirra/MG.

A incorporação de cada uma dessas etapas no fluxograma do processamento do lodo depende das características do lodo gerado ou, em outras palavras, do sistema de tratamento utilizado para a fase líquida, bem como da etapa de tratamento do lodo subseqüente e da disposição final.

> Para saber mais sobre esse assunto, participe da oficina “Lodo gerado em estações de tratamento de água e esgoto”.

Agora vamos tratar da outra modalidade de lodos ativados!

Lodos ativados aeração prolongada

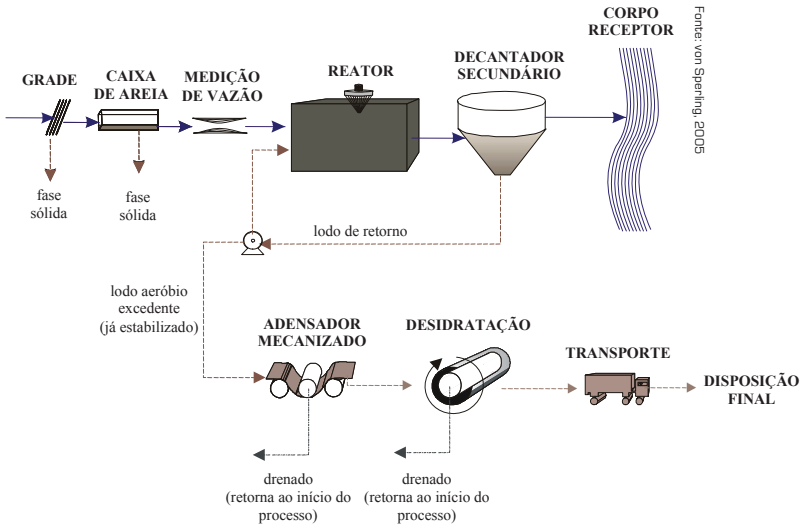
No sistema de lodos ativados convencional, a biomassa retirada no lodo excedente requer também uma etapa de estabilização no tratamento do lodo, por conter ainda um elevado teor de matéria orgânica biodegradável na composição de suas células.

No entanto, caso a biomassa permaneça no sistema por um período mais longo, recebendo a mesma carga de DBO de esgoto bruto que o sistema convencional, haverá uma menor disponibilidade de alimento para as bactérias. Devido à maior idade do lodo, o reator possui um maior volume e, em decorrência, uma maior quantidade de biomassa. Portanto, há menos matéria orgânica por unidade de volume do tanque de aeração e por unidade de massa microbiana. Como resultado, as bactérias, para sobreviver, passam a utilizar nos seus processos metabólicos a própria matéria orgânica componente das suas células. Isso corresponde a uma estabilização da biomassa, ocorrendo no próprio tanque de aeração.

Nessa modalidade, o fluxograma do tratamento do lodo requer apenas uma etapa de adensamento e desidratação, dispensando a etapa de digestão (estabilização).

Os sistemas de aeração prolongada usualmente não possuem decantadores primários, para evitar a necessidade de estabilizar o lodo primário. Com isso, obtém-se uma grande simplificação no fluxograma do processo: não há decantadores primários nem unidades de digestão de lodo.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de lodos ativados aeração prolongada.



Lodos ativados aeração prolongada

A conseqüência dessa simplificação do sistema é o maior gasto com energia para aeração, já que o lodo é estabilizado aerobiamente no reator. Por outro lado, a reduzida disponibilidade de alimento e a sua praticamente total assimilação fazem com que a aeração prolongada seja um dos processos de tratamento dos esgotos mais eficientes na remoção de DBO.

No quadro a seguir, são apresentados os tempos de detenção e a idade do lodo (tempo de retenção dos sólidos) para as modalidades de lodos ativados.

Modalidade	Tempo de detenção	Idade do lodo
Convencional	6 a 8 horas	4 a 10 dias
Aeração prolongada	16 a 24 horas	18 a 30 dias

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens do processo de tratamento por lodos ativados!

Vantagens	Desvantagens

Reatores aeróbios com biofimes

Nesse sistema, a biomassa cresce aderida a um meio suporte. Como exemplos desse sistema podem-se citar: filtro de baixa carga, filtro de alta carga, biofiltro aerado submerso e o biodisco.

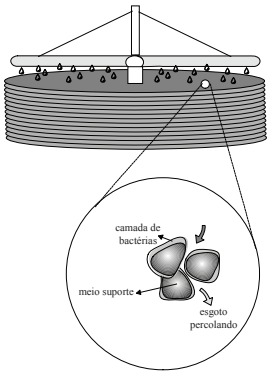
Filtros biológicos percoladores

No processo de filtros biológicos percoladores, a biomassa ao invés de crescer dispersa em um tanque ou lagoa, cresce aderida a um meio suporte.

Um filtro biológico compreende, basicamente, um leito de material grosseiro, tal como pedras, brita, escória de alto-forno, ripas ou material plástico, sobre o qual os esgotos são aplicados sob a forma de gotas ou jatos. Após a aplicação, os esgotos percolam em direção aos drenos de fundo. Essa percolação permite o crescimento bacteriano na superfície do material de enchimento, na forma de uma película fixa. Com a passagem dos esgotos, há um contato entre os microrganismos e o material orgânico.

ETE Laboreaux, Itabira/MG

Filtro biológico percolador



Fonte: von Sperling, 2005

Representação esquemática

Os filtros biológicos são sistemas aeróbios, pois o ar circula nos espaços vazios entre as pedras, fornecendo o oxigênio para a respiração dos microrganismos. A ventilação é usualmente natural.

A aplicação dos esgotos sobre o meio é feita através de distribuidores rotativos, movidos pela própria **carga hidráulica** dos esgotos. O líquido escoa rapidamente pelo meio suporte. No entanto, a matéria orgânica é adsorvida pela película microbiana, ficando retida um tempo suficiente para sua estabilização.

Carga hidráulica expressa o volume de líquido aplicado por unidade de tempo, por exemplo, a uma unidade da ETE.

À medida que a biomassa cresce na superfície das pedras, o espaço vazio tende a diminuir, fazendo com que a velocidade de escoamento nos poros aumente. Ao atingir um determinado valor, essa velocidade causa uma tensão de cisalhamento, que desaloja parte do material aderido. Essa é uma forma natural de controle da população microbiana no meio. O lodo desalojado deve ser removido nos decantadores secundários, de forma a diminuir o nível de sólidos em suspensão no efluente final.

Os filtros biológicos percoladores podem ser de baixa ou de alta carga.

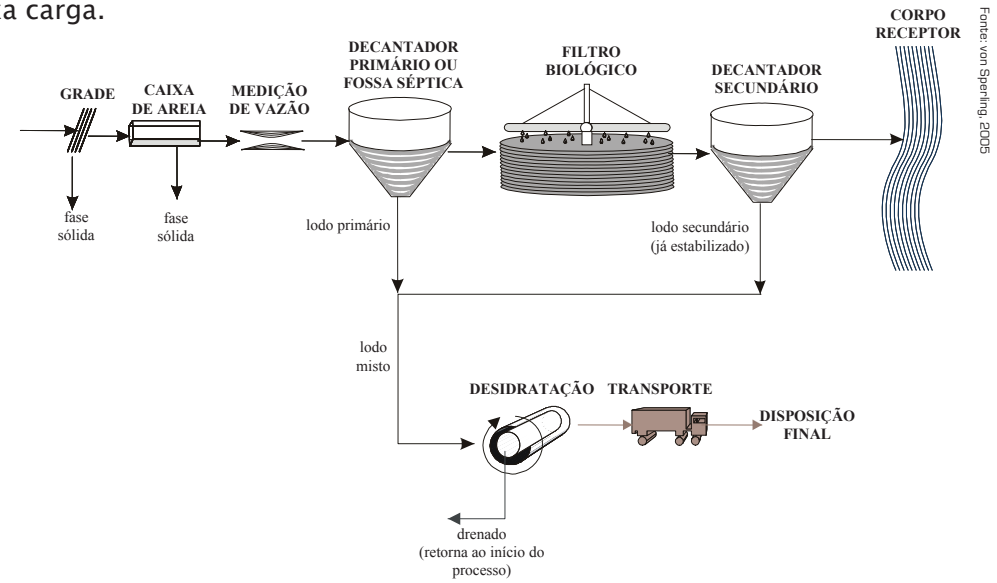
O que significam os termos baixa carga e alta carga?

Filtros biológicos percoladores de baixa carga

Nesse tipo de processo, a disponibilidade de alimentos é menor, o que resulta em uma estabilização parcial do lodo e em uma maior eficiência na remoção de DBO. Os filtros biológicos de baixa carga são ainda eficientes na remoção de amônia por nitrificação.

Pelo fato de o lodo biológico excedente estar estabilizado, é necessária apenas a etapa de desidratação.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de filtros biológicos percoladores de baixa carga.



Filtro biológico percolador de baixa carga

Filtros biológicos percoladores de alta carga

Os filtros biológicos percoladores de alta carga, por receberem uma maior carga de DBO por unidade de volume, apresentam as seguintes diferenças principais em relação aos de baixa carga:

- Os requisitos de área são menores.
- Há uma ligeira redução na eficiência de remoção de matéria orgânica.
- O lodo não é digerido no filtro.
- Ocorre a recirculação do efluente.

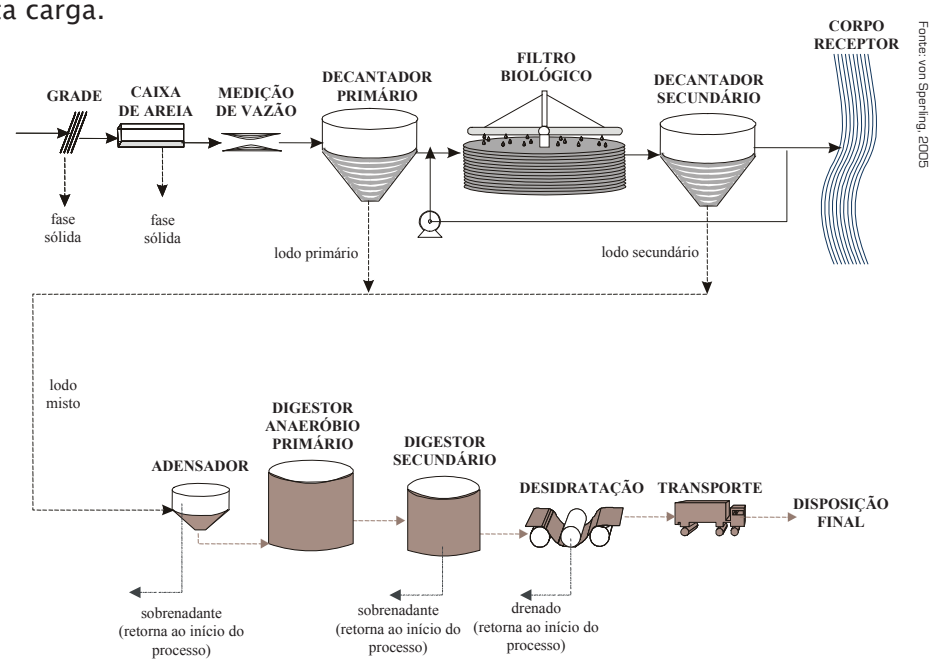
A recirculação do efluente é feita para:

- Manter a vazão aproximadamente uniforme durante todo o dia (à noite, os braços distribuidores poderiam não rodar, devido à baixa vazão,o que poderia secar o leito).
- Equilibrar a carga afluente.
- Possibilitar uma nova chance de contato da matéria orgânica efluente.
- Trazer oxigênio dissolvido para o líquido afluente.

Algumas das limitações dos filtros biológicos com leito de pedras, quando operam com elevadas cargas orgânicas, referem-se ao entupimento dos espaços vazios, devido ao crescimento excessivo da película biológica. Nessas condições, podem ocorrer inundações e falhas do sistema.

No caso dos filtros percoladores de alta carga, o lodo biológico excedente não se encontra estabilizado, pelo fato de haver suprimento suficiente de alimento para a biomassa, a qual não tem a necessidade de se autoconsumir, como no caso dos filtros de baixa carga. Por esse motivo, o tratamento do lodo deve incluir não apenas a remoção da umidade (adensamento e desidratação), mas também a digestão.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de filtros biológicos percoladores de alta carga.



Fonte: von Sperling, 2005

Filtro biológico percolador de alta carga

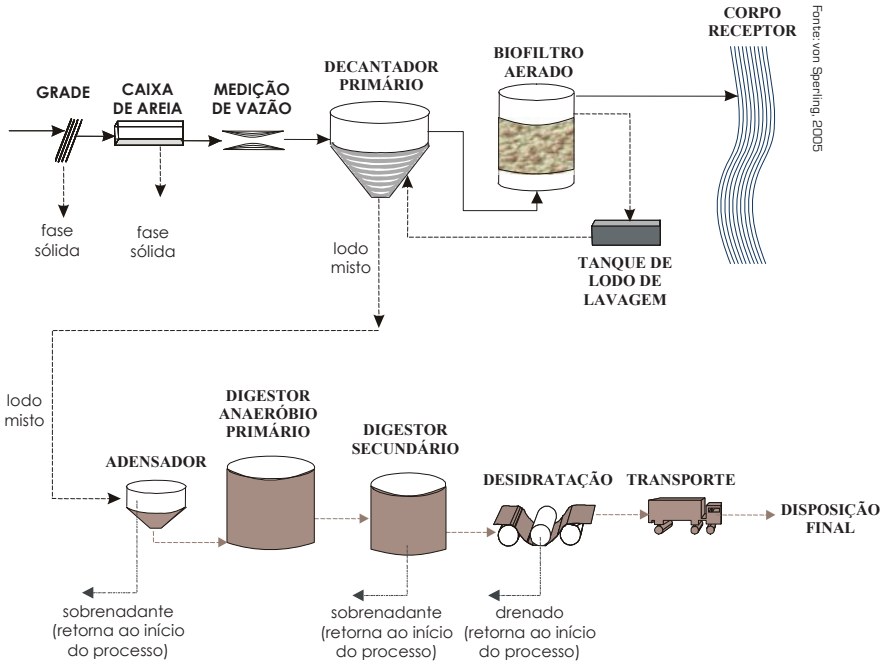
Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens dos filtros biológicos percoladores!

Vantagens	Desvantagens

Biofiltro aerado submerso

O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com um material poroso, através do qual o esgoto e o ar fluem permanentemente.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de biofiltro aerado submerso.



Biofiltro aerado submerso

Há duas principais variantes dos biofiltros aerados: biofiltros com meio granular e filtros biológicos aerados submersos com leito estruturado.

Os **biofiltros (BF)** com meio granular realizam, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes nos esgotos. Além de servir de meio suporte para os microrganismos, o material granular constitui-se em meio filtrante. São necessárias lavagens periódicas para se eliminar o excesso de biomassa acumulada, reduzindo as perdas de carga hidráulica através do meio.

Os **filtros biológicos aerados submersos (FBA)** com leito estruturado caracterizam-se pelo enchimento do mesmo tipo utilizado para os filtros biológicos percoladores. Por não possuírem enchimento do tipo granular, não retêm biomassa em suspensão pela ação de filtração e usualmente necessitam de decantadores secundários. O fornecimento de ar para aeração é feito por meio de difusores de bolhas grossas, colocados na parte inferior do filtro e alimentados por sopradores.

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens dos biofiltros aerados submersos!

Vantagens	Desvantagens

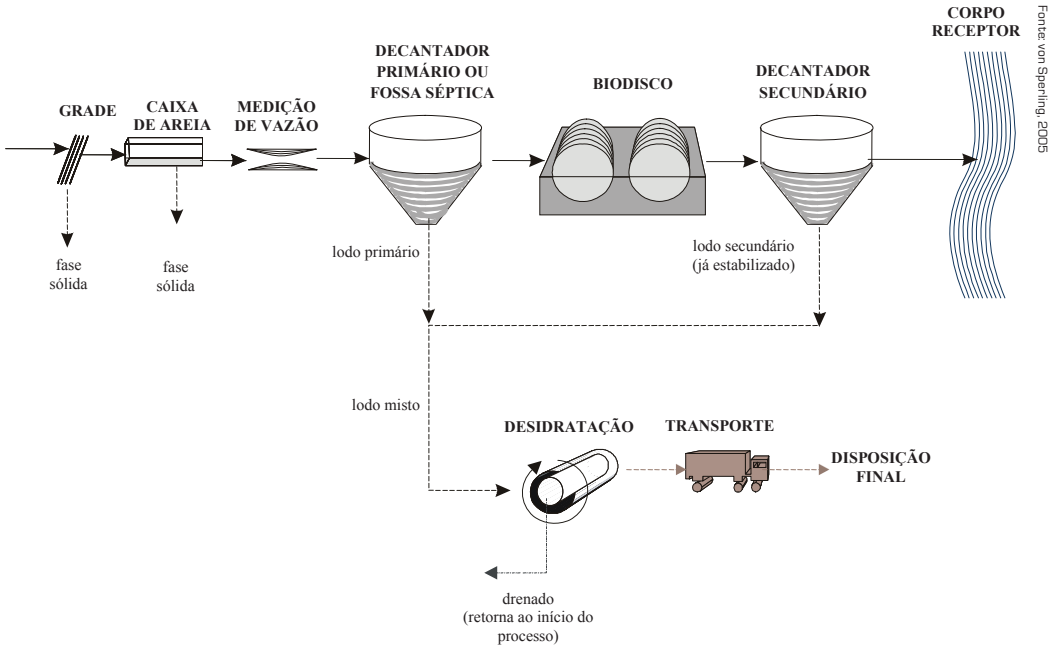
Biodiscos

O processo consiste de uma série de discos ligeiramente espaçados, montados em um eixo horizontal.

Ao entrar em operação, os microrganismos no esgoto começam a aderir aos discos, e ali crescem, formando um biofilme. A biomassa, ora em contato com o esgoto, ora em contato com o ar, possibilita a aeração do esgoto e a metabolização da matéria orgânica.

Quando a camada biológica atinge uma espessura excessiva, ela se desgarra dos discos. Parte desses organismos que se desgarram é mantida em suspensão no meio líquido, devido ao movimento dos discos, aumentando a eficiência do sistema.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de biodisco.



Biodiscos

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens dos biodiscos!

Vantagens	Desvantagens

Vamos, agora, tratar dos processos anaeróbios de tratamento de esgotos!

Tratamento anaeróbio

Os tipos mais utilizados de reatores anaeróbios são o filtro anaeróbio (pós-tratamento dos tanques sépticos) e o reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (reator UASB).

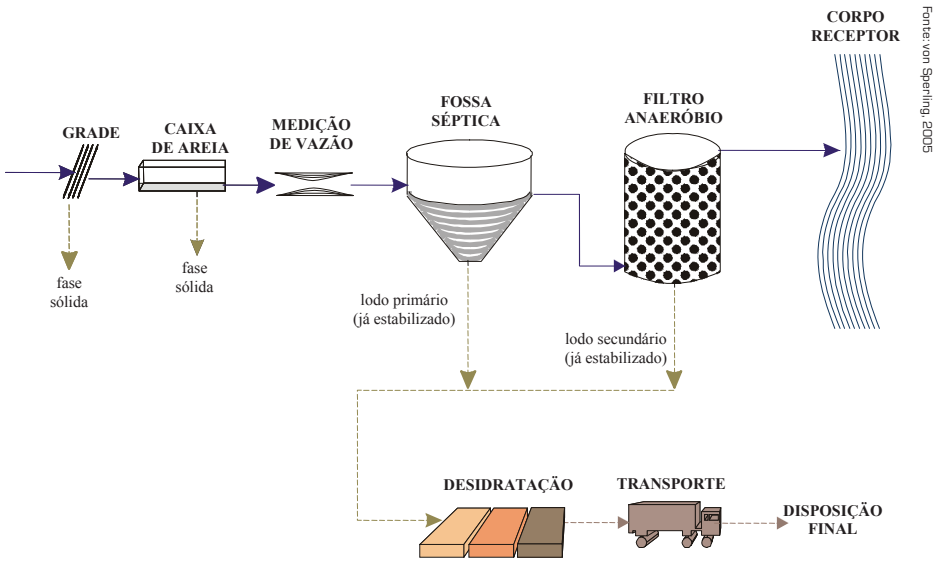
Tanque séptico – filtro anaeróbio

O sistema de tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios tem sido bastante utilizado no meio rural e em comunidades de pequeno porte.

O tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque. A remoção de DBO é limitada. Desta forma, o efluente, ainda, com elevadas concentrações de matéria orgânica, é enviado ao filtro anaeróbio, onde ocorre a sua remoção complementar, também em condições anaeróbias.

O filtro anaeróbio é um reator em que a biomassa cresce aderida a um meio suporte, usualmente pedras. O fluxo do líquido é ascendente, ou seja, a entrada é na parte inferior do filtro, e a saída na parte superior. A carga de DBO aplicada por unidade de volume é bastante elevada, o que garante as condições anaeróbias e repercute na redução de volume do reator.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio.



Tanque séptico - Filtro anaeróbio

A produção de lodo nos sistemas anaeróbios é baixa, e ele já sai estabilizado, podendo ser dirigido diretamente para um leito de secagem.

Por ser um sistema anaeróbio, sempre há risco de geração de maus odores. No entanto, procedimentos de projeto e operacionais adequados podem contribuir para reduzir esses riscos.

Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens do sistema tanque séptico e filtro anaeróbio!

Vantagens	Desvantagens

Reator UASB

Os reatores UASB constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgotos no Brasil, como unidades únicas, ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento.

Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte/MG

Reator UASB

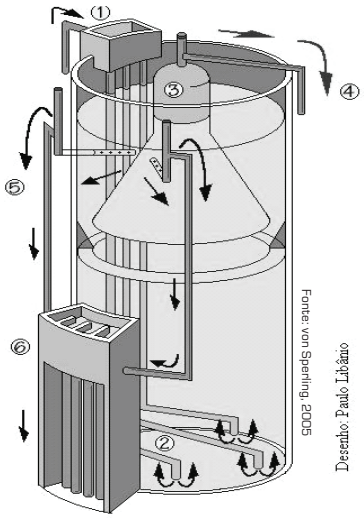
Nos reatores UASB, a biomassa cresce dispersa no meio. Como a concentração de biomassa no reator é bastante elevada, o volume requerido para os reatores anaeróbios de manta de lodo é bastante reduzido, em comparação com todos os outros sistemas de tratamento.

O processo dos reatores UASB consiste essencialmente de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade, o que causa a estabilização de grande parte da matéria orgânica pela biomassa. Como resultado da atividade anaeróbia, formados gases, principalmente metano e gás carbônico.

De forma a reter a biomassa no sistema, impedindo que ela saia com o efluente, a parte superior dos reatores de manta de lodo apresenta uma estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos. Esta estrutura é denominada separador trifásico, por separar o líquido, os sólidos e os gases.

Fonte: ETE experimental UFMG

Reator UASB



Fonte: von Sperling, 2005

Desenho: Paulo Libânio

Representação esquemática

1: caixa de entrada
2: tubulação de entrada do esgoto afluente
3: separador trifásico
4: tubulação de saída do biogás
5: tubulação de saída do efluente
6: caixa de distribuição do efluente

Devido à elevada retenção de sólidos, a idade do lodo é bastante elevada, e o tempo de detenção hidráulica pode ser reduzido (da ordem de 6 a 10 horas). O efluente sai do compartimento de sedimentação relativamente clarificado, e a concentração de biomassa no reator é mantida elevada.

Fonte: ETE Onça, Belo Horizonte/MG

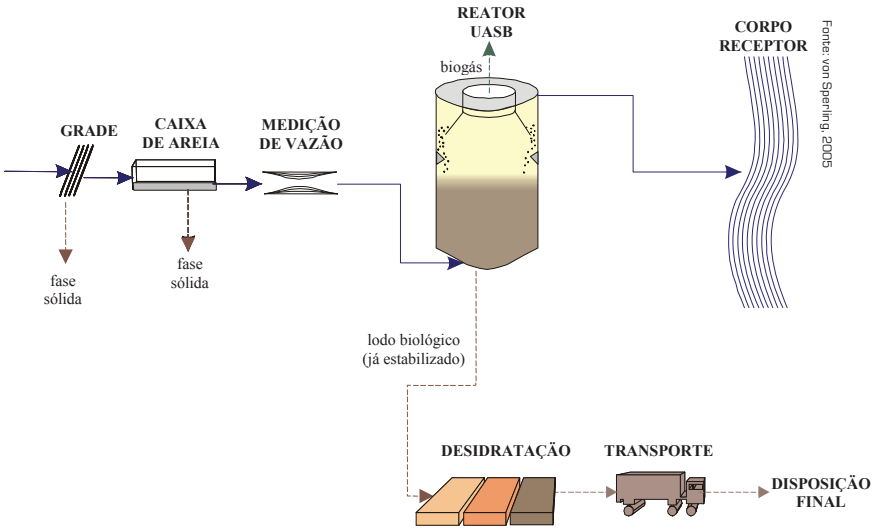
Sistema de coleta e queima de gás

O gás coletado na parte superior, no compartimento de gases, pode ser retirado para reaproveitamento (energia do metano) ou queima. Inserir figura “Biogas” ao lado dessa frase

Quais são as formas de aproveitamento energético do biogás gerado em reatores UASB?

Com a contínua entrada de alimento no reator, na forma de DBO, há um contínuo crescimento da biomassa. Isso traz a necessidade de remoções periódicas dessa biomassa (lodo), de forma a manter o sistema em equilíbrio. O lodo retirado do reator UASB já sai digerido e adensado, podendo ser simplesmente desidratado em leitos de secagem ou por meio de equipamentos mecânicos.

A Figura a seguir apresenta o fluxograma típico do sistema de reatores UASB.



Reator UASB

> Vamos, coletivamente, elaborar uma lista das vantagens e desvantagens dos reatores UASB!

Vantagens	Desvantagens

Os reatores UASB dificilmente produzem efluentes que atendem aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Diante desse fato, torna-se de grande importância o pós-tratamento dos efluentes dos reatores UASB, como uma forma de adequar o efluente tratado aos requisitos da legislação ambiental e propiciar a proteção dos cursos d'água.

Vamos discutir o pós-tratamento dos reatores UASB!

Reatores UASB + pós-tratamento

Reflita e se manifeste...

Quais são os sistemas de tratamento utilizados como pós-tratamento de reatores UASB que você conhece? Quais as vantagens da associação reatores UASB + pós-tratamento?

Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos podem ser usados como pós-tratamento dos efluentes do reator UASB. Nesse caso, os decantadores primários (caso existentes) são substituídos pelos reatores anaeróbios, e o excesso de lodo da etapa aeróbia, se ainda não estabilizado, é bombeado de volta ao reator anaeróbio, onde sofre adensamento e digestão. A eficiência global do sistema é usualmente similar à que seria alcançada se o processo de pós-tratamento fosse aplicado ao esgoto bruto. Os requisitos de área, volume e energia, bem como a produção de lodo, são bem menores.

A seguir apresentamos alguns processos de tratamento com associação de reatores UASB seguidos de pós-tratamento.

Reatores UASB + Filtro Biológico Percolador

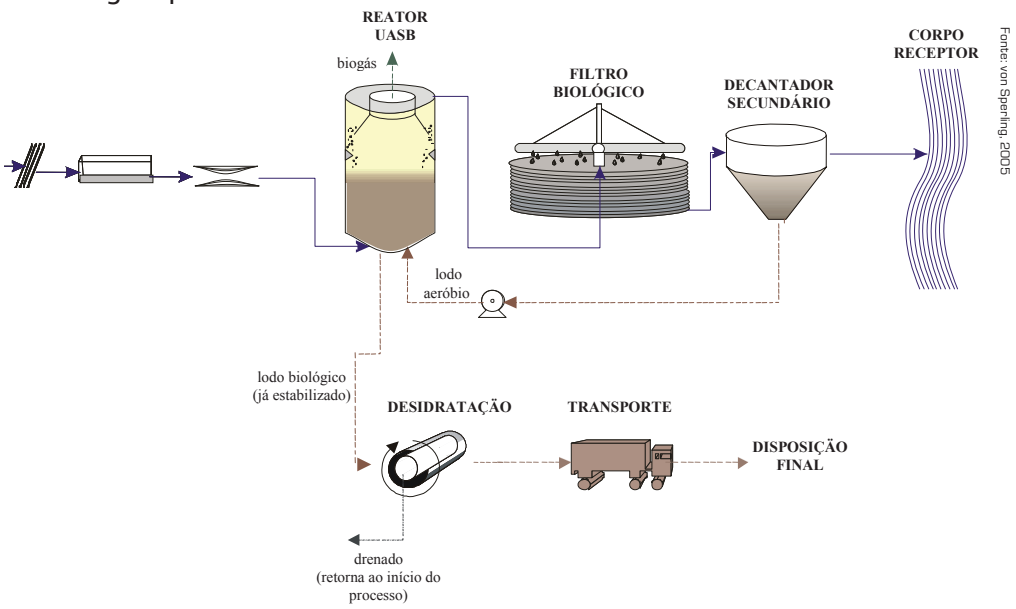
No Brasil, os filtros biológicos percoladores (FBP) têm recentemente encontrado aplicação como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, os quais, nesse caso, substituem, com vantagens, o decantador primário.

ETE Laboreaux, Itabira/MG

UASB+FBP

O lodo aeróbio gerado no filtro biológico percolador, ainda não estabilizado, é enviado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, juntamente com o lodo anaeróbio. Como essa vazão de retorno do lodo aeróbio é bem baixa, comparada com a vazão afluente, não há distúrbios operacionais introduzidos no reator UASB. O tratamento do lodo é grandemente simplificado, já que não há necessidade de adensadores e digestores, havendo apenas a etapa de desidratação. O lodo misto retirado do reator anaeróbio, digerido e com concentrações similares às de um lodo efluente de adensadores, possui ainda ótimas características de desidratabilidade.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de filtro biológico percolador.



UASB + FBP

Reatores UASB + Lodos Ativados

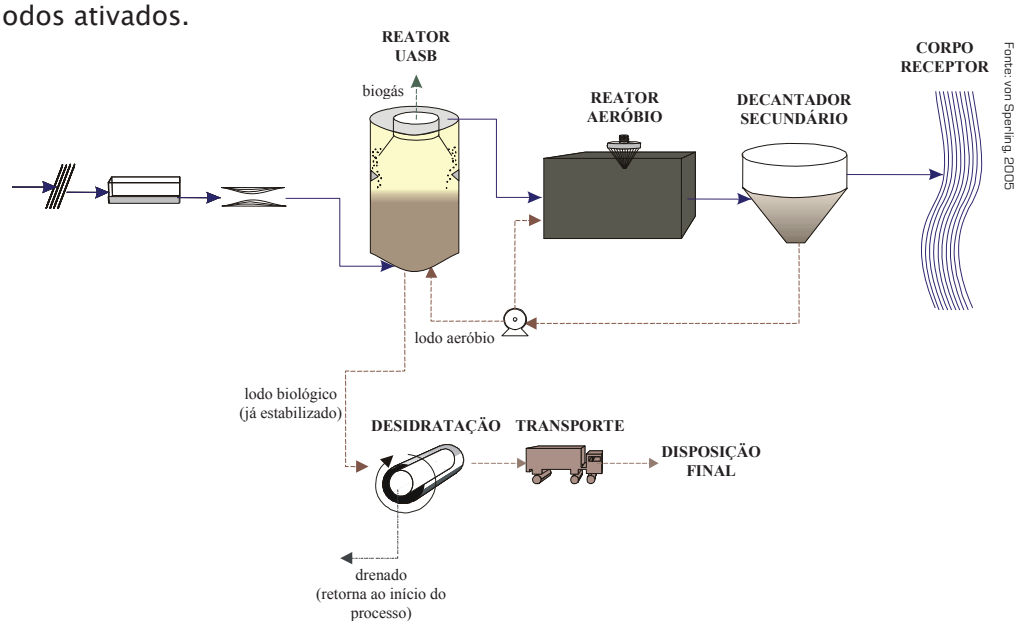
Nessa configuração, ao invés de se ter o decantador primário, tem-se o reator anaeróbio. O lodo aeróbio excedente, originado do sistema de lodos ativados, ainda não estabilizado, é retornado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, conjuntamente como o lodo anaeróbio. O lodo misto resultante necessita apenas desidratação, simplificando muito o tratamento do lodo, uma vez que elimina as etapas de adensamento e digestão.

As principais vantagens dessa configuração, comparada com a concepção tradicional do sistema de lodos ativados convencional, são:

- Redução na produção de lodo.
- Redução no consumo de energia.
- Redução no consumo de produtos químicos para desidratação.
- Menor número de unidades diferentes a serem implementadas.
- Menor necessidade de equipamentos.
- Maior simplicidade operacional.

O volume total das unidades é similar ou um pouco inferior ao volume total das unidades do sistema de lodos ativados convencional. A eficiência de remoção de DBO é similar à concepção tradicional de lodos ativados convencional.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de lodos ativados.



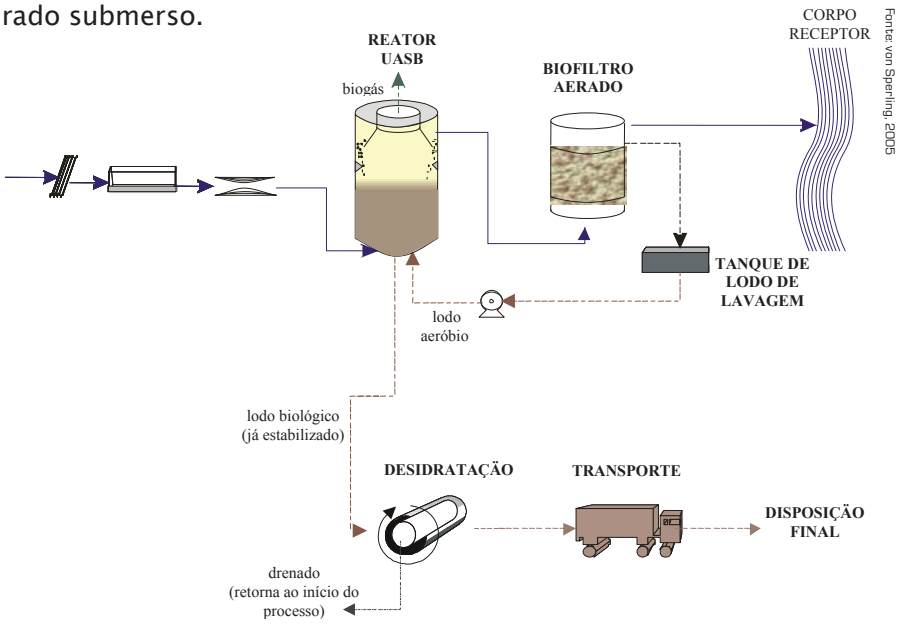
UASB + lodos ativados

Reatores UASB + Biofiltro Aerado Submerso

No Brasil, a maior aplicação dos biofiltros aerados submersos tem sido como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB. O decantador primário é substituído pelo reator UASB. Há grande economia de energia nos biofiltros, advinda da maior eficiência de remoção de DBO nos reatores UASB. O lodo em excesso, removido pela lavagem dos filtros, é retornado ao reator UASB, onde sofre adensamento e digestão, conjuntamente com o lodo anaeróbio. O lodo misto resultante necessita apenas de desidratação.

Estações de tratamento de esgotos que utilizam reatores UASB seguidos de biofiltros aerados submersos apresentam um fluxograma muito simplificado, que compreende as unidades do tratamento preliminar, as unidades de tratamento biológico anaeróbio e aeróbio em sequência (reator UASB e biofiltro aerado submerso), as unidades de aeração, de acumulação de lodo, de lavagem e de desidratação.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de biofiltro aerado submerso.



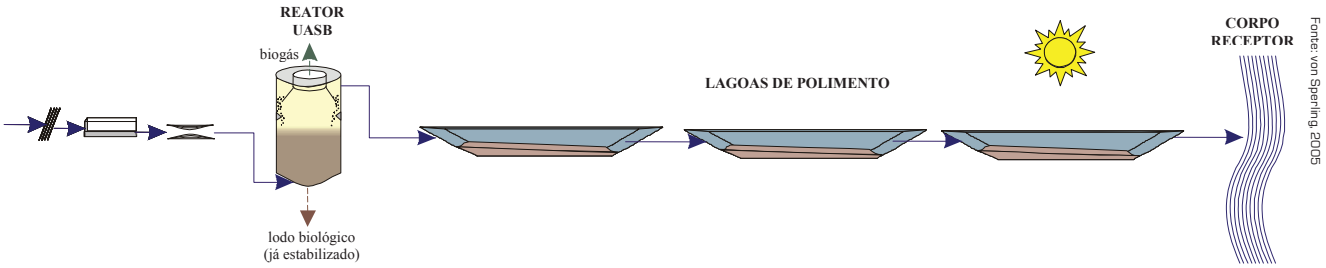
UASB + biofiltro aerado submerso

Reator UASB + Lagoa de Polimento

Lagoa de polimento é o termo empregado para unidades de pós-tratamento dos reatores UASB. Essas lagoas além de apresentarem uma efetiva remoção de organismos patogênicos (função das lagoas de maturação), alcançam ainda certo polimento na qualidade do efluente, em termos de remoção da matéria orgânica.

Estações de tratamento de esgotos que utilizam reatores UASB seguidos de lagoas de polimento apresentam um fluxograma muito simplificado, que compreende as unidades do tratamento preliminar, o reator UASB, a lagoa de polimento (única ou em série) e a unidade de desidratação do lodo.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de lagoa de polimento.



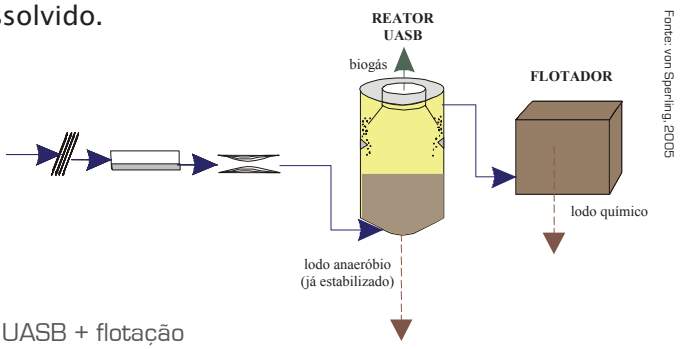
UASB + lagoa de polimento

Reator UASB + Flotação por Ar Dissolvido

A flotação é utilizada para separar partículas suspensas ou materiais graxos ou oleosos de uma fase líquida. A separação é produzida pela combinação de bolhas de gás, geralmente o ar, com a partícula, resultando em um agregado, cuja densidade é menor que a do líquido, que ascende à sua superfície, podendo ser coletada em uma operação de raspagem superficial.

O pós-tratamento de efluentes anaeróbios por sistemas de flotação resulta em um sistema bastante compacto, capaz de produzir efluentes de excelente qualidade, em termos de DQO, SST e fósforo. Todavia, a remoção de nitrogênio amoniacal e coliformes é baixa. Em relação ao lodo produzido em unidades de flotação, as quantidades tendem a ser maiores que as observadas em sistemas biológicos de pós-tratamento, mas usualmente apresentam teores mais elevados de sólidos, favorecendo a sua disposição final em aterros sanitários.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de flotação por ar dissolvido.

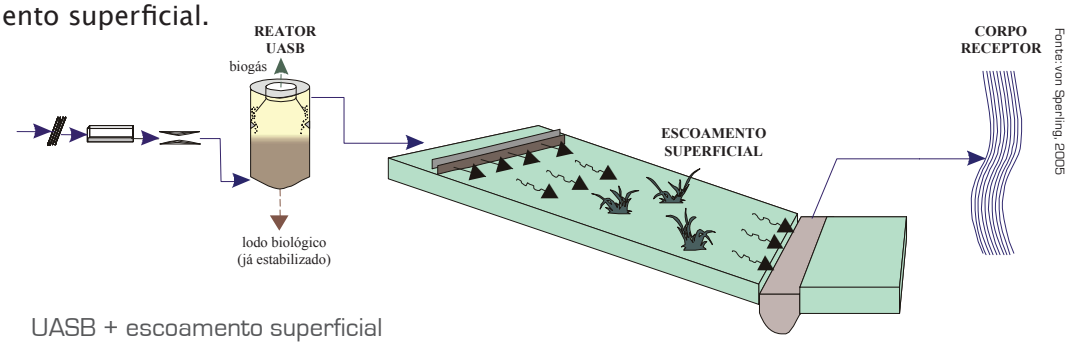


UASB + flotação

Reator UASB + Aplicação no Solo

Nesse tipo de configuração, o reator UASB substitui o decantador primário utilizado nos sistemas convencionais. O tratamento do lodo é mais simplificado, visto que o lodo anaeróbio já sai adensado e estabilizado, sendo necessária apenas a unidade de desidratação.

A figura a seguir mostra o fluxograma do processo de tratamento – reatores UASB seguido de escoamento superficial.



UASB + escoamento superficial

Discutimos vários processos de tratamento de esgotos, alguns anaeróbios e outros aeróbios, vamos agora listar as principais vantagens e desvantagens dos processos anaeróbios e dos processos aeróbios.

Processos anaeróbicos

Vantagens	Desvantagens

Processos aeróbicos

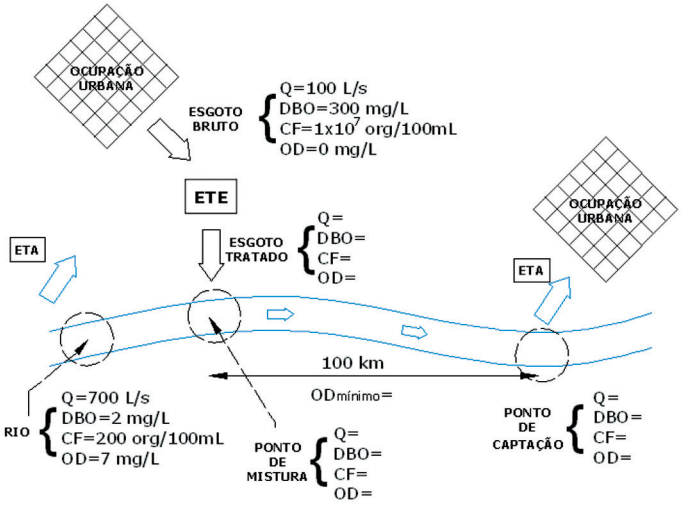
Vantagens	Desvantagens

Você já conhece os principais sistemas de tratamento de esgotos. Contudo, será que considerando-se o desempenho típico desses sistemas, seriam eles capazes de permitir o atendimento aos padrões ambientais considerados?

Para responder a essa pergunta, vamos realizar algumas simulações de qualidade da água considerando alguns dos sistemas de tratamento de esgotos apresentados.

Atividade em grupo

Cada grupo deverá escolher um sistema de tratamento de esgoto e, a partir das eficiências típicas do sistema escolhido e dos dados apresentados na figura a seguir, você e seus colegas deverão simular a qualidade da água no corpo receptor e preencher os valores que faltam na figura.



Você e seus colegas devem discutir as seguintes questões:

- Os padrões ambientais foram atendidos no ponto de mistura?
- Os padrões ambientais foram atendidos no ponto de captação da localidade à jusante, localizada a uma distância de 100 km do ponto de lançamento?
- Caso os padrões ambientais não tenham sido atendidos, proponham alguma solução.

Os quadros a seguir, apresentam as eficiências de remoção e as concentrações médias efluentes típicas dos processos de tratamento.

Sistema	Eficiência média de remoção (%)					
	DBO	DQO	SS	N_{total}	P_{total}	CF
Lagoa facultativa	75–85	65–80	70–80	<60	<35	90–99
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	75–85	65–80	70–80	<60	<35	90–99
Lagoa aerada facultativa	75–85	65–80	70–80	<30	<35	90–99
Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação	75–85	65–80	80–87	<30	<35	90–99
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	80–85	70–83	73–83	50–65	>50	99,9–99,999
Infiltração lenta	90–99	85–95	>93	>75	>85	99,9–99,999
Infiltração rápida	85–98	80–93	>93	>65	>50	99,99–99,999
Escoamento superficial	80–90	75–85	80–93	<65	<35	99–99,9
Wetlands	80–90	75–85	87–93	<60	<35	99,9–99,99
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80–85	70–80	80–90	<60	<35	90–99
Reator UASB	60–75	55–70	65–80	<60	<35	≈90
UASB + lodos ativados	83–93	75–88	87–93	<60	<35	90–99
UASB + filtro anaeróbio	75–87	70–80	80–90	<60	<35	90–99
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	80–93	73–88	87–93	<60	<35	90–99
UASB + biofiltro aerado submerso	83–93	75–88	87–93	<60	<35	90–99
UASB + flotação por ar dissolvido	83–93	83–90	90–97	<30	75–88	90–99
UASB + lagoa aerada facultativa	75–85	65–80	70–80	<30	<30	90–99
UASB + escoamento superficial	77–90	70–85	80–93	<65	<35	99–99,9
UASB + lagoas de polimento	77–87	70–83	73–83	50–65	>50	99,9–99,999
Lodos ativados convencional	85–93	80–90	87–93	<60	<35	90–99
Lodos ativados – aeração prolongada	90–97	83–93	87–93	<60	<35	90–99
Filtro biológico percolador de baixa carga	85–93	80–90	87–93	<60	<35	90–99
Filtro biológico percolador de alta carga	80–90	70–87	87–93	<60	<35	90–99
Biodisco	88–95	83–90	87–93	<60	<35	90–99

Fonte: von Sperling, 2005

Sistema	Concentração média do efluente					
	DBO	DQO	SS	N_{total}	P_{total}	CF
	(mg/L)					
Lagoa facultativa	50–80	120–200	60–90	>20	>4	10^6–10^7
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	50–80	120–200	60–90	>20	>4	10^6–10^7
Lagoa aerada facultativa	50–80	120–200	60–90	>30	>4	10^6–10^7
Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação	50–80	120–200	40–60	>30	>4	10^6–10^7
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	40–70	100–180	50–80	15–20	<4	10^2–10^4
Infiltração lenta	<20	<80	<20	<10	<1	10^2–10^4
Infiltração rápida	<20	<80	<20	<15	<4	10^3–10^4
Escoamento superficial	30–70	100–150	20–60	>15	>4	10^4–10^6
Wetlands	30–70	100–150	20–40	>20	>4	10^4–10^5
Tanque séptico + filtro anaeróbio	40–80	100–200	30–60	>20	>4	10^6–10^7
Reator UASB	70–100	180–270	60–100	>20	>4	10^6–10^7
UASB + lodos ativados	20–50	60–150	20–40	>20	>4	10^6–10^7
UASB + filtro anaeróbio	40–80	100–200	30–60	>20	>4	10^6–10^7
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	20–60	70–180	20–40	>20	>4	10^6–10^7
UASB + biofiltro aerado submerso	20–50	60–150	20–40	>20	>4	10^6–10^7
UASB + flotação por ar dissolvido	20–50	60–100	10–30	>30	1–2	10^6–10^7
UASB + lagoa aerada facultativa	50–80	120–200	60–90	>30	>4	10^6–10^7
UASB + escoamento superficial	30–70	90–180	20–60	>15	>4	10^4–10^6
UASB + lagoas de polimento	40–70	100–180	50–80	15–20	<4	10^2–10^4
Lodos ativados convencional	15–40	45–120	20–40	>20	>4	10^6–10^7
Lodos ativados – aeração prolongada	10–35	30–100	20–40	>20	>4	10^6–10^7
Filtro biológico percolador de baixa carga	15–40	30–120	20–40	>20	>4	10^6–10^7
Filtro biológico percolador de alta carga	30–60	80–180	20–40	>20	>4	10^6–10^7
Biodisco	15–35	30–100	20–40	>20	>4	10^6–10^7

Fonte: von Sperling, 2005

Os processos de tratamento de esgotos apresentados anteriormente são bastante eficientes na remoção de sólidos em suspensão e de matéria orgânica, mas são geralmente insuficientes para a remoção de microrganismos patogênicos, com exceção dos processos naturais de lagoas de maturação e polimento e de infiltração no solo. A remoção adicional de microrganismos causadores de doenças pode ser alcançada através de processos naturais e artificiais.

Vamos tratar dos principais processos de desinfecção dos esgotos domésticos!

Processos para remoção de organismos patogênicos

Como são grandes os riscos de contaminação dos seres humanos, quando estes ingerem ou têm contato com efluentes contendo organismos patogênicos, muitas vezes pode-se tornar necessária a desinfecção dos efluentes.

Tal fato torna-se ainda mais grave, devido à precariedade do quadro sanitário dos países em desenvolvimento, com baixíssimos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário. Por outro lado, os baixos níveis de investimento em saúde e saneamento, fazem com que a população destes países seja portadora de diversas doenças que podem ser transmitidas pelas fezes e, conseqüentemente, pelos esgotos gerados por essa população.

A decisão sobre a implantação da desinfecção de esgotos não é simples, devido aos custos envolvidos, eficácia com relação à efetiva remoção das classes de organismos de interesse em termos de saúde pública (bactérias, vírus, protozoários e helmintos), possível geração de compostos tóxicos, usos do corpo receptor, visão integrada da bacia hidrográfica e outros aspectos.

A desinfecção de esgotos sanitários busca inativar as espécies de organismos que ameaçam a saúde humana, em consonância com os padrões de qualidade estabelecidos para diferentes situações.

Reflita e se manifeste...

Quais os processos de desinfecção que você conhece? Quais suas características, vantagens e desvantagens?

Os principais processos utilizados para a remoção de organismos patogênicos são listados no quadro a seguir.

Tipo	Processo	Comentário
Natural	Lagoas de maturação e polimento	• São lagoas de menores profundidades, onde fatores naturais (temperatura, insolação, pH, escassez de alimento, organismos predadores e compostos tóxicos) atuam como agente desinfetante. • Os cistos de protozoários e os ovos de helmintos tendem a sedimentar. • Não necessitam de produtos químicos ou energia, mas requerem grandes áreas. • Desde que haja área disponível, são sistemas bastante recomendáveis, devido à sua grande simplicidade e baixos custos.
	Infiltração no solo	• As condições ambientais desfavoráveis no solo favorecem a mortandade de patógenos. • Dependendo do tipo de aplicação dos esgotos, deve-se atentar para a possível contaminação de vegetais, os quais usualmente não devem ser ingeridos. • Não necessita de produtos químicos, mas requerem grandes áreas.
Artificial químico	Cloração	• O cloro mata os microrganismos patogênicos. • São necessárias elevadas dosagens, o que encarece o processo. Quanto maior a prévia remoção de matéria orgânica, menor a dosagem requerida de cloro. • Há certa preocupação com relação à geração de subprodutos tóxicos (compostos organoclorados carcinogênicos – trihalometanos) aos seres humanos, mas deve-se levar em consideração o grande benefício em termos de saúde pública da remoção de patogênicos. • Em corpos d'água, deve-se ter também preocupação com a toxicidade causada pelo cloro residual aos seres aquáticos do corpo receptor.
	Ozonização	• O ozônio é um agente bastante eficaz para a remoção de patógenos. • A ozonização é usualmente cara, embora os custos estejam se reduzindo, tornando esta alternativa competitiva, em determinadas circunstâncias.

Continua

Tipo	Processo	Comentário
Artificial físico	Radiação ultravioleta UV	• A radiação ultravioleta, gerada por lâmpadas especiais, impede a reprodução dos agentes patogênicos. • Não há geração de subprodutos tóxicos. • O efluente deve ser bem clarificado, para que a radiação possa penetrar bem na massa líquida.
	Membranas	• A passagem dos esgotos tratados por membranas de diminutas dimensões constitui-se em uma barreira física aos microrganismos patogênicos, os quais são de maiores dimensões que os poros. • O processo não introduz produtos químicos no líquido. • Os custos são ainda elevados, mas têm se reduzido bastante.

Vamos, coletivamente, completar o quadro a seguir, sobre o nível de desenvolvimento, aspectos de operação e manutenção dos processos de desinfecção de esgotos.

Consideração	Cloração	Cloração/ descloração	Ozônio	UV	Lagoas de estabilização	Tratamento no solo
Tamanho da ETE						
Complexidade da tecnologia						
Confiabilidade						
Sensibilidade à operação e à manutenção						

Os processos de desinfecção são capazes de alcançar remoções de coliformes de 99,99% ou mais. Com relação aos organismos patogênicos em si, a eficiência na remoção de bactérias é bastante elevada, e a dos demais patógenos é usualmente elevada, mas variável, em função do mecanismo de remoção e da resistência de cada espécie.

Vamos, coletivamente, completar o quadro a seguir, com a efetividade do processo de desinfecção sobre os organismos patogênicos.

Consideração	Cloração	Cloração/ descloração	Ozônio	UV	Lagoas de estabilização	Tratamento no solo
Bactericida						
Virucida						
Sobre Protozoários						
Sobre Helmintos						

Vamos, coletivamente, completar o quadro a seguir, sobre aspectos referentes ao impacto do processo de desinfecção na saúde dos trabalhadores, nas estruturas e no meio ambiente.

Consideração	Cloração	Cloração/ descloração	Ozônio	UV	Lagoas de estabilização	Tratamento no solo
Durabilidade do residual						
Subprodutos Tóxicos						
Riscos à saúde						
Corrosão						

Você já ouviu falar do uso de efluentes de estações de tratamento de esgotos na irrigação? Vamos discutir um pouco esse assunto!

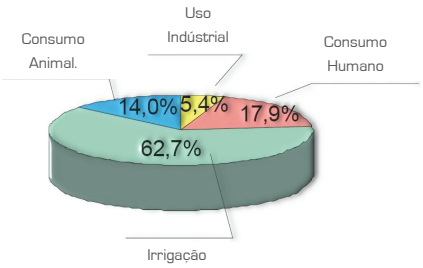
Uso de efluentes tratados na irrigação

A Organização Mundial de Saúde (OMS), referindo-se ao uso, na irrigação, de efluentes de estações de tratamento de esgoto, reconhece dois tipos de organismos indicadores de sua qualidade microbiológica e da eficiência de remoção no tratamento: a concentração de coliformes fecais e o número de ovos de helmintos por unidade de volume. No quadro a seguir, apresentam-se as recomendações da OMS para uso direto, na agricultura, de efluentes tratados.

Categoria	Condições de reúso	Grupo exposto	Ovos de helmintos (média aritimética)	*E. coli* / 100 mL (média geométrica)
A	Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos	Trabalhadores e consumidores públicos	≤ 1	≤ 1000
B	Irrigação de culturas não ingeridas cruas, tais como cereais, para a indústria, pastos, forragem e árvores	Trabalhadores	≤ 1	Não se recomenda
C	Irrigação de culturas categoria B se o público e os trabalhadores não ficarem expostos	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: OMS (WHO, 1989)

A Figura ao lado mostra a distribuição do consumo de água por atividade no Brasil. Nota-se que a atividade de irrigação é responsável por aproximadamente 63% do consumo de água, o que faz com que o uso de efluentes tratados na irrigação, respeitando as recomendações da OMS, seja uma opção interessante para a diminuição do consumo de água.



Fonte: ANA (2002)

Distribuição do consumo de água por atividade no Brasil.

Até esse momento, discutimos as unidades constituintes do tratamento primário e preliminar, as diferentes técnicas de tratamento secundário, as eficiências de remoção e os processos de desinfecção. Vimos que vários processos podem atender os padrões ambientais, em maior ou menor grau. Mas, como escolher o processo mais adequado para cada tipo de localidade e situação?

Escolha do processo de tratamento de esgotos

Antes de escolher o processo mais adequado para o tratamento dos esgotos, é necessário avaliar alternativas diferentes de esgotamento sanitário da localidade em questão, definindo o sistema de coleta, condução e destinação adequada dos esgotos sanitários gerados na área em estudo. Ao se estudarem as alternativas de esgotamento sanitário de uma localidade, costumam-se delimitar as **bacias sanitárias** a serem esgotadas.

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.

Atividade em grupo

O esgotamento sanitário de uma localidade pode ser feito de forma centralizada ou descentralizada. Cada grupo deve escolher uma das soluções e defendê-la junto aos demais colegas.

As soluções de tratamento dos esgotos coletados, em estações localizadas em pontos diferentes ou mesmo em uma única estação de tratamento para atendimento a toda a população, deverão ser concepções cuja solução mais adequada será selecionada após criterioso estudo técnico-econômico de alternativas possíveis para as diversas partes do sistema.

Após a definição do sistema de esgotamento sanitário da localidade, a próxima etapa consiste na escolha do processo de tratamento dos esgotos.

A decisão quanto à adoção de determinado processo de tratamento também deve-se basear em critérios técnicos e econômicos.

É importante ressaltar que, embora, o lado econômico seja fundamental, deve-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa para um determinado local é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos econômico-financeiros.

Reflita e se manifeste...

Quais são os fatores de importância a serem considerados ao se selecionar uma alternativa para o tratamento de esgotos de uma localidade? Quais impactos sanitários, epidemiológicos e ambientais devem ser levados em consideração no tratamento dos esgotos e no gerenciamento do lodo?

Fatores de importância

Impactos sanitários, epidemiológicos e ambientais

Epidemiologia é a ciência que estuda a distribuição dos fenômenos de saúde/doença, e seus fatores condicionantes e determinantes, nas populações humanas

Cada um dos fatores levantados deve ser avaliado de acordo com as condições locais e da tecnologia empregada. Além disso, é importante considerar a confiabilidade da operação e do monitoramento no processo de tratamento empregado.

O quadro a seguir apresenta as características típicas de processos de tratamento.

Sistema	Potência para aeração		Volume de lodo		Custos	
	Potência instalada (W/hab)	Potência consumida (kWh/hab.ano)	Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)	Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)	Implantação (R$/hab)	Operação e manutenção (R$/hab. ano)
Lagoa facultativa	0	0	35–90	15–30	40–80	2,0–4,0
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	0	0	55–160	20–60	30–75	2,0–4,0
Lagoa aerada facultativa	1,2–2,0	11–18	30–220	7–30	50–90	5,0–9,0
Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação	1,8–2,5	16–22	55–360	10–35	50–90	5,0–9,0
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	0	0	55–160	20–60	50–100	2,5–5,0
Infiltração lenta	0	0	–	–	20–60	1,0–3,0
Infiltração rápida	0	0	–	–	30–70	1,5–3,5
Escoamento superficial	0	0	–	–	40–80	2,0–4,0
Wetlands	0	0	–	–	50–80	2,5–4,0
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0	0	180–1000	25–50	80–130	6,0–10
Reator UASB	0	0	70–220	10–35	30–50	2,5–3,5
UASB + lodos ativados	1,8–3,5	14–20	180–400	15–60	70–110	7,0–12
UASB + filtro anaeróbio	0	0	150–300	10–50	45–70	3,5–5,5
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	0	0	180–400	15–55	60–90	5,0–7,5
UASB + biofiltro aerado submerso	1,8–3,5	14–20	180–400	15–55	65–100	7,0–12
UASB + flotação por ar dissolvido	1,0–1,5	8–12	300–470	25–75	60–90	6,0–9,0
UASB + lagoa aerada facultativa	0,3–0,6	2–5	15–300	15–50	40–90	5,0–9,0
UASB + escoamento superficial	0	0	70–220	10–35	50–90	5,0–7,0
UASB + lagoas de polimento	0	0	150–250	10–35	40–70	4,5–7,0
Lodos ativados convencional	2,5–4,5	18–26	1100–3000	35–90	100–160	10–20
Lodos ativados – aeração prolongada	3,5–5,5	20–35	1200–2000	40–105	90–120	10–20
Filtro biológico percolador de baixa carga	0	0	360–1100	35–80	120–150	10–15
Filtro biológico percolador de alta carga	0	0	500–1900	35–80	120–150	10–15
Tanque séptico + biodisco	0	0	330–1500	20–75	120–150	10–15

Vamos, coletivamente, fazer uma análise comparativa qualitativa dos processos de tratamento, abordando eficiência de remoção, economia e problemas ambientais.

+++++ mais favorável + menos favorável ++++, +++, ++ intermediários

Sistema	Eficiência na remoção			Economia				Simplicidade oper. manut.	Menor possibilidade de problemas ambientais			
				requisitos		custos						
	DBO	nutrientes	coliformes	área	energia	impl.	manut.		maus odores	ruídos	aerossóis	insetos vermes
Tratamento preliminar												
Tratamento primário												
Lagoa facultativa												
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa												
Lagoa aerada facultativa												
Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação												
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa – lagoa de maturação												
Infiltração lenta												
Infiltração rápida												
Escoamento superficial												
Wetlands												
Tanque séptico + filtro anaeróbio												
Reator UASB												
UASB + lodos ativados												
UASB + filtro anaeróbio												
UASB + filtro biológico percolador de alta carga												
UASB + biofiltro aerado submerso												
UASB + lagoa aerada facultativa												
UASB + escoamento superficial												
UASB + lagoas de polimento												
Lodos ativados convencional												
Lodos ativados – aeração prolongada												
Filtro biológico percolador de baixa carga												
Filtro biológico percolador de alta carga												
Biodisco												

Atividade em grupo

A partir de uma situação real levantada pela turma, vocês devem escolher o processo de tratamento mais adequado, considerando aspectos econômicos, impactos ambientais e todos os fatores de importância discutidos anteriormente.

Vamos discutir um pouco a situação do esgotamento sanitário no Brasil e a demanda por sistemas simplificados de tratamento de esgotos.

Demanda por sistemas simplificados de tratamento de esgotos

O Brasil apresenta um enorme déficit no setor de saneamento, embora se deva reconhecer a melhoria, nos últimos anos, de alguns indicadores de cobertura da população por redes coletoras e por sistemas de tratamento dos esgotos. Ainda assim, são baixos os índices de cobertura, o diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2005 indica um índice de atendimento urbano por coleta de esgotos igual a 48%. Em relação ao tratamento de esgotos, apenas 31% dos esgotos gerados passam por alguma forma de tratamento. Considerando um índice de atendimento por coleta de esgoto próximo de 50%, tem-se que, do total de esgotos produzidos no Brasil, apenas cerca de 15% são tratados.

Diante do enorme déficit sanitário, aliado ao quadro epidemiológico e ao perfil sócio-econômico das comunidades brasileiras, fica clara a necessidade de sistemas simplificados de coleta e tratamento dos esgotos. Esses sistemas devem conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema como um todo.

A Lei Federal n 11.445/2007 (estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico), que poderá contribuir de forma significativa para a melhoria dos indicadores de coleta e tratamento de esgotos no Brasil, inclui três princípios fundamentais que reforçam a necessidade por sistemas simplificados de esgotamento sanitário:

- Universalização do acesso.
- Eficiência e sustentabilidade econômica.
- Utilização de tecnologias apropriadas, considerando-se a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas.

Um aspecto essencial para o sucesso de qualquer tipo de tratamento de esgoto, seja ele complexo ou simplificado, é o controle operacional, nosso próximo assunto.

Para saber mais sobre sistemas simplificados, participe da oficina de “Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgoto”.

Importância do controle operacional

Os objetivos principais de qualquer sistema de tratamento de esgotos – a proteção à saúde da população e a preservação do meio ambiente – só serão atingidos se o projeto de tratamento for corretamente concebido, detalhado, implantado e operado.

Reflita e se manifeste...

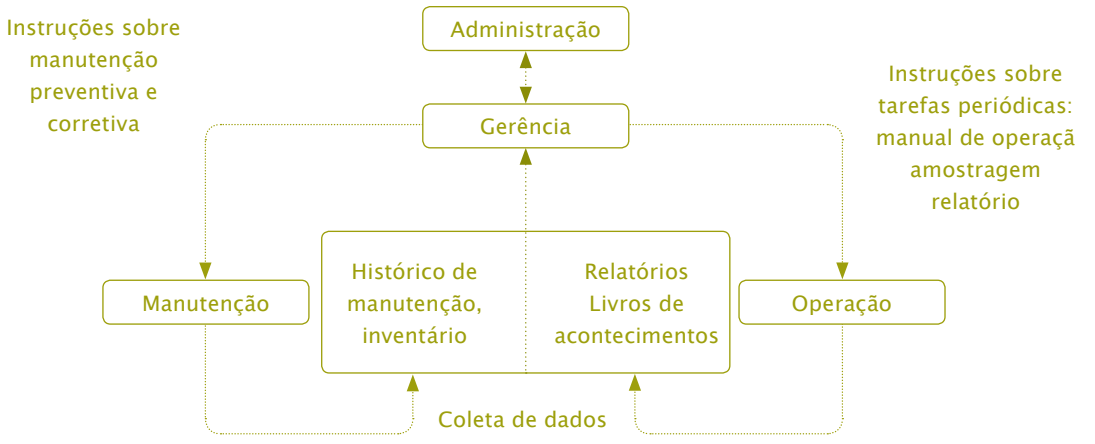
Como o controle operacional pode contribuir para o alcance dos objetivos da ETE, para a saúde e segurança dos trabalhadores e para o bom funcionamento do sistema de esgotamento sanitário?

As três principais atividades de controle dos sistemas são:

- Operação: refere-se às atividades cotidianas ou periódicas, necessárias para assegurar um bom e estável desempenho do sistema de tratamento.
- Manutenção: refere-se às atividades para manter as estrutura da estação de tratamento em boas condições.
- Informação: refere-se à comunicação entre as diferentes pessoas envolvidas, criando-se, ao mesmo tempo, um arquivo de operação e manutenção do sistema de tratamento.

Como é realizado o fluxo de informação na ETE em que você trabalha?

O esquema a seguir apresenta um exemplo de fluxo de informações entre a administração, gerência, pessoal de operação e manutenção de uma ETE.



Fonte: Chernicharo, van Haandel e Cavalcanti (1999)

O controle operacional da estação de tratamento tem importância fundamental nos seguintes aspectos:

- Verificação de parâmetros operacionais, possibilitando uma revisão ou adaptação das estratégias operacionais inicialmente previstas para o sistema
- Melhoria das condições operacionais, visando à redução dos custos e ao atendimento aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental.
- Identificação de práticas e rotinas que possam promover a melhoria da saúde e da segurança dos trabalhadores.

O efetivo controle operacional de qualquer sistema de tratamento de esgotos depende da implementação de um adequado programa de monitoramento do sistema. Esse programa deve incluir as análises físico-químicas e microbiológicas e, também, o levantamento de informações relativas ao funcionamento e à operação do sistema de tratamento.

É o fim do nosso último conceito chave. Discutimos os sistemas de esgotamento sanitário, os níveis e os processos de tratamento de esgotos e os fatores de importância que devem ser considerados na escolha do processo de tratamento para uma determinada localidade. Esperamos que os conteúdos trabalhados tenham contribuído para atualizar e aprimorar os seus conhecimentos sobre os processos de tratamento de esgotos.

Encerramento

Chegamos ao fim da nossa oficina de capacitação. É um bom momento para refletirmos sobre o que aprendemos e avaliarmos o atendimento às nossas expectativas iniciais.

É também um bom momento para refletirmos sobre o nosso papel como profissionais e também como cidadãos, uma vez que a importância do tratamento de esgotos para o meio ambiente e para a saúde pública está mais clara. Para isso, propomos a leitura dos textos a seguir.

Para ler e refletir...

Saneamento e cidadania

Os serviços de saneamento, além de constituírem ações de saúde pública e de proteção ambiental, podem ser vistos como uma meta social. São, portanto, direito do cidadão e dever do Estado. Nesse contexto, nosso papel como cidadãos e, sobretudo, como profissionais da área de saneamento é participar da definição de políticas e diretrizes das ações de saneamento, e, ao mesmo tempo, trabalhar, da melhor forma possível, para proporcionar as condições adequadas de salubridade ambiental a toda a população, especialmente àquelas menos favorecidas. Alguns desses aspectos participam dos princípios norteadores das diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007) que, entre outros assuntos, estabelecem que a política nacional de saneamento básico deve adotar a bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações.

Para ler e refletir...

Desenvolvimento Sustentável

O desenvolvimento atual, apesar de trazer melhorias à população, trouxe inúmeros desequilíbrios ambientais, como o aquecimento global, o efeito estufa, o degelo das calotas polares, a poluição, a extinção de espécies da fauna e da flora, entre tantos outros. A partir de tais problemas, pensou-se em maneiras de produzir o desenvolvimento sem que o ambiente seja degradado. Diante dessa constatação, surgiu a idéia do desenvolvimento sustentável, buscando conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e, ainda, visando ao fim da pobreza no mundo.

Para alcançarmos o desenvolvimento sustentável, a proteção do ambiente tem que ser entendida como parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente; é aqui que entra uma questão sobre a qual talvez você nunca tenha pensado: qual a diferença entre crescimento e desenvolvimento? A diferença é que o crescimento não conduz automaticamente à igualdade nem à justiça sociais, pois não leva em consideração nenhum outro aspecto da qualidade de vida a não ser o acúmulo de riquezas. O desenvolvimento, por sua vez, preocupa-se com a geração de riquezas, sim, mas tem o objetivo de distribuí-las, de melhorar a qualidade de vida de toda a população, levando em consideração, portanto, a qualidade ambiental do planeta.

O desenvolvimento sustentável tem seis aspectos prioritários que devem ser entendidos como metas:

- A satisfação das necessidades básicas da população.
- A solidariedade para com as gerações futuras.
- Conscientizar a população para que se trabalhe em conjunto.
- A preservação dos recursos naturais.
- A criação de um sistema social eficiente que não permita a destruição dos recursos naturais.
- A efetivação dos programas educativos.

Existem três colunas imprescindíveis para a aplicação do desenvolvimento sustentável: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental. Esses devem ser dependentes um dos outros para que caminhem lado a lado, de forma homogênea.

Adaptado de http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt2.html e http://www.brasilescola.com/geografia/desenvolvimento-sustentavel.htm

Retornando as nossas primeiras perguntas, vamos, antes de encerrarmos a nossa oficina, refletir e responder.

Reflita e se manifeste...

Qual é a importância do seu trabalho para a preservação dos mananciais no contexto da bacia hidrográfica? Qual é a importância do seu trabalho para a saúde das pessoas?

Esperamos que a oficina tenha sido proveitosa e agradável!

Para saber mais...

Para obter mais informações sobre "Processos de tratamento de esgotos", consulte a bibliografia listada a seguir.

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.

BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

BRASIL: Casa Civil. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007, 380p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

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).

VON SPERLING, M. *Lagoas de estabilização*. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1995, 196p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3).