



KLS

Gestão e Saneamento Ambiental

Gestão e Saneamento Ambiental

Andréia Marega Luz
Ricardo Del Sant

© 2016 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Dieter S. S. Paiva

Camila Cardoso Rotella

Emanuel Santana

Alberto S. Santana

Regina Cláudia da Silva Fiorin

Cristiane Lisandra Danna

Danielly Nunes Andrade Noé

Parecerista

Jairo Fernando Pereira Linhares

Paulo Sérgio Siberti da Silva

Editorial

Emanuel Santana

Cristiane Lisandra Danna

André Augusto de Andrade Ramos

Daniel Roggeri Rosa

Adilson Braga Fontes

Diogo Ribeiro Garcia

eGTB Editora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Luz, Andréia Marega

R672g Gestão e saneamento ambiental / Andréia Marega Luz, Ricardo Del Sant.

Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

192 p.

ISBN 978-85-8482-425-0

1. Ciências ambientais. 2. Saneamento. 3. Saúde ambiental. 4. Saúde pública. 5.

Polição. I. Luz, Andréia Marega. II. Del Sant, Ricardo. III Título.

CDD 363.72

2016

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 — Londrina — PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1	
Introdução ao saneamento.....	7
Seção 1.1	
Conceitos gerais sobre saneamento.....	9
Seção 1.2	
Legislação sobre Saneamento.....	19
Seção 1.3	
Impactos do saneamento.....	28
Seção 1.4	
Projeto de Saneamento.....	39
Unidade 2	
Qualidade da água para abastecimento público.....	51
Seção 2.1	
Conceitos gerais sobre qualidade da água.....	53
Seção 2.2	
Indicadores e legislação sobre qualidade de água.....	63
Seção 2.3	
Consequências socioambientais relacionadas à qualidade de água.....	73
Seção 2.4	
Métodos de desinfecção da água.....	83
Unidade 3	
Resíduos sólidos.....	95
Seção 3.1	
Conceitos gerais sobre resíduos sólidos.....	97
Seção 3.2	
Legislação sobre os resíduos sólidos.....	107
Seção 3.3	
Gestão de resíduos.....	117
Seção 3.4	
Impactos socioambientais relacionados aos resíduos sólidos.....	127
Unidade 4	
Tratamento de águas residuárias.....	141
Seção 4.1	
Definições gerais sobre tratamento de águas residuais.....	143
Seção 4.2	
Técnicas para tratamento de águas residuais.....	153
Seção 4.3	
Sistemas de tratamento de águas residuais.....	165
Seção 4.4	
Dimensionamentos de sistemas de tratamento de águas residuais.....	175

Palavras do autor

Prezado aluno, seja bem-vindo ao fascinante estudo de uma problemática cada vez mais evidente em nossa sociedade: a sanidade ambiental, indispensável para nossa qualidade de vida e sobrevivência. Com a evolução das sociedades humanas e sua crescente industrialização, o problema do material descartável, que é considerado inútil ou simplesmente lixo, atrai uma atenção cada vez maior, se considerarmos que todo esse material não aproveitável continua exercendo influência negativa no ambiente.

Sobram exemplos dos efeitos nocivos de um tratamento inadequado e até criminoso de tudo o que é considerado como lixo, especialmente nas grandes indústrias, que prejudicam rios, lagos e oceanos, bem como as formas de vida que neles habitam e outras que deles dependem. Daí a importância do tema ser tratado com afinco, determinação e apoio político, para que não seja tarde demais.

Com o propósito de prepará-los para enfrentar tamanho desafio, esta disciplina foi dividida em quatro unidades, da seguinte forma: introdução ao Saneamento, a importância da qualidade da água para o abastecimento público, os resíduos sólidos urbanos e, por fim, o tratamento de águas residuárias.

Com isso, desenvolveremos as competências voltadas à compreensão dos aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, conhecendo as características e técnicas para verificação da qualidade da água e os métodos de desinfecção e autodepuração, conhecendo a legislação pertinente aos resíduos sólidos como ferramenta de gestão e conhecendo os aspectos técnicos relacionados aos sistemas de tratamento de água.

Você, caro aluno, está convidado, desde já, a participar desta luta que cada vez mais assume caráter de urgência e necessidade. Verá que a Engenharia é uma arma poderosa e insubstituível, não só para encarar a questão do saneamento ambiental, cada vez mais grave, como também para melhor compreendê-la, a

partir de muita dedicação, recursos e técnicas. Quem sabe, assim, os problemas sejam solucionados e sejam garantidas a satisfação e a sanidade do planeta Terra.

Bons estudos!

Unidade 1

Introdução ao saneamento

Convite ao estudo

Vamos iniciar esta unidade procurando entender o significado da palavra “saneamento”. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento “É a arte de promover, proteger e recuperar a saúde por meio de medidas de alcance coletivo e de motivação da população”. Nesta definição, percebemos uma motivação de cunho social, na medida em que o ato de sanear visa à melhoria da condição de vida das pessoas. Além disso, o termo recuperar indica que algo danoso já aconteceu e necessita de reparo.

A expressão “motivação da população” traz o significado de conscientização coletiva, pois o dano provocado por um ambiente adulterado se alastra em todas as direções, de modo que não é apenas uma determinada camada social que sofre os efeitos de uma natureza aviltada por uma degradação realizada às cegas, descontrolada e motivada apenas pelo lucro monetário. Como os estragos já produzidos em escala planetária são grandes e podem ser ainda maiores, a própria Engenharia se especializou na Engenharia Ambiental, demonstrando que não basta entender a técnica, mas é preciso, também, aplicá-la de forma viável, efetiva e natural, visando à recuperação, à proteção e à sanidade ambiental em todo o mundo. Aliás, como podemos ser sãos, se o mundo em que vivemos e de que retiramos o sustento é doente?

As técnicas da Engenharia são, portanto, uma instrumentação indispensável na luta para recuperar o planeta e torná-lo novamente são e respirável. Por isso trataremos, como competência geral desta unidade, dos aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, divididos nos seguintes objetivos: conhecer os conceitos gerais sobre saneamento, conhecer sua legislação vigente, compreender seus impactos e, por fim, observar a importância de projetos de saneamento.

Começemos, então, nossa jornada pela seguinte situação: atualmente, notamos facilmente a escassez de água, a ponto de abrimos a torneira e não cair sequer uma gota, devido ao racionamento. Observando rios e cursos de água subterrâneos, nos vem à mente a seguinte questão: por que não

aproveitar parte desse imenso volume de água? Alguns responderão: é água poluída, envenenada e, conseqüentemente, inútil. Mas será mesmo? Isto é, não podemos reaproveitá-la e evitar o desperdício?

Está lançado o desafio!

Conceitos gerais sobre saneamento

Diálogo aberto

As discussões sobre a água ocupam um espaço cada vez maior no mundo, e não só pela sua abundância, visto que, mesmo no Brasil, país privilegiado em recursos hídricos, verificamos que o problema maior não se trata da falta de água propriamente dita, mas da falta de água tratada. Assim, se olharmos em volta (e até se pudermos aprofundar a visão até o subterrâneo), constataremos que a água não só está presente em abundância, como também é acessível.

Em São Paulo, por exemplo, o rio Tamanduateí ainda está à vista, embora restrito a uma estreita tubulação entre paredes verticais de concreto. Boa parte é subterrânea e escoa a poucos metros de profundidade, e quando a cidade é alvo de chuvas intensas e prolongadas, a água canalizada abre caminho até retornar à superfície, gerando inundações e outros inconvenientes.

Digamos então que uma empresa de saneamento básico e aproveitamento da água se interesse em contratar um engenheiro para apresentar um plano de tratamento e melhor aproveitamento da água, em uma grande cidade como São Paulo. As questões que se apresentam são: excetuando o curto intervalo em que o curso da água é visível (sai da torneira e escoa pelo ralo), qual é o caminho tomado pela água e que escapa do campo de nossa visão? Qual é sua origem e destino? Até que ponto esta água pode ser purificada e tornar-se acessível a todos? E quanto às águas subterrâneas juvenis, podem ser exploradas de forma viável?

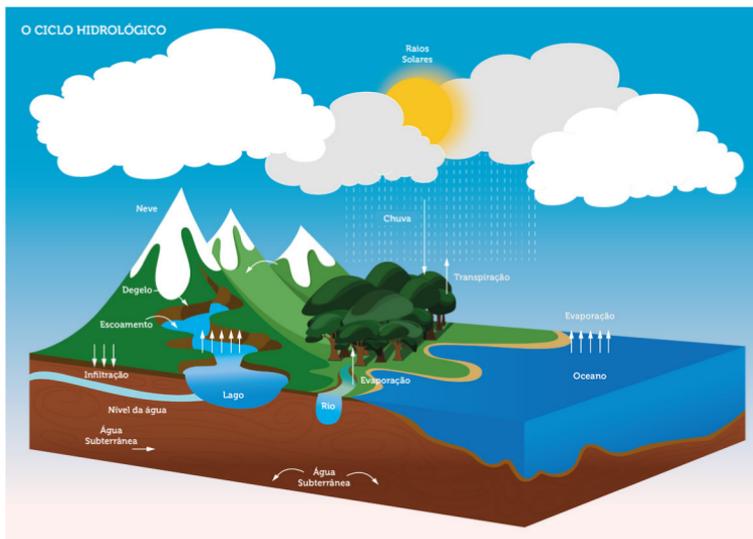
Um dos interessados lembrou-se de uma reforma feita em sua casa: assim que abriu um buraco no chão, a menos de um metro de profundidade, viu a água se acumulando no fundo, sem origem exata e gratuitamente. Com isso, pensou da seguinte forma: como pode haver escassez de água?

Lembre-se: o Brasil é um dos países mais favorecidos do ponto de vista hídrico. Poderíamos, então, ser exportadores de água? Concentremos a atenção nestes dois aspectos inaugurais: reuso da água e exploração de águas subterrâneas. De que maneira a água dos rios, estrangulados pela urbanização, pode ser melhor aproveitada, e até que ponto a exploração de águas subterrâneas in natura é alternativa viável e interessante, visando ao abastecimento? Que comparação podemos realizar nestes dois procedimentos? São economicamente viáveis? Qual é o mais vantajoso?

Siga adiante!

Sabe-se que a água não distingue fronteiras e não possui nacionalidade, embora esteja distribuída de forma desigual na geografia global. Mesmo assim, é constituinte onipresente em todas as regiões do planeta Terra. Por essa razão, é interessante – e até conveniente – conhecermos os fundamentos da complexa dinâmica da água em todo o planeta, que pode ser resumida em três etapas: evaporação dos oceanos, rios e lagos, formação de nuvens e precipitação meteórica. Considera-se, também, a transpiração dos animais e vegetais que se somam à evaporação, fechando, assim, o chamado ciclo hidrológico, representado na Figura 1.1, em seus três estados físicos: água, vapor e gelo.

Figura 1.1 | Esquema Básico do Ciclo Hidrológico na Terra



Fonte: adaptada de <http://gerencia.ambientebrasil.com.br/midia/imagens/1646.jpg>. Acesso em: 15 jun. 2016.

Você pode perceber que, na última etapa, uma parte da água condensada retorna diretamente aos oceanos, enquanto outra se precipita sobre os continentes. Nossa preocupação maior está voltada para esta última, pois é ela que aproveitamos, ou procuramos aproveitar, para atender às nossas necessidades imediatas.

Como mostra a Figura 1.1, parte da água precipitada nos continentes retorna ao oceano, seja por meio dos rios ou das águas subterrâneas, enquanto outra parte permanece confinada em lagos, na vida animal e vegetal, ou ainda, retida no subsolo.



Assimile

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o ciclo hidrológico, ou ciclo da água, é o movimento contínuo da água presente nos oceanos, nos continentes (superfície, solo e rocha) e na atmosfera. Este movimento é alimentado pela força da gravidade e pela energia do Sol, que provocam a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes.

Uma vez atingido o solo, a água tem dois destinos: o escoamento superficial e a infiltração, ambos impulsionados pela força da gravidade. No primeiro caso, a água verte, principalmente, para os rios e córregos, sendo o oceano o destino final. No segundo caso, a água infiltrada pode permanecer retida no subsolo, conforme sua constituição geológica, ou drenar lentamente para os rios e diretamente para os oceanos.

Em razão da crescente demanda por recursos hídricos, a exploração de águas subterrâneas vem se tornando alvo de interesse crescente, não só pela sua abundância, mas também por sua relativa limpidez, considerando o baixo custo de captação. Favorecendo essa tendência, pesam as dificuldades técnicas e o elevado custo de tratamento das águas superficiais, sendo que, dependendo do lugar e da época, elas nem existem. Portanto, dado seu valor estratégico, é importante que as águas subterrâneas sejam protegidas da contaminação, além de exploradas de forma racional.

Do ponto de vista hídrico, o Brasil ocupa posição privilegiada, pois engloba 53% da água doce de toda América do Sul e 12% da vazão total dos rios de todo o mundo. Mas, mesmo assim, há falta de água.



Refleta

Se o Brasil é tão privilegiado em recursos hídricos, por que, então, há racionamento de água e por que nem todos têm acesso a ela, mesmo em períodos de normalidade?

Parte da resposta do item “Refleta” está relacionada à extração desmedida e à contaminação, sendo esta uma das maiores preocupações atualmente. Notamos que o meio ambiente está se tornando cada vez menos capaz de degradar os dejetos lançados nos rios, córregos e demais cursos d’água pelos esgotos e efluentes industriais. Como já foi mencionado, o estrangulamento de um rio por causa da pressão urbanística e a consequente redução de sua vazão diminuem sua capacidade depurativa e aumentam seu grau de contaminação.

Para se ter uma ideia da ameaça invisível que representa a contaminação das águas, tomemos como exemplo alguns solventes halogenados, largamente utilizados na indústria: poucos microgramas desses compostos por litro de água já são suficientes para arriscar a saúde humana, tendo como base os padrões oficiais de potabilidade. Essa quantidade equivale a uma xícara de chá diluída em um tanque cheio de água, sendo este do tamanho de um edifício de 20 andares.

O problema se torna mais merecedor de atenção se verificarmos outro dado já constatado: em todo o mundo, estima-se que mais de 1,5 bilhão de pessoas, concentradas em núcleos urbanos e em propriedades rurais, dependem diretamente do manancial subterrâneo, que também contribui poderosamente para a recarga de rios, impedindo sua seca. Além disso, avalia-se que, no Brasil, existem 27 reservatórios de águas subterrâneas ou aquíferos, sendo o maior deles – e o maior do mundo – o aquífero Guarani, presente, também, na Argentina, Paraguai e Uruguai, com um volume total estimado de 55.000km³, com 70% desse manancial no Brasil, o que representa mais de 840 mil quilômetros quadrados de nossa área territorial. A Figura 1.2 mostra a posição privilegiada do Brasil com relação a esse inigualável patrimônio natural.

Figura 1.2 | O Aquífero Guarani na América do Sul (Área Cinza)



Fonte: adaptada de <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.2G0KACgizgZp3j07n83uVgHaKV&pid=15.1>. Acesso em: 2 maio 2019.

No entanto, toda essa riqueza vem sendo ameaçada justamente por nós, na medida em que o interesse econômico supera o interesse pela saúde pública. Só no Estado de São Paulo, o aquífero Guarani é explorado por mais de mil poços, ao passo que a contaminação provocada pelos agrotóxicos cresce assustadoramente.



Exemplificando

O vinhoto ou vinhaça, resíduo à base de nitrato e fosfato, proveniente da destilação da cana de açúcar, é poderoso contaminante aquífero, e o Brasil é o maior produtor de açúcar de cana do mundo. Consulte:

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

A criação de animais concentrados em áreas restritas (suínos, caprinos e bovinos), necessária para a viabilidade econômica do negócio, e a consequente elevada concentração de dejetos, representam outra ameaça em potencial, caso todo o material não seja tratado adequadamente ou impedido de atingir os mananciais subterrâneos.



Faça você mesmo

Levando em consideração seus próprios conhecimentos e os adquiridos no estudo desta disciplina, confira, em uma indústria qualquer, podendo ser a própria instituição de ensino em que você estuda ou o seu lugar de trabalho, quais medidas são tomadas em relação aos cuidados com a preservação do ambiente. Verifique, no seu entendimento, se existem tais medidas e se são eficazes.

A gravidade do problema hídrico, embora ainda não avaliado ou sentido na medida certa, pode ser melhor interpretada com os seguintes dados: de acordo com a OMS, 4,5 milhões de crianças com até 5 anos de idade morreram, no início do século XX, de diarreia provocada por ingestão de água não tratada, enquanto o relatório divulgado no Dia Mundial da Água prevê a morte de mais de 20 milhões de crianças nos próximos dez anos (a partir de 2015), somente nos países em desenvolvimento, caso medidas urgentes e eficazes não sejam tomadas com relação ao saneamento básico. De acordo com este relatório, 2,5 bilhões de pessoas, em todo o mundo, convivem ao lado de condições sanitárias inadequadas e 6 mil crianças morrem diariamente por não contarem com o direito elementar de acesso às redes de água e esgoto.



Exemplificando

Como exemplo da problemática falta de saneamento básico e seus efeitos na saúde da população, na China e Indonésia a diarreia mata duas vezes mais do que a AIDS.

Com os dados apresentados, você consegue perceber o quão trágica é esta realidade, além de incompatível para uma civilização que já levou homens à Lua, dividiu o átomo e lançou espaçonaves a outros mundos. Enquanto se condena a natureza pela falta de chuva ou outros desvios discutíveis, como o aquecimento global, cálculos precisos mostram que, se os governos investissem 10 bilhões de libras anualmente, quantia equivalente ao que os europeus e americanos gastam apenas em ração para cães, doenças relacionadas com a água em todo o mundo poderiam ser reduzidas pela metade.

A distância entre a lei e a realidade é considerável também no Brasil, rico em água e onde o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição, tendo em vista o que foi decretado na Lei nº 11.445/2007, que determina a existência de um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, além de manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. Mesmo assim, o país ainda apresenta centenas de milhares de casos de doenças provocadas pela falta de saneamento básico, sendo 400 mil em 2011 (a metade foi relacionada a crianças com até 5 anos).

Portanto, caro aluno, se você está disposto a atender a este alerta e participar da busca por respostas, vislumbrando uma solução para este problema tão grave e que ameaça ser global, esta seção reforça seu próprio título de que não pode faltar disposição, coragem e confiança no propósito de levar ao ser humano, indistintamente de sua origem étnica ou social, a água que está perto de nós, embora esteja precisando de proteção e tratamento adequado.



Refleta

Na foto a seguir, uma menina ingere água diretamente do mesmo riacho em que objetos, pessoas e animais são lavados.

Figura 1.3 | Menina ingerindo água imprópria para consumo



Fonte: <http://www.douradosagora.com.br/media/images/1883/34651/546a2d68c218b327d2b4042a07d73c0783f-32210f181d.jpg>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Diante da indiferença dos adultos, visível nesta foto, existe algo melhor do que a educação para preencher este abismo?

Sem medo de errar

Lembre-se de que, no “Diálogo Aberto”, uma empresa de saneamento estava interessada em contratar um engenheiro para apresentar um projeto de melhor aproveitamento da água utilizada e lançada nos esgotos, ou da água subterrânea, sendo que a maior parte está ainda inviolada pela poluição e existe em grande quantidade.



Atenção

O foco aqui é o reúso da água e o aproveitamento da água natural dos mananciais.

Uma alternativa é recorrer a certas plantas aquáticas flutuantes, como a *Eichornia crassipes*, combinando com solos filtrantes cultivados com arroz, utilizados na purificação das águas do rio Piracicaba, em 1986. Nesta experiência, o rio foi parcialmente recuperado, a ponto de se atingir os limites exigidos pelos critérios de potabilidade, sendo preciso apenas uma simples cloração para seu consumo direto.

Com relação ao manancial subterrâneo, de acordo com as vantagens apontadas, como relativo baixo custo e fácil acesso¹, é preciso, no entanto, destacar a necessidade de uma regularização, dados os riscos que uma extração irracional e sem apoio técnico pode representar. Alguns exemplos são: subsidência e desvio de cursos naturais, na medida em que o rebaixamento do nível hidráulico do aquífero pode permitir a intrusão de água salina da costa marítima ou de água subterrânea de qualidade inferior.



Lembre-se

O volume total de água subterrânea não é infindável, além de estar sob constante ameaça de contaminação.

Dentre as regularizações, destacam-se as licenças de perfuração e preservação de poços, visto que poços abandonados servem de canais de contaminação dos aquíferos. Leis mais severas na punição contra desastres provocados por atividades antrópicas irresponsáveis também devem ser adotadas.

Você dispõe, portanto, de várias alternativas para atender ao desafio lançado pela empresa, embora deva saber de antemão as restrições diante de uma exploração aquífera desenfreada e as consequências geradas. Em outras palavras, você deve considerar em seu projeto a participação conjunta entre sociedade civil e governo, por meio de suas representações sanitárias e do controle ambiental.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu, transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
“Reuso da água”	
1. Competência técnica	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Verificar a importância, nos dias atuais, da reutilização da água, tanto em nível caseiro, como industrial.
3. Conteúdos relacionados	Apresentar as principais terminologias e conceitos sobre saneamento.
4. Descrição da SP	Com a crescente dificuldade para se acessar a água potável, desenvolveu-se a discussão sobre o reuso da água, que consiste em reaproveitá-la depois de cumprir sua função original, sendo preciso, na maioria dos casos, um tratamento adicional para atender à nova finalidade. Como o cidadão comum pode fazer a sua parte neste processo?
5. Resolução da SP	Boa parte da solução deste problema é feita na própria casa, considerando que a água utilizada no chuveiro e nas torneiras pode ser armazenada antes de escoar para a rede de esgoto. Na indústria e nos postos de atendimento para veículos existem métodos mais desenvolvidos, e aparatos para captação de água da chuva também já estão sendo idealizados e comercializados.



Lembre-se

Toda água que recebemos da torneira passou várias vezes por processo de uso e reciclagem. A quantidade de água no mundo é a mesma desde que ele se formou. O que muda é a sua qualidade.



Faça você mesmo

Pesquise sobre a reutilização da água em alguns estabelecimentos, como postos de abastecimento para veículos, de modo a conferir como ela é captada, armazenada e tratada para posterior utilização.

Faça valer a pena

1. O ciclo hidrológico descreve a dinâmica da água no planeta em seus três estados físicos, cujas expressões mais visíveis são a chuva, as geleiras, os rios e os lagos. Os principais agentes motores do ciclo hidrológico na Terra são:

- a) Ventos e correntes marítimas.
- b) Energia solar e gravidade.
- c) Gradiente térmico entre os polos e o Equador, associado à energia eólica.
- d) Consumo de água de animais e vegetais e posterior transpiração.
- e) Poluição atmosférica e efeito estufa.

2. Após a precipitação meteórica nos continentes, a água da chuva, na forma líquida e impulsionada pela gravidade, é conduzida naturalmente para os seguintes caminhos:

- a) Evaporação imediata e acúmulo em charcos.
- b) Absorção nos seres vivos e armazenagem em rochas.
- c) Escoamento integral para rios, lagos e oceanos.
- d) Descongelamento de geleiras e diluição de lagos poluídos.
- e) Infiltração e escoamento superficial.

3. Uma vez infiltrada no subsolo, a água precipitada da chuva pode permanecer retida entre as rochas, escoar lentamente para a recarga de rios e lagos, ou se dirigir diretamente para o oceano. Quanto ao primeiro caso, um fator decisivo que permite o armazenamento natural de água subterrânea é:

- a) Constituição geológica do solo.
- b) Aceleração da gravidade local.
- c) Precipitação frequente de chuvas.
- d) Acionamento de água disponível na rede de esgotos.
- e) Construção de mantas subterrâneas impermeáveis à água.

Legislação sobre Saneamento

Diálogo aberto

Na seção anterior, vimos que o problema maior não é a falta de água propriamente dita, já que, pelo contrário, ela está presente em grande quantidade. O problema é a falta do seu tratamento adequado e sua disponibilidade. Embora garantida pela lei magna, a água tratada e de boa qualidade ainda está mal distribuída para a população, e assim, no país mais rico do mundo em recursos hídricos (Brasil), 40% da população não tem acesso adequado à água tratada. Antes de culpar a natureza, convém saber que, do total, metade vive dentro de área urbana.

Entre as causas dessa aparente incongruência, aponta-se o crescimento desordenado das metrópoles, a lentidão no cumprimento do cronograma em obras necessárias e a necessidade de mais investimentos na adequação dos sistemas produtores e distribuidores de água potável. Além disso, o fator “distância” é um problema existente e que afeta as propriedades rurais.

Analise, então, a seguinte questão: você encontra água no subsolo do quintal de sua casa. A quem pertence essa água? Você pode extraí-la para seu uso e, quem sabe, comercializá-la? Como regularizar o acesso à água de boa qualidade? A quem compete mediar essa questão?

Para responder às questões, é preciso conhecer a legislação do saneamento básico no Brasil e, conseqüentemente, os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.

Com o propósito de melhor solucionar suas dúvidas, veremos a seguir como o conceito de riqueza mudou com o passar do tempo, em função das necessidades mais imediatas (e dos erros cometidos também), a ponto de, tanto o ouro, como o petróleo, que tantos conflitos provocaram pela sua posse e domínio, estarem cada vez mais relegados a uma posição secundária e à sombra de outra riqueza que, em épocas não muito distantes, era encarada como bem supérfluo, barato e inesgotável: a água potável.

Não pode faltar

A história do Brasil é marcada por épocas de batalhas e violência. No século XVIII, ocorreu a Guerra dos Emboabas, na busca pela exploração das jazidas de ouro de Minas Gerais. Já no final do século XX, na divisa entre os

Estados do Pará e Tocantins, em uma região conhecida como Serra Pelada, a descoberta do metal precioso atraiu milhares de pessoas de várias partes do país. Nesta busca sofrida, a violência reinou, diante das condições precárias de trabalho (Figura 1.4).

Figura 1.4 | Dia de trabalho na Serra Pelada



Fonte: http://enfilme.com/img/content/salgado3_Enfilme_9p460_675_489.jpg. Acesso em: 28 dez. 2015.

No século XXI, a importância da água superou a do ouro, a ponto de também se tornar causa de conflitos, incluindo aqueles envolvendo várias nações. Alguns exemplos são as invasões no Iraque, em 2003 (apesar da ênfase ser dada ao petróleo). Não obstante, no Brasil, que detém 12% de toda a água doce do planeta, o risco potencial de conflitos pelo acesso à água não é desprezível em face de suas contradições internas, notadamente políticas. Como a água está se tornando cada vez mais preciosa, não é difícil prever as consequências que uma má distribuição, seja por falha técnica, administrativa ou mero interesse político, pode acarretar.

Foram registrados 93 conflitos, em 19 Estados brasileiros, somente no ano de 2013, todos motivados por recursos hídricos. De acordo com a Comissão Pastoral da Terra, a maioria das disputas estava relacionada à tentativa de evitar a apropriação do recurso hídrico por mineradoras e fazendas, ou buscava impedir a construção de barragens e açudes. Um exemplo claro e polêmico no país é a construção da usina hidrelétrica de Belo Monte, que tem gerado conflitos e ações da população para impedir seu funcionamento. A Figura 1.5 a seguir mostra a ilustração de uma das etapas das obras de construção da hidrelétrica.

Figura 1.5 | Barragem de Belo Monte



Fonte: <http://www.cimentoitambe.com.br/concretagem-de-belo-monte-tera-pico-entre-2014-e-2015/>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Para ilustrar a reação contrária à construção de Belo Monte, veja a Figura 1.6 a seguir, que mostra a reação de um grupo organizado contra a construção.

Figura 1.6 | Protestos em Brasília contra a construção da Usina de Belo Monte



Fonte: <http://www.ihu.unisinos.br/noticias/40503-indios-entregam-a-presidencia-abaixo-assinado-contr-a-belo-monte->. Acesso em: 28 dez. 2015.

Na tentativa de estabelecer uma regulamentação para todo o território nacional, o governo federal decretou a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. No artigo 2º, capítulo I, sobre os Princípios Fundamentais, é estabelecida a universalização do acesso. Além da referida Lei, existe também o Programa Água para Todos, cujo Decreto nº 7.537, de 26 de julho de 2011, foi concebido com o propósito de universalizar o acesso à água, com ênfase em propriedades rurais e em regiões de maior vulnerabilidade social. Por fim, vale mencionar a Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997), que decreta a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

As leis de saneamento básico também podem se restringir a regiões do país, a nível estadual e até municipal, como a Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, válida apenas para o Estado de São Paulo, que estabelece regras para contenção de enchentes e destino das águas pluviais.

Portanto, você pode perceber que não falta, no Brasil, suporte legal que garanta acesso à água de boa qualidade para todos. Apesar disso, seu acesso ainda não foi universalizado e existem muitas discrepâncias na oferta para sua utilização, como mostram as Figuras 1.7 e 1.8.

Figura 1.7 | Acesso à água tratada



Fonte: <http://www.climatempoconsultoria.com.br/venda-de-agua-mineral-ja-dobra-em-supermercado-de-sp/>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Figura 1.8 | Falta de água em regiões do Brasil



Fonte: <http://www.proyectopv.org/1-verdad/escasezagua.htm>. Acesso em: 28 dez. 2015.



Refleta

Você já pensou sobre a distância entre a lei e a realidade, com relação ao saneamento básico?

E como é feita a distribuição da água, desde sua coleta? O acesso à água potável é providenciado por companhias municipais, estaduais ou privadas de saneamento básico, primeiro captando água da própria natureza, depois adequando-a aos padrões de potabilidade exigidos pelas normas brasileiras. Após o tratamento, a água é transportada e distribuída às populações em quantidade compatível com suas necessidades, passando, antes, por algumas etapas obrigatórias.

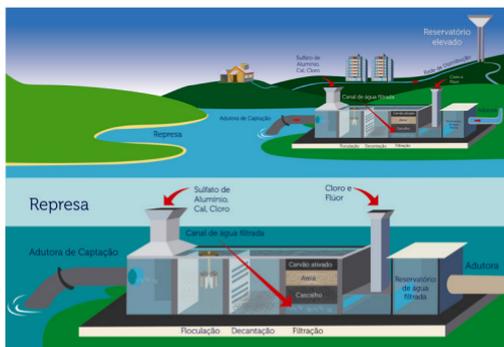


Exemplificando

A Sabesp trata a água extraída de reservatórios e poços, deixando-a em condições de consumo, e depois a armazena em reservatórios situados em lugares altos, com ajuda de sistemas de bombeamento. Na região metropolitana de São Paulo existem oito complexos de abastecimento: Alto Cotia, Baixo Cotia, Alto Tietê, Cantareira, Guarapiranga, Ribeirão da Estiva, Rio Claro e Rio Grande. Por meio de tubulações apropriadas, a água é conduzida até as redes de distribuição, para, finalmente, chegar ao consumidor.

A seguir, a Figura 1.9 mostra um exemplo de sistema de captação e tratamento de água, desde o ponto de captação até o consumidor.

Figura 1.9 | Esquema de captação, tratamento e distribuição de água



Fonte: adaptada de <https://docplayer.com.br/docs-images/81/84445941/images/19-0.jpg>. Acesso em: 2 maio 2019.



Faça você mesmo

Pesquise como e por que são feitas as etapas de tratamento da água, tais como cloração, alcalinização, coagulação, decantação, filtração, pós-alcalinização, desinfecção e fluoretação.

Já deu para perceber a presença de órgãos públicos e privados no processo de tratamento de água, além da imensa complexidade (e responsabilidade) de todo o sistema, que começa com a extração e termina com a chegada da água às pessoas em suas residências. Para que isso possa continuar, é necessária a existência e aplicação de leis específicas, algumas já assinaladas, que regulamentem a captação e o uso, além da prevenção de ameaças à contaminação de mananciais subterrâneos, rios, lagos, entre outros. Também é necessário corrigir o uso indevido e abusivo do recurso hídrico.



Vocabulário

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora.

Adutoras: tubulações apropriadas para transporte de água em sistemas de distribuição.

Sabesp: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Retorne agora à nossa situação-problema: você encontrou água em um buraco no fundo do quintal de sua casa. A quem ela pertence? É possível extraí-la de qualquer maneira?

De acordo com a Constituição Federal de 1988, as águas superficiais pertencem ao Estado ou à União quando formam rios de divisa entre Estados ou passam por mais de um deles. Quanto às águas subterrâneas, elas pertencem aos Estados. A Lei nº 9.433/1997, ou Lei das Águas, garante o direito de uso da água, mas não de sua propriedade, estando vedada, portanto, a sua comercialização. Além disso, mesmo para explorá-la é preciso licença de órgão público competente, visto que, para consumo, ela deve ser tratada dentro de normas preestabelecidas.



Atenção

Se você tiver qualquer dúvida, procure um órgão público competente, como as prefeituras locais, os departamentos estaduais, a ANA ou o próprio Ministério do Meio Ambiente.

O direito de cobrança do uso da água como bem econômico, portanto, está restrito apenas aos governos estaduais, amparado pelo artigo 22 da Lei nº 9.433/1997, que estabelece que “os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados” (BRASIL, 1997).



Lembre-se

A existência de leis e cobranças é necessária para a manutenção e sanidade dos recursos hídricos, visto que se trata de recurso natural limitado e sujeito à contaminação. Sendo assim, não deixe de rever o “Não Pode Faltar” e o “Sem Medo de Errar” da Unidade 1.1, sobre a extração desmedida e os fatores contaminantes da água.

Portanto, conclui-se que qualquer interessado em explorar água subterrânea tem esse direito, mas não de forma clandestina ou considerando-se o dono do recurso, mesmo que esteja em seu terreno.

Pratique mais	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu, transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
“Exploração de água subterrânea”	
1. Competência técnica	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender por que as leis e taxas de cobrança são necessárias.
3. Conteúdos relacionados	Conflito pela água; água como instrumento de poder; distribuição da água.
4. Descrição da SP	Com a abundância de recursos hídricos subterrâneos, é necessário saber: sua exploração e aproveitamento podem ocorrer de forma individual, particular ou sob orientação e permissão governamental?
5. Resolução da SP	Para melhor orientação, é necessário consultar os órgãos competentes, visto que as leis que regulam o acesso à água estão bem definidas no Brasil, não privilegiando ninguém. Portanto, cumprindo as leis, promove-se o bem social.



Lembre-se

A água da natureza é um bem comum, infinitamente mais importante que o ouro ou o petróleo, e não é infundável.



Faça você mesmo

Pesquise lugares onde está sendo realizada a perfuração de poços artesianos ou qualquer outra forma de exploração de água subterrânea. Observe se o trabalho é desenvolvido por entidade pública ou particular e se a extração está sendo conduzida de forma legal.

Faça valer a pena

1. O Brasil é o país mais bem servido no mundo em recursos hídricos, mas mesmo assim há deficiência e desigualdade de abastecimento de água tratada para a população. Entre as diversas causas apontadas para isso, destacam-se:

- Seca no nordeste e enchentes na região norte.
- Precárias condições nas rodovias e ferrovias brasileiras.

- c) Grandes distâncias entre cidades interioranas e o litoral.
- d) Crescimento desordenado das metrópoles e atraso na entrega de obras relacionadas ao abastecimento sanitário.
- e) Epidemias e variações climáticas violentas, além de falta de atendimento médico adequado.

2. Nos últimos anos, a posse de recursos hídricos vem se tornando cada vez mais um motivo de conflito, mesmo a nível internacional. Entre as razões que transformaram a água em instrumento de poder e disputa, destaca-se:

- a) A água tem valor econômico e estratégico, além de ser vital a qualquer forma de vida.
- b) Em qualquer operação militar, é necessário o abastecimento de água das tropas.
- c) É preciso água natural para se produzir água pesada, necessária para a construção de artefatos atômicos.
- d) A posse de cursos aquáticos, como rios, é importante para a delimitação de fronteiras entre estados e nações.
- e) É preciso água para se extrair o ouro no garimpo.

3. No início do século XXI, foram registrados vários conflitos no Brasil, motivados por recursos hídricos. Entre as causas principais desses conflitos, destaca-se:

- a) A garantia da manutenção da pesca em algumas regiões.
- b) A privatização de recursos hídricos e o impacto ambiental na construção de açudes e barragens.
- c) A salvaguarda das espécies que dependem destes recursos, como peixes e aves.
- d) A utilização de mananciais subterrâneos para fins militares.
- e) A preservação da umidade relativa do ar e da temperatura média em dada região.

Impactos do saneamento

Diálogo aberto

Vimos nas unidades anteriores que a água natural se encontra fartamente disponível no Brasil, embora sem o tratamento adequado para consumo. Seu uso ainda está restrito a uma parcela reduzida da população, a maioria centralizada em metrópoles, de modo que a desigualdade continua desafiando as leis que, embora presentes no papel e garantidas na própria Constituição, estão dolorosamente ausentes para a maioria da população brasileira. Sobre a ineficiência destas leis em boa parte do território brasileiro, vale dizer que elas ainda assim são necessárias e podem servir de trampolim para medidas concretas que apontem para a garantia do acesso à água tratada a todos os cidadãos, e de forma sustentável.

Neste sentido, surge um novo termo importante: desenvolvimento sustentável. O que ele vem a ser exatamente? Pode ser entendido como um conjunto de ações e atividades humanas que procura atender às necessidades da população, sem comprometer as futuras gerações, isto é, procura garantir o desenvolvimento econômico e, ao mesmo tempo, respeita a salubridade ambiental. Em outras palavras, reduz ao máximo os impactos que uma medida artificial é capaz de provocar no meio ambiente. Eis que surge, então, um novo tema: os impactos que as medidas de saneamento, ou a falta delas, provocam no ambiente.

Imagine a seguinte situação, muito real nos dias de hoje: reunimos o lixo caseiro em pacotes e o deixamos na rua para ser recolhido pelo serviço de limpeza. De nossa parte, missão cumprida. Mas para onde vai esse lixo? O que é feito com ele? Seja qual for seu destino, continua exercendo influência no ambiente? O lixo que é recolhido e levado para longe pode ainda exercer algum dano ambiental, incluindo a nós mesmos?

Para responder a estas questões, devemos conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, além de verificar que somente com uma combinação de ações, tanto a nível individual, como coletivo, somada ao indispensável apoio e supervisão governamental, é possível mitigar os impactos socioambientais causados pelo destino e tratamento inadequados do lixo, bem como dos efluentes, tanto domiciliares, quanto industriais.

Entre as causas que ameaçam diretamente a sanidade ambiental e, consequentemente, a sanidade coletiva e individual, podemos citar os efluentes industriais e domésticos, além do lixo que, a princípio, não tem nenhuma utilidade. Isso torna-se agravante se pensarmos que a tonelagem dos resíduos caseiros e industriais aumenta proporcionalmente ao crescimento da população e da demanda fabril.

No Brasil, estima-se que mais de 70 milhões de quilogramas de lixo são produzidos diariamente nas regiões metropolitanas, sendo 10% apenas na cidade de São Paulo. O destino que se dá a todo esse material considerado inútil é responsabilidade das prefeituras, que, para isso, despendem valores crescentes de seus recursos, desconsiderando se o descarte de lixo é feito de forma adequada. A Figura 1.10 a seguir é uma amostra de problema ambiental que vem crescendo mais rapidamente do que as providências que procuram saná-lo.

Figura 1.10 | Lixão a céu aberto



Fonte: <http://www.hypeverde.com.br/diferencas-entre-lixao-aterro-controlado-e-aterro-sanitario/>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Mesmo com a proibição dos lixões em vários municípios brasileiros, existem cerca de três mil espalhados por todo o território nacional, gerando doenças que vêm custando 1,5 bilhão de reais por ano ao sistema brasileiro de saúde pública. O abandono do lixo nestas áreas atrai animais e insetos, como ratos, urubus, moscas, baratas, mosquitos, entre outros, que acabam se tornando vetores potenciais de transmissão de doenças, entre as quais

se destacam a peste bubônica, a leptospirose, as febres tifoide e amarela, a dengue, a cólera, a disenteria, a malária e a leishmaniose.



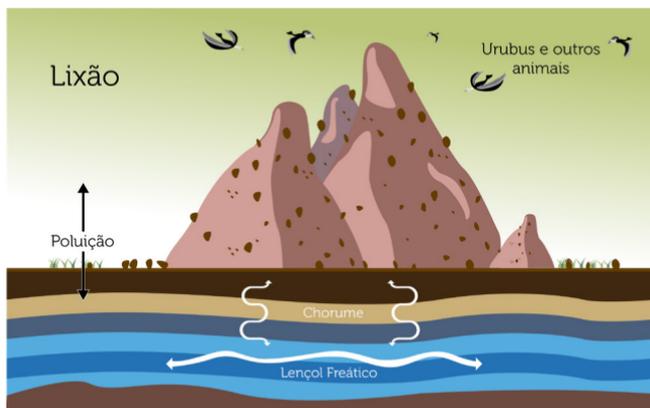
Saiba mais

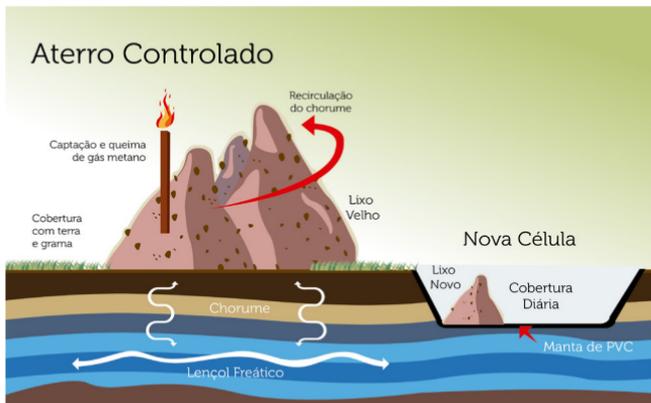
A leptospirose, ou doença de Weil, é uma doença bacteriana que atinge seres humanos e animais, podendo levá-los à morte. Seu principal transmissor é o rato, que transmite a bactéria causadora desta enfermidade por meio da sua urina.

Além dos lixões a céu aberto, existem outros sistemas de captação e armazenagem do lixo: o aterro controlado e o aterro sanitário. O aterro controlado normalmente aproveita a existência de um lixão preexistente, que recebe por cima uma camada de argila e grama para a proteção contra a chuva, além de um sistema de aproveitamento do gás metano decorrente da decomposição do material orgânico presente no lixo. Um novo sistema de recirculação do chorume (líquido escuro da matéria orgânica em processo de putrefação) reduz sua migração para os mananciais subterrâneos, enquanto uma nova célula é construída ao lado do lixão, com uma manta de PVC na base para impedir a infiltração do chorume.

Já o aterro sanitário é um complexo mais avançado de armazenagem e aproveitamento do lixo, visto que conta com uma preparação prévia do terreno, que é nivelado e selado na base com argila e mantas de PVC para impedir a contaminação do manancial subterrâneo pelo chorume, que como o gás biocombustível, é aproveitado por um sistema de canalização que o conduz até uma estação de tratamento. A Figura 1.11 mostra um esquema dos três sistemas de armazenagem de lixo mencionados.

Figura 1.11 | Principais sistemas de armazenagem e tratamento do lixo





Fonte: adaptada de <https://bit.ly/2VIFhWn>. Acesso em: 2 maio 2019.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) determinou a proibição dos lixões a céu aberto e dos aterros controlados, permitindo a manutenção dos aterros sanitários apenas para depósito de resíduos sem nenhuma possibilidade de reciclagem e reaproveitamento.

Outra alternativa é a incineração do lixo, comumente realizada em detritos de origem hospitalar. O problema é que se trata de uma prática custosa, pois exige fornos especiais, que devem atingir temperaturas de até 1.500° C, além de equipamentos para controle dos poluentes atmosféricos que advêm da combustão.

Mesmo que haja uma melhoria no aterro sanitário, ainda assim esta não é a única alternativa viável que visa à redução no impacto ambiental provocado pelo lixo amontoado. Atitudes caseiras e individuais também são

medidas importantes na ação conjunta. Entre elas, destacam-se as seguintes aplicações: reciclagem, coleta seletiva e compostagem.

Na reciclagem, o material é reaproveitado por um processo de transformação, de modo a reinseri-lo no ciclo produtivo. A vantagem óbvia é a redução do lixo nos aterros e da poluição ambiental, embora o lixo reciclável demande material específico e de custo elevado para permitir seu reaproveitamento, além de mão de obra qualificada. Já na coleta seletiva, os materiais descartados são separados conforme sua composição, podendo ser papéis, metais, vidros e plásticos, além de serem divididos em recicláveis e não recicláveis. Por fim, a compostagem é uma prática adotada em locais onde sobram alimentos, restos de árvores e estercos de animais para serem transformados em adubos ou cobertura de aterros sanitários.

A redução do impacto ambiental negativo no tratamento do lixo é, em suma, resumida na chamada Política dos Quatro Erres (Repensar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

A presença de lixões e aterros é indicativo de falta ou atraso de uma política efetiva para o reaproveitamento do lixo e dos resíduos sólidos, bem como de uma cultura popular atrasada. Por mais que se aprimorem estes sistemas, o máximo que se consegue é minimizar o impacto ambiental, mas nunca eliminá-lo. Portanto, trata-se de procedimento paliativo, diversivo e que, no fundo, contribui para mascarar a influência nefasta que o lixo, bem como qualquer tipo de resíduo não reciclado, causa ao meio ambiente e à sociedade.



Refleta

Você sabe quanto tempo leva para uma latinha de alumínio enterrada ser totalmente degradada, além do risco que ela constitui, se abandonada em via pública? Imagine uma moto passando sobre ela, por exemplo. Uma política ampla de incentivo à reciclagem, portanto, além de politicamente correta do ponto de vista ambiental, é extremamente atrativa no campo econômico.



Exemplificando

Como exemplo dos benefícios econômicos da política ambiental, somente em 2005, o mercado nacional de sucatas de alumínio movimentou cerca de R\$ 1,6 bilhão e gerou 55 mil empregos diretos ao reciclar 9,5 bilhões de latas de alumínio, o equivalente a 130 toneladas do metal.

No que diz respeito à parceria prefeitura-população, é muito importante que se fortaleça o serviço da coleta seletiva de lixo, começando dentro de sua própria casa. Além disso, é preciso incluir medidas punitivas contra atitudes irresponsáveis, que, além de injuriarem o ambiente, colocam em risco a vida das pessoas (Figura 1.3), como atirar objetos nas ruas e estradas (Figura 1.12).

Figura 1.12 | Lixo atirado em via pública



Fonte: <https://goo.gl/Pc9X9i>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Você pode perceber que não basta apenas cobrar das autoridades providências quanto ao tratamento do lixo, é preciso também fazer sua parte. Somente em 2012, 25 mil toneladas de lixo foram recolhidas nas estradas paulistas, incluindo móveis e eletrodomésticos quebrados; um número extremamente significativo.



Assimile

Arremessar lixo em uma rodovia é infração prevista pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB), que prevê multa e perda de quatro pontos na Carteira de Habilitação. Dependendo do caso, o responsável pode responder processo por crime ambiental.

Exemplos de impactos ambientais negativos provocados por resíduos industriais não tratados ou aproveitados são, infelizmente, comuns no Brasil. Em outubro de 2006, no Rio Grande do Sul, o despejo de metais pesados no rio dos Sinos, por indústrias, provocou a morte de 80 toneladas de peixes por asfixia (Figura 1.13).

Figura 1.13 | Peixes Mortos no Rio dos Sinos



Fonte: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1557>. Acesso em: 28 dez. 2015.

A imagem mostra a irresponsabilidade e negligência ambiental criminosa, provocando a morte de diversos peixes. A presença de material orgânico despejado nos rios aumenta a população bacteriana que se alimenta dele. Conseqüentemente, há um elevado consumo de oxigênio por parte destas bactérias, prejudicando a flora e a fauna natural dos rios.



Refleta

Comédia ou realidade? Por detrás da piada se esconde uma solene advertência.

Figura 1.14 | Efeito da poluição na vida aquática



Fonte: DEDMD.



Vocabulário

Chorume: líquido escuro, de odor nauseante, proveniente da putrefação de material orgânico por fungos e bactérias, podendo conter metais pesados.

Rejeito: todo material que não pode ser reutilizado ou reciclado.

PVC: Policloreto de Vinil (no inglês, polyvinyl chloride), ou policloroetano pela IUPAC, é um polímero halogenado, obtido do cloreto de vinila.

Devido a sua alta tenacidade, é amplamente utilizado na construção de caixas e telhas.

Sem medo de errar

Vemos que você está um pouco mais interessado no destino do lixo, depois que ele é coletado e levado embora pelo serviço de limpeza pública. Percebeu que uma política mais racional, que vise minorar o impacto ambiental negativo, repercute no próprio bolso, na medida em que, quanto menos lixo sendo jogado em valas, ruas e calçadas, menos dispêndio para encobri-lo, removê-lo e, conseqüentemente, menos impostos? Sem falar em menos lixo para degradar o ambiente e atrair vetores transmissores de doenças.

Com base nesse conhecimento, convém reconsiderar a prática da limpeza como um simples ato de amontoar o lixo caseiro em um saco plástico, para, logo em seguida, colocá-lo na calçada. Muito pode ser feito no sentido de diminuir essa carga de lixo, tal como separar o que pode ser reaproveitado chegando até a dispensar o trabalho do lixeiro.

Apesar de suas imensas desigualdades sociais no saneamento, o Brasil tomou uma iniciativa a nível mundial chamada de Projeto Lixo Zero, de incentivo à reciclagem do lixo, com a finalidade de zerar o material estocado em lixões e aterros sanitários. Iniciado pela Secretaria do Meio Ambiente do Rio de Janeiro, o movimento é definido como um conjunto de leis, ações, métodos e tecnologias que visam coletar e canalizar de forma ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável a totalidade dos resíduos produzidos por um município.

Das medidas adotadas, destaca-se a adoção de recipientes coloridos, visando separar o lixo conforme seu tipo. A padronização é feita da seguinte forma: papel (azul), plástico (vermelho), vidro (verde), metal (amarelo), orgânico (cinza), resíduos ambulatoriais (branco), resíduos perigosos (laranja), resíduos orgânicos (marrom), madeira (preto), resíduos radioativos

e dos serviços de saúde (roxo). Além disso, as imagens em forma de aviso também ajudam a conscientizar as pessoas sobre os prejuízos que materiais descartados podem representar, como mostra a Figura 1.15.

Figura 1.15 | Campanha de prevenção do lixo



Fonte: adaptada de http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/sustentavel-na-pratica/files/2013/08/LIXO_3_OK.png. Acesso em: 28 dez. 2015..



Faça você mesmo

Verifique no bairro onde você mora como a prefeitura organiza a coleta seletiva de lixo e se seu lugar de trabalho colabora com esse sistema.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu, transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
“Exploração de água subterrânea”	
1. Competência técnica	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender a importância da reciclagem e do reaproveitamento do lixo, recolocando-o no ciclo produtivo, em vez de estocá-lo em lixões e aterros, cuja contaminação ambiental supera, em muito, qualquer aproveitamento que possa ser feito nestas condições.
3. Conteúdos relacionados	Comparação entre estocagem do lixo e reciclagem; ações coletivas e governamentais visando ao saneamento.
4. Descrição da SP	Um determinado aterro controlado está comprometendo sua vida útil pelo recebimento de todo tipo de rejeito doméstico. Para que sua capacidade não seja excedida antes do tempo estimado, o que deve ser feito para retardar essa situação?

“Exploração de água subterrânea”

5. Resolução da SP

A companhia de coleta de lixo deve implantar um programa que eduque o usuário do serviço a separar seu lixo de acordo com o tipo de material. Assim, aquilo que for reciclável, deverá ser separado e receber um destino adequado, como as usinas de reciclagem e a entrega aos coletores de materiais recicláveis.



Lembre-se

Os danos provocados pelo lixo não se restringem à região em que ele está estocado. Seja na forma de impostos para seu tratamento ou na ocorrência de doenças, seus efeitos não encontram limitações no espaço físico.



Faça você mesmo

Verifique em seu ambiente de trabalho, ou nas ruas do bairro onde você mora, se existe um sistema de lixeiras inteligentes que incentivem a separação dos resíduos conforme sua natureza, para que eles possam ser reciclados.

Faça valer a pena

1. A exploração do meio ambiente sem a devida preocupação para preservá-lo, que normalmente o conduz à sua degradação e exaustão, assim como as consequências negativas decorrentes dessa exploração desenfreada, levaram à criação de um conceito batizado de desenvolvimento sustentável. Em essência, esse conceito se refere a:

- Qualquer projeto ambiental que receba apoio governamental ou de empresa privada.
- Um conjunto de ações e técnicas que permite a exploração do ambiente sem comprometer as gerações futuras, garantindo o desenvolvimento e a saúde ambiental.
- Qualquer projeto ambiental que seja economicamente viável, isto é, em que o benefício de sua aplicação supera o custo de sua preparação e consecução.
- Um incentivo na forma de subsídios a empresas que colaboram com a preservação ambiental.
- Um conjunto de leis que assegurem a inviolabilidade do meio ambiente em uma dada região, considerada patrimônio nacional ou mundial.

2. O acúmulo do lixo a céu aberto na forma de lixões, embora proibido por lei, ainda é prática adotada em vários municípios brasileiros, além de ser meio de sustento para

milhares de pessoas. Dentre as principais ameaças à saúde pública provenientes desses lixões, é possível destacar:

- a) Contaminação da atmosfera com gases venenosos.
- b) Degradação estética do ambiente.
- c) Contém materiais cortantes, como vidros.
- d) Atração de animais e insetos que transmitem doenças.
- e) Alta predisposição a incêndios.

3. Além dos lixões a céu aberto, existem no Brasil outros tipos de depósitos de lixo, normalmente acumulados em terrenos baldios, com o propósito de reduzir o impacto ambiental e tratar alguns subprodutos provenientes desses depósitos. Esses sistemas são:

- a) Aterro controlado e aterro sanitário.
- b) Aterro em vala para posterior incineração.
- c) Submersão em rios e lagos.
- d) Transporte para montanhas adjacentes às cidades.
- e) Estocagem em grutas subterrâneas.

Projeto de Saneamento

Diálogo aberto

De acordo com a Apresentação de Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário, de autoria da Fundação Nacional de Saúde – Funasa (2008) um projeto de engenharia deve:

“[...] apresentar os elementos e informações necessárias e suficientes para que a obra seja executada com segurança, funcionalidade, adequação, facilidade de construção, conservação e operação, durabilidade dos componentes e principalmente a possibilidade do emprego de mão de obra, material, matérias-primas e tecnologias existentes no local. (FUNASA, 2008)

Percebe-se, assim, o engajamento de vários fatores com o mesmo propósito: a viabilidade econômica e social de um projeto. Viabilidade econômica, no sentido de torná-lo atraente, quando se compara o custo/benefício, e social, na medida em que gera empregos na própria região onde se pretende implantar o projeto, além de permitir a criação de novos campos de trabalho, que continuarão existindo mesmo após a conclusão do projeto, como a parte operacional da estação de tratamento.

Diante do exposto, imagine a seguinte situação: digamos que um engenheiro seja convidado a elaborar um projeto de esgotamento sanitário de um município carente de serviço de saneamento básico. Quais providências iniciais devem ser tomadas para viabilizá-lo, até transformá-lo em uma realidade? Por onde começar? Que parâmetros devem ser utilizados no desenvolvimento do projeto? Além das questões puramente técnicas e econômicas, devem ser levadas em conta as questões culturais da população?

Para buscarmos a solução deste problema, devemos considerar e conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, além dos principais parâmetros utilizados em projetos de saneamento. Podemos, então, concluir que esse engenheiro terá muito trabalho pela frente, assim como uma grande responsabilidade.

Que tal também o ajudarmos?

Todo projeto de engenharia é dividido em três etapas que podem ser assim delimitadas: (a) estudos de concepção, (b) projeto básico e (c) projeto executivo.

Os estudos de concepção analisam os parâmetros necessários para caracterizar e definir o projeto, de maneira a considerar todos os fatores capazes de exercer influência no sistema de esgotamento a ser trabalhado, incluindo o sistema sanitário previamente existente, supondo que já exista. Tais informações podem ser obtidas em órgãos administrativos locais, normalmente municipais ou estaduais, e as cartas topográficas são importantes nesse sentido, visto que permitem identificar as regiões mais e menos indicadas, para adaptar os dispositivos necessários. Após todas as alternativas serem analisadas, escolhe-se a considerada mais viável.

Feito isso, passa-se à segunda etapa, ou seja, ao projeto básico, que estabelece as diretrizes gerais do projeto escolhido e as necessidades exigidas, evidentemente assegurando sua viabilidade, além de avaliar o custo da obra, os métodos e o prazo de execução. Dentre os parâmetros utilizados nesta etapa, destacam-se:

- Descrição da localidade, incluindo vias de acesso, atividades econômicas e infraestrutura.
- Condições atuais de saneamento, bem como o número de casos registrados de doenças causadas por veiculação hídrica.
- Projeção da população, como quantidade, taxa de crescimento anual, entre outros.
- Memorial de cálculo com planilha orçamentária, identificando os materiais, as peças e os acessórios que serão utilizados, bem como a mão de obra prevista e seus respectivos custos.
- Conhecer o plano diretor da localidade, que orienta a política de desenvolvimento e emancipação urbana do município.

Finalizando, passa-se ao projeto executivo, que aborda o conjunto dos elementos necessários e suficientes para a concretização da obra, levando-se em conta as normas da ABNT. Este projeto deve conter as plantas e peças gráficas, além do memorial de cálculo de todos os elementos envolvidos na concepção do projeto.



Assimile

Todo projeto de engenharia envolve três etapas básicas e sequenciais: estudos de concepção, projeto básico e projeto executivo, nesta ordem.

Como uma obra de esgotamento sanitário interfere no meio ambiente, o projeto deve apresentar licenciamento ambiental, que, no Brasil, é um processo administrativo que concede licença para qualquer empreendimento com potencial de impacto ambiental. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) é órgão federal autorizado a conceder essa licença, enquanto nas esferas estaduais e municipais existem as secretarias do meio ambiente e órgãos afins.

Há muito que se fazer no Brasil com relação ao esgotamento sanitário, visto que esse serviço é um privilégio de poucas regiões, como mostra a Figura 1.16.

Figura 1.16 | Esgotamento sanitário no Brasil (2000)



Fonte: Castro (*apud* ReCESA, 2008).

A inexistência de um sistema de esgotamento sanitário é causa de várias doenças, entre as quais destacam-se a amebíase, a cólera, a febre tifoide, a diarreia, a esquistossomose e a teníase. Isso porque os dejetos fecais contêm elevada população de microrganismos patogênicos, e se não forem canalizados por um sistema sanitário adequado, tornam-se verdadeiros focos de transmissão de doenças, seja por contato direto, por meio de insetos que são por eles atraídos e que atuam como vetores de moléstias, ou por meio do consumo de alimentos e água contaminados por estes dejetos. Estudos comprovam que a prevalência de *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura* é maior em crianças moradoras de bairros sem esgotamento sanitário. É muito importante, portanto, que existe um sistema adequado de coleta, tratamento e destinação final para todo esse material.



Refleta

Nos países em desenvolvimento, boa parte da mortalidade infantil deve-se à transmissão feco-oral de doenças, por meio da água ou de alimentos contaminados por dejetos, que seria reduzida, e até zerada, caso houvesse um sistema de esgotamento sanitário adequado. Quantos recursos financeiros esses países economizariam no tratamento de doenças? E qual seria o ganho social conquistado?

Outro fator a ser considerado na transmissão de vetores e doenças são os próprios hábitos da população (as questões culturais), visto que a falta de higiene pessoal também contribui para a transmissão de doenças, podendo se dar por meio de um simples aperto de mão.

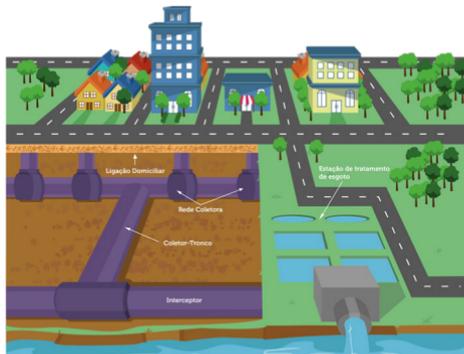


Exemplificando

A giardíase é uma infecção intestinal provocada pelo protozoário *Giardia lamblia*, presente nas fezes, sendo comum sua transmissão por meio de simples cumprimentos manuais, caso um dos indivíduos tenha usado algum vaso sanitário minutos antes e não tenha se higienizado, ou por crianças que brincam em superfície infectada e com objetos objetos contaminados, que podem ser até os próprios brinquedos.

Em se tratando de projetos de esgotamento sanitário urbanos, eles podem ser pensados de várias formas, desde o sistema individual, que não é interligado a um sistema de esgotamento, até o sistema coletivo de esgoto, como mostra a Figura 1.17 a seguir.

Figura 1.17 | Rede coletora de esgoto coletiva



Fonte: adaptada de <http://site.sabesp.com.br/uploads/image/saneamento/redes-peq.jpg>. Acesso em: 2 maio 2019.

O plano de trabalho para a descrição do projeto de esgotamento sanitário é um documento dividido em campos que incluem diversas informações, tais como: o nome do órgão ou entidade proponente, desde que registrado no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica do Ministério da Fazenda; o número do processo, a ser preenchido pela unidade de convênios do Ministério da Saúde nos estados; o exercício (ano); e a sigla da unidade federativa onde se localiza a sede do órgão ou entidade proponente. Além disso, deve conter informações vitais sobre o projeto em si, como a descrição do que se pretende alcançar com o financiamento do projeto, a justificativa da proposição, apresentando os objetivos e benefícios pretendidos com o projeto, e outros complementos, como dados estatísticos das condições de saúde da população.

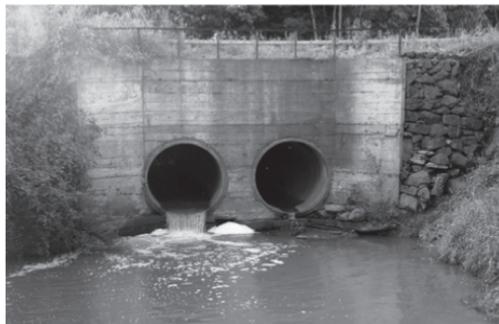


Faça você mesmo

Com base no que foi explicado, procure esboçar um modelo de plano de trabalho para qualquer projeto de saneamento, que pode já estar em andamento, a fim de caracterizá-lo integralmente.

Um projeto de esgotamento sanitário também deve prever a destinação adequada de todo efluente, além da produção de lodo tratado, usado para adubação de parques e jardins, mas impróprio para adubar hortas e pomares. Despejar os efluentes em rios sem o tratamento adequado, por exemplo, é apenas transferir o problema para outro lugar, podendo comprometer, inclusive, os próprios pontos de captação de água para consumo humano e dessedentação de animais. A Figura 1.18 mostra a foto de uma tubulação de esgoto in natura no sistema fluvial, comprometendo o corpo d'água para fins nobres, como os já citados anteriormente.

Figura 1.18 | Esgoto despejado em rios e córregos



Fonte: <http://www.folhadooeste.com.br/cidades/funasa-vistoria-projetos-de-esgotamento-anit%C3%A1rio-1.1767779>. Acesso em: 28 dez. 2015.

Para combater o esgotamento sanitário inexistente ou inadequado no país, está o exemplo dado pela Sabesp, que trata tanto a fase líquida como a sólida dos efluentes e dejetos antes de despejá-los em um curso d'água, que pode ser um lago ou rio. As Figuras 1.19 e 1.20 mostram um esquema e uma imagem, respectivamente, de uma moderna Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Figura 1.19 | Estação de Tratamento de Esgoto (Esquema)



Fonte: adaptada de <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=58>. Acesso em: 2 maio 2019.

Figura 1.20 | Estação de tratamento de esgoto (Imagem)



Fonte: http://grupoaterpa.com.br/aterpa-mmartins/wp-content/blogs.dir/2/files/saneamento/anc_0165_etecmyk.jpg. Acesso em: 28 dez. 2015.



Vocabulário

Ascaris lumbricoides: verme que se aloja no intestino, podendo chegar e até 40 cm de comprimento.

Trichuris trichiura: nematódeo que se aloja no intestino grosso e provoca a tricuriase.

Voltemos agora à questão apresentada no “Diálogo Aberto”: um engenheiro é convidado a elaborar um projeto de instalação de um sistema de esgotamento sanitário em um local desprovido desse serviço. Quais providências ele deve tomar?

Em primeiro lugar, ele deve conhecer o local em que será instalado o projeto, especialmente as características topográficas, climáticas, hídricas, bem como as condições do solo da região, além da infraestrutura existente. Isso porque o custo do projeto tem que ser compatível com as necessidades da realidade local, bem como as questões referentes à logística, no que diz respeito ao transporte de materiais para construção. Sabendo disso, ele deve optar por um projeto que contemple as necessidades da população, dimensionando a ETE para uma vida útil relativamente longa, que leve em conta a taxa de crescimento populacional, para não haver subdimensionamento do projeto nem comprometimento da vida útil da ETE.

A opção de projeto escolhida também deve ser concebida de modo ambientalmente sustentável, sendo necessário obter o licenciamento ambiental, obrigatório no Brasil, que autoriza e monitora o andamento das obras. A durabilidade do projeto tem relação não só com a qualidade dos materiais empregados, como tubulações, alvenaria e concreto, mas também com o próprio comportamento cultural do povo da região beneficiada, na medida em que hábitos, tanto individuais, como coletivos, ajudam a garantir o sucesso do empreendimento.

De fato, se a população não for educada para usar o sistema e persistir com hábitos nocivos à saúde, o projeto não atingirá o objetivo proposto. É importante, assim, que ele seja acompanhado por um programa de educação para orientar a população e incentivá-la a colaborar, utilizando o sistema de forma adequada no intuito de atingir seu objetivo final, que é garantir o tratamento de esgoto adequado e contribuir para a saúde geral da população, uma vez que as doenças por veiculação hídrica ocupam lugar destacado em uma das mais sombrias estatísticas no Brasil: o elevado número de óbitos de pessoas, principalmente crianças.



Atenção

Uma obra deste tamanho não é somente de caráter técnico, tampouco pode ser resumida em uma planilha. É um projeto de grande alcance social, que envolve um trabalho de consciência coletiva, e que pode acarretar grandes problemas à saúde das pessoas e ao ambiente, se mal planejado.

Sobre todas estas considerações, é muito importante ressaltar a prática da vontade de ajudar o próximo. O engenheiro que aceitar essa tarefa, portanto, pode e deve assimilar que seu trabalho irá ajudar milhares e até milhões de indivíduos de todas as idades, além de contribuir poderosamente para reduzir o índice que perfila entre as maiores tragédias de nosso país: a mortalidade infantil.



Lembre-se

O Brasil ainda sofre com a precária distribuição sanitária em seu território, pois, historicamente, o saneamento nunca foi prioridade nos governos.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu, transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
“Exploração de água subterrânea”	
1. Competência técnica	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Conhecer de que forma as questões culturais da população podem influenciar o sucesso de um projeto de saneamento.
3. Conteúdos relacionados	Conhecer os fatores de transmissão de vetores e doenças.
4. Descrição da SP	Em uma pequena cidade do interior do Brasil, verificou-se que a população estava desprovida de um sistema de tratamento de esgoto e, também, por falta de informação, as pessoas não praticavam hábitos de higiene saudáveis. Por essas razões, o único posto de saúde da cidade registrou, ao longo dos anos, uma alta incidência de diarreia e febre na população, principalmente entre as crianças, incluindo vários registros de óbito nessa faixa etária. De repente, e com recursos federais, o município é contemplado com a construção de uma ETE. Uma vez instalada a ETE, como a equipe que a opera pode minimizar esse quadro negativo? ?
5. Resolução da SP	É imperativa a divulgação de um amplo programa educacional voltado à população, para que ela assimile e compreenda a importância de assumir um comportamento cultural sintonizado com a questão sanitária.



Lembre-se

O melhor projeto a escolher é aquele que combina a melhor relação custo-benefício, considerando a realidade da região onde se pretende implantá-lo. É preciso levar em conta, também, a questão cultural e o inevitável impacto ambiental.



Faça você mesmo

Verifique se existe alguma instituição que atende a crianças (como uma escola ou creche) e que porventura não conta com uma rede de esgotos apropriada. Após esse levantamento, esboce um projeto ou um plano de trabalho fundamentado no modelo apresentado no item “Não Pode Faltar”, visando à retificação sanitária da instituição visada.

Faça valer a pena

1. Todo projeto de engenharia deve apresentar elementos e informações necessárias e suficientes para que a obra visada seja executada com eficiência, além de ser viável. Para um projeto de esgotamento sanitário ser viabilizado e aprovado, algumas considerações são indispensáveis, dentre as quais podemos destacar:

- a) Conhecer o local onde se pretende instalar o projeto.
- b) Ter em mãos o investimento necessário para viabilizá-lo.
- c) Ter a autorização do prefeito da cidade onde se pretende instalar o projeto.
- d) Ter todo o material necessário garantido de antemão.
- e) Ter um abaixo-assinado da população garantindo a aprovação do projeto.

2. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), um projeto de engenharia deve contar com algumas características fundamentais, no sentido de obter aprovação e permissão oficial. Dentre estas características, destacam-se:

- a) Ter sido, necessariamente, elaborado por um engenheiro e um tecnólogo de uma mesma empresa.
- b) Apresentar segurança, funcionalidade e facilidade de construção.
- c) Ser levado a cabo unicamente por mão de obra da região.
- d) Contar com subsídio governamental ou de fundações particulares.
- e) Não levar em conta o orçamento previsto, uma vez que esta obrigação compete apenas ao governo federal.

3. Alguns parâmetros devem ser considerados na elaboração de um projeto básico, e quando se referem a um projeto de esgotamento sanitário, tais parâmetros devem considerar características da comunidade que o projeto pretende atender. Dentre estes parâmetros específicos, destacam-se:

- a) A riqueza monetária da região e o nível social da população local.
- b) O nível de arrecadação de impostos e o grau de escolaridade médio da população.
- c) A faixa etária média da população e a expectativa de vida.
- d) O partido político a que o prefeito pertence e sua relação com a câmara de vereadores que sancionará ou não o projeto.
- e) A infraestrutura e o relatório de doenças hídricas.

Referências

- BARBOSA, R. P.; IBRAHIN, F. I. D. **Resíduos sólidos**: Impactos, manejo e gestão ambiental. São Paulo: Érica, 2014. p. 176.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. de. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. São Paulo: Érica, 2014. p. 184.
- SANCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 583.
- SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. p. 751.
- TELLES, D. D. (org). **Ciclo ambiental da água**: da chuva à gestão. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. p. 504.
- TOMA, H. E. **Química bioinorgânica e ambiental**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015. p. 270.
- FUNASA. **Apresentação de projetos de sistemas de esgotamento sanitário**. 3. ed. Brasília: Funasa, 2008. p. 26.
- GARCEZ, L. N.; ACOSTA, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 291.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1975. p. 360.
- NURENE. **Projetos e construções de sistemas de esgotamento sanitário**. Salvador: ReCESA, 2008. p. 183.
- REBOUÇAS, A.; B., Benedito; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 703.
- TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. p. 557.

Unidade 2

Qualidade da água para abastecimento público

Convite ao estudo

De todas as substâncias vitais para as formas de vida na Terra, desde microrganismos até as de maior porte, passando por fungos, animais e vegetais, a mais importante é a água, uma substância cuja fórmula tão simplória quanto conhecida, a famosa H_2O , esconde um poder cujo mistério desafia o grau de compreensão até de cientistas. De fato, ainda hoje o comportamento químico da água é considerado peculiar, estranho às vezes, e como o propósito maior desta unidade é discutir a importância que o tratamento da água merece para abastecer a população, não nos preocuparemos com a origem da água, que remonta aos primórdios da formação de nosso planeta, mas atentaremos justamente para o contrário. É no hoje e no amanhã que nossa atenção deve estar dirigida com relação à água tratada, e por um bom motivo: ela está escasseando.

Para tratar sobre a questão da qualidade da água para abastecimento público, devemos conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos como competência geral. Devemos também, conhecer as características e técnicas para verificação da qualidade da água e os métodos de desinfecção e autodepuração, além de conhecer os aspectos técnicos relacionados aos sistemas de tratamento de água, os indicadores de qualidade de água e sua legislação correspondente.

Sendo assim, considere como ponto de partida desta unidade uma determinada cidade, com seus habitantes, escolas, indústrias, hospitais etc., e que, por alguma razão qualquer, o abastecimento público de água dessa cidade foi interrompido. Após determinado período, a água ficou novamente disponível para consumo. Contudo, ao retornar o abastecimento, os vários usuários do sistema de abastecimento público (habitantes, escolas, indústrias, hospitais, etc.) verificaram que a água apresentava um aspecto diferente daquele que estavam acostumados a ver, o que levou vários consumidores a sentir receio de voltar a consumir normalmente a água. Então, o que fazer? Que características químicas a água deve apresentar para ser considerada pronta para o consumo? Quais seriam as consequências socioambientais relacionadas à qualidade da água? Como seria elaborar um manual informativo

com normas e indicadores referentes à qualidade da água? E o passo a passo do processo de desinfecção da água voltado a todos os usuários, seria uma medida importante de ser tomada?

Bons estudos!

Conceitos gerais sobre qualidade da água

Diálogo aberto

Conforme foi enfatizado na unidade anterior, a crise hídrica não se deve somente à quantidade de água presente à nossa volta, mas à sua qualidade. Embora seja a substância de que a vida mais sente necessidade, pode vir a ser, se não for tratada adequadamente, um autêntico veneno. Isso porque a água, que é tão importante para qualquer forma de vida, serve da mesma forma de habitat natural a microrganismos que causam doenças, e pode levar até à morte quem porventura entre em contato com ela.

A água tratada não é somente água pura ou uma substância pura, quimicamente falando. Não é água destilada formada por uma única substância de fórmula H₂O, mas sim uma solução contendo substâncias essenciais, dosadas de forma criteriosa e que são adicionadas à água por meio de processos físico-químicos padronizados, além de outros tratamentos, de modo a torná-la adequada para consumo. São as Estações de Tratamento (ETA) que transformam a água bruta retirada dos pontos de captação em água adequada ao consumo. Maiores detalhes a respeito disso podem ser revistos na Seção Legislação sobre Saneamento da Unidade 1, que mostra que o tratamento da água é responsabilidade de companhias preparadas e autorizadas para isso. Mas do lugar onde é realizado o tratamento até a destinação final, que são os usuários do sistema público de abastecimento, podem acontecer interferências nocivas, como vazamentos e contaminações na rede de distribuição, que podem ocorrer, inclusive, dentro da casa do consumidor, no local de trabalho ou até na própria estação de tratamento.

Lembremos então do Convite ao Estudo desta unidade, que narrou a ocorrência de um prolongado desabastecimento de água em determinada cidade, afetando vários de seus usuários, incluindo escolas, indústrias, hospitais, creches etc. Imagine agora a seguinte Situação-Problema: uma empresa do ramo de alimentos minimamente processados existente nessa cidade e que não possuía um reservatório de água suficientemente grande também sofreu com o desabastecimento. Após alguns dias o abastecimento se deu por completo, contudo, ao voltarem a consumi-la, os empregados verificaram a aparência turva da água, o que levou um dos encarregados, chamado Francisco, a duvidar da qualidade da água. Essa dúvida também o levou a pensar sobre a importância de conhecer melhor o produto mais importante de seu trabalho, a água, bem como sua qualidade. Assim, Francisco resolveu pesquisar sobre o assunto e elaborar um manual informativo. Por onde

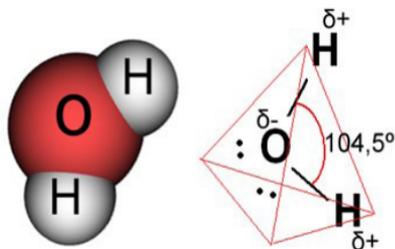
começar? Francisco decidiu iniciar o manual tratando dos conceitos gerais a respeito de química básica, abastecimento público e qualidade de água. No lugar de Francisco, de que maneira você desenvolveria essa etapa da elaboração do manual?

Não pode faltar

Se o tema principal desta seção é a qualidade da água, então devemos começar entendendo melhor como ela é, de fato. Mais exatamente, vamos compreender sua composição química e principais propriedades.

A água é definida como uma substância composta, cuja unidade básica é uma molécula triatômica e binária, visto que contém três átomos e dois elementos químicos, sendo um oxigênio e dois hidrogênios. A Figura 2.1 mostra uma representação espacial da molécula da água.

Figura 2.1 | Representação da molécula de água e sua geometria espacial, além da polaridade



Fonte: <http://www.brasile Escola.com/quimica/relacao-entre-polaridade-solubilidade-das-substancias.htm>. Acesso em: 5 dez. 2015.



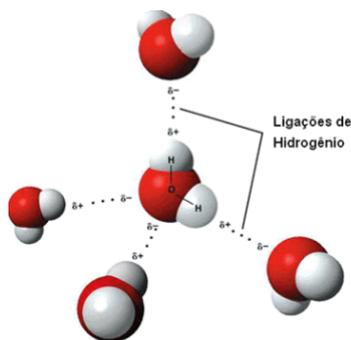
Assimile

A água é uma substância molecular composta e polar, formada por duas ligações covalentes estabelecidas entre um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio.

A ligação entre o oxigênio e cada um dos hidrogênios é feita por compartilhamento de um par de elétrons, um de cada átomo, e é denominada ligação covalente. Como o oxigênio é mais eletronegativo que o hidrogênio, a nuvem de elétrons que envolve a molécula se concentra mais ao redor deste elemento, caracterizando assim o polo negativo da molécula de água, enquanto os átomos de hidrogênio constituem os polos positivos. Devido a essa assimetria eletrônica, a molécula da água é polarizada eletricamente,

embora neutra em seu todo. Assim, quando duas ou mais moléculas de água se avizinham, uma força de atração entre polos contrários passa a existir entre elas, formando uma ligação de hidrogênio intermolecular, responsável pela relativa lentidão da evaporação da água, quando comparada a substâncias mais voláteis, como o álcool e o éter, por exemplo. A Figura 2.2 mostra uma representação dessa ligação intermolecular.

Figura 2.2 | Ligação de hidrogênio ou ponte de hidrogênio entre moléculas de água vizinhas, como resultado da atração elétrica entre polos contrários



Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/ligacoes-hidrogenio.htm>. Acesso em: 5 dez. 2015.

As seguintes propriedades físico-químicas da água pura se destacam, quando sob pressão normal (nível do mar):

- A água é líquida entre 0° C e 100° C.
- Sua densidade máxima é de 1,0 g/cm³ (a 4° C).
- Seu calor específico é de 1,0 cal/(g.oC), isto é, cada grama de água precisa absorver uma caloria de energia para sua temperatura aumentar de 1° C.
- Seu pH é neutro.
- Seu peso molecular é 18 unidades de massa atômica (1 para cada hidrogênio e 16 para o oxigênio).
- Sua geometria molecular é angular (104,45°).

Do ponto de vista biológico, todavia, a propriedade mais importante da água é de ela ser um solvente universal, isto é, dissolver outras substâncias. Para se ter uma ideia de como isso é fundamental para a vida, é a água que dissolve substâncias como sais minerais, vitaminas e açúcares, condição inicial para que elas possam ser transportadas no sangue, além de permitir a

digestão dos alimentos e a excreção de impurezas. Enquanto isso, nas plantas, a absorção de nutrientes pelas raízes e sua posterior condução até as folhas para a realização da fotossíntese e subsequente produção de biomassa, além da formação de órgãos, como os frutos, por exemplo, seriam impossíveis de ocorrer sem a presença da água. Mas, como foi assinalado no Diálogo Aberto, a água pode trocar de lado se contaminada com microrganismos patogênicos ou substâncias tóxicas, além de constituir um excelente meio de proliferação para larvas e mosquitos, caso seja mal acondicionada, permanecendo destampada e sujeita a ovoposição nas proximidades de residências, ou sob outra forma de acumulação, como poças d'água. Em suma, conforme o modo de captação, tratamento e acondicionamento que recebe, a água pode ser uma fonte essencial para a vida ou uma sentença de morte para quem a consome inadvertidamente.

Alguns indicativos relacionados com a qualidade da água são importantes e necessários de se conhecer no que diz respeito aos riscos que ela oferece à saúde, podendo mesmo provocar a morte, conforme a dosagem. Para tanto, o Ministério da Saúde instituiu a Portaria MS nº 518, de 2004 (Federal), que estabelece as responsabilidades por parte de quem produz água (no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas), a quem cabe o exercício do “controle de qualidade da água”, e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, estabelecendo parâmetros sobre os níveis máximos tolerados de agentes patogênicos, como os coliformes totais e a *Escherichia coli*, bem como uma série de elementos e substâncias químicas nocivas à saúde, entre eles o Arsênico, Chumbo, Cádmio, Cianeto, DDT, Aldrin, Dieldrin, entre outros.

Outrossim, vale dizer que o local de captação da água é muito importante no que diz respeito às condições de potabilidade e tratamento da água. Nesse sentido, é importante saber se a água é superficial ou subterrânea, assim como o grau de proximidade a algum tipo de atividade humana, que pode ser industrial ou se referir a águas pluviais escoadas dos centros urbanos e que são despejadas no ponto de captação. Enfim, são inúmeras as variáveis que precisam ser analisadas e que definem os tipos de contaminantes e a consequente possibilidade de tratamento, bem como a destinação dessa água, pois não existe tratamento para alguns tipos de contaminantes, como os hormônios, por exemplo.

Por tudo isso é que é tão importante localizar os pontos de captação de água e verificar a possível influência de algum tipo de atividade humana, bem como a proteção desses corpos d'água, além da proteção das matas ciliares, o que também contribui para melhorar a qualidade da água.

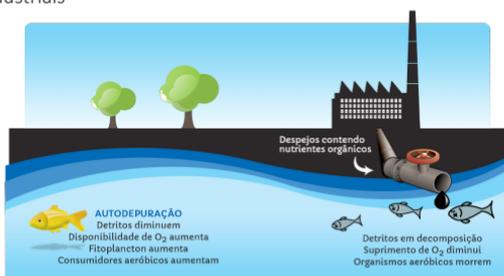
O tratamento da água e sua consequente qualidade são definidos por uma

sequência de procedimentos físicos e químicos aplicados sobre a água, para torná-la adequada ao consumo ou, em outras palavras, potável. O processo consiste basicamente nas seguintes etapas:

- **Coagulação e floculação:** inserindo sulfato de alumínio na água bruta, as partículas sólidas que devem ser eliminadas são coaguladas em flocos.
- **Decantação:** por ação da gravidade, os flocos e demais partículas sólidas decantam, depositando-se no fundo do reservatório.
- **Filtração:** todas as impurezas e partículas sólidas são separadas da água através de filtros.
- **Desinfecção:** normalmente feita com aplicação de cloro ou ozônio em dose recomendada, para eliminar microrganismos causadores de doenças.
- **Fluoretação:** aplicação de flúor em dose recomendada para prevenção de cáries, principalmente em crianças.
- **Correção de pH:** aplica-se certa quantidade de cal hidratada ou carbonato de sódio, visando corrigir o pH da água e preservar os encanamentos da rede de distribuição.

Outro parâmetro importante para avaliar a qualidade da água é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), definida como a quantidade de oxigênio, expressa em mg/L, necessária para degradar material orgânico na água, como efluentes domésticos e industriais. Quanto maior é a quantidade destes efluentes, maior é a quantidade de oxigênio consumido, a ponto de faltar oxigênio para as formas de vida aquáticas. A própria Natureza, porém, se encarrega de restabelecer o status anterior, se o processo de contaminação for interrompido ou afastado, fenômeno chamado de autodepuração, que recupera o índice de teor de oxigênio original por meio de plantas e fitoplânctons, como mostra a Figura 2.3.

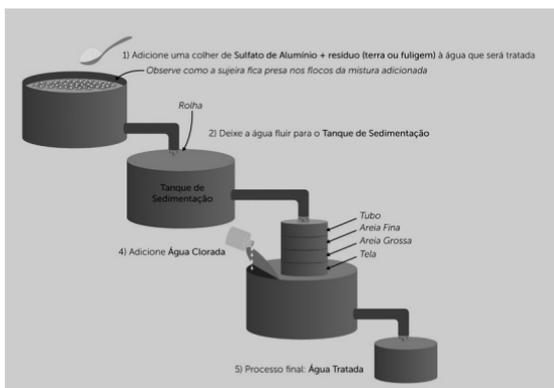
Figura 2.3 | Esquema simplificado do processo natural de autodepuração de um rio contaminado por dejetos industriais



Fonte: <http://www.brasworld.net/site/projetos/poluicao-das-aguas/>. Acesso em: 6 dez. 2015.

As companhias públicas de tratamento de água têm como atribuição a distribuição da água tratada em larga escala, de modo que compete a elas se ocupar de todos os procedimentos técnicos, evidentemente de acordo com legislação específica vigente. Contudo, essa realidade não é verificada em todas as regiões e localidades do país. Portanto, admite-se a utilização de recursos de alcance puramente local, até mesmo caseiros, especialmente quando o serviço de abastecimento convencional está ausente ou deficiente. A Figura 2.4 mostra um exemplo de miniestação de tratamento de água caseira, confeccionada com materiais facilmente encontrados, como painéis, rolhas, areia fina, areia grossa, etc.

Figura 2.4 | Construção uma miniestação de tratamento de água caseira



Fonte: http://www.ufrrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/Artigo_educa%C3%A7%C3%A3o_ambiental/morex05.pdf. Acesso em: 6 dez. 2015.



Refleta

Que repercussões podem ocorrer se uma estação de tratamento de água for forçada a interromper suas atividades sem haver uma substituição à altura? Que riscos serão trazidos à saúde da população?

O planejamento e o estabelecimento de estações de tratamento e análise da água de menor porte podem se constituir em uma necessidade crescente, uma vez que a água já virou motivo de disputa entre nações, além de diminuir a sobrecarga sobre estações convencionais de maior porte, visto que, no caso destas sofrerem alguma paralisação, o abastecimento de toda uma população ficará comprometido. Vale lembrar que as estações alternativas devem ser encaradas apenas e tão somente como medidas emergenciais, quando não há tratamento de água na região, mas de forma alguma alguma podem ser ignoradas, uma vez que boa parcela da população não dispõe de água

tratada, em que pese a legislação brasileira garantir o seu acesso. A questão continua aberta aos interessados em projetar novas estações de tratamento com respaldo técnico e aval das autoridades.



Exemplificando

Uma miniestação foi desenvolvida no Rio Grande do Sul para a neutralização microbiológica da água, sendo destinada ao aproveitamento de poços profundos com água de baixa qualidade, utilizando flúor e cloro.

Figura 2.5 | Miniestação de tratamento de água usada no Mercado Central de Caxias do Sul, RS



Fonte: <http://caiomotta.com.br/blog/2014/05/22/prefeitura-instala-miniestacao-de-tratamento-de-agua-em-caxias/>. Acesso em: 6 dez. 2015.

A Engenharia existe para procurar e achar soluções, principalmente quando a finalidade é conciliar a Natureza e o equilíbrio ambiental às necessidades humanas.



Faça você mesmo

Visite o site da Secretaria de Saúde do seu estado e/ou município, pesquise sobre o número de casos de doenças por veiculação hídrica que ocorrem na sua região e verifique o número de estações de tratamento existentes. Pesquise sobre quanto custa o tratamento de um paciente no sistema público de saúde e verifique quanto o estado e/ou município gasta por não investir em tratamento de água em um período de 10 anos.

Vamos retomar o desafio lançado em nossa situação-problema: No lugar de Francisco, de que maneira você desenvolveria essa etapa da elaboração do manual? Você certamente tomaria como referência para a elaboração do manual a Portaria MS nº 518 do Ministério da Saúde, e as informações não menos importantes sobre as propriedades químicas gerais da água, assim como os parâmetros utilizados para avaliar se a água está própria ou imprópria para o consumo, seja na dessedentação de humanos (potabilidade), seja no contato direto na elaboração de alimentos.

A elaboração de um Manual para consulta dos funcionários da empresa, contendo as normas e indicadores referentes à qualidade da água e o passo a passo do processo de desinfecção da água, com certeza é muito bem-vinda, na medida em que a água está diretamente em contato com os alimentos que a empresa produz, e todos os funcionários envolvidos na produção devem ter em mente essas informações.

A inclusão de um assunto referente às formas alternativas de tratamento de água no manual é muito bem-vinda e necessária, uma vez que parte dos funcionários pode morar em localidades onde há precariedade no abastecimento de água com a qualidade necessária, e as condições de saúde e de higiene do trabalhador, bem como de sua família, influenciam a qualidade de vida dessas pessoas, além de garantir a qualidade dos alimentos processados na empresa. Outrossim, é importante esclarecer aos leitores do manual que as companhias públicas de tratamento de água têm como obrigação prevista em lei a distribuição da água tratada em larga escala, de modo que compete a elas se ocuparem de todos os procedimentos técnicos.



Lembre-se

A água que vem de uma estação de tratamento pode sofrer interferências nocivas no meio do trajeto, sendo importante, portanto, saber verificar por si só se a água que será usada é adequada para consumo.



Atenção

Alguns indicativos relacionados com a qualidade da água são importantes e necessários de se conhecer no que diz respeito aos riscos que a água pode oferecer à saúde, podendo mesmo provocar a morte.

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

“Miniinstalação caseira de tratamento de água”

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Perceber a importância dos métodos alternativos ou que se somam ao convencional, no que diz respeito ao tratamento da água.
3. Conteúdos relacionados	Captação da água, tratamento físico-químico e distribuição.
4. Descrição da SP	Com o aumento do risco de depender exclusivamente das estações de tratamento de água convencionais, devido ao desabastecimento verificado em várias regiões do país, vem ganhando espaço entre a população a ideia de captar a água da chuva. Se você fosse perguntado por um líder comunitário ou por um síndico de condomínio sobre o uso dessa água, o que você responderia?
5. Resolução da SP	A água da chuva pode ser utilizada, mas não para ingestão, pois devido às características químicas da água, ela se apresenta como um solvente universal, e pode reagir com outras substâncias contidas na atmosfera, por vezes nocivas à saúde humana, ou simplesmente carregá-las durante a precipitação da chuva. Portanto, seu uso deve ser estimulado para outras finalidades, como descarga em banheiros, irrigação de jardins, etc.



Lembre-se

O tratamento da água e sua conseqüente qualidade são definidos por uma seqüência de procedimentos físicos e químicos aplicados sobre a água a fim de torná-la adequada ao consumo.



Faça você mesmo

Procure saber, na cidade onde você mora, o lugar onde ocorre a captação de água para abastecimento da população. Verifique as condições aparentes do local, as atividades humanas que existem em seu entorno e os possíveis contaminantes aos quais esse ponto de captação pode estar sujeito.

1. Uma Estação de Tratamento de Água é um complexo de engenharia que tem o objetivo de transformar a água retirada do meio natural em água potável, isto é, em condições de consumo. As etapas básicas desse processo podem ser resumidas na seguinte sequência de procedimentos:

- a) Analisar e aprovar quimicamente a água que será vendida como água mineral.
- b) Engarrafamento da água mineral e distribuição em postos de venda.
- c) Captação de água da chuva para medir o grau de sua precipitação pluviométrica.
- d) Captação, tratamento e distribuição da água para a população.
- e) Analisar a água apenas visando ao conhecimento científico, sem a necessidade de considerar a utilidade pública.

2. A água é uma substância química composta, triatômica e binária, que ainda hoje desperta a curiosidade científica devido ao seu comportamento químico anormal. Sobre sua constituição molecular, pode-se afirmar que sua molécula é formada por:

- a) Três átomos e dois elementos químicos.
- b) Três átomos e três elementos químicos.
- c) Dois átomos ligados covalentemente.
- d) Dois átomos unidos por ligação de hidrogênio.
- e) Elementos metálicos e não metálicos.

3. A água apresenta ponto de ebulição mais alto do que o álcool ou o éter, o que indica maior dificuldade para evaporar se comparada a estas substâncias. Um dos motivos que explica essa dificuldade na evaporação é:

- a) A água apresenta elevada viscosidade com a superfície em que adere.
- b) A água requer alta temperatura e baixa pressão para evaporar.
- c) Sua molécula é polarizada, isto é, apresenta polos elétricos de sinais opostos.
- d) Sua molécula apresenta elevado peso atômico, sendo difícil fazê-la circular pelo ar.
- e) A água é uma substância orgânica e tende a permanecer na forma líquida para ser aproveitada.

Indicadores e legislação sobre qualidade de água

Diálogo aberto

Como já vimos, a crise hídrica não se deve somente à quantidade e disponibilidade de água, mas também à sua qualidade. Sabemos também que a água que falta de um lado sobra do outro, porque, a rigor, a água no mundo não desaparece. Ela continua presente e está visível chuva, que em certos lugares possui frequência praticamente diária, assim como na própria atmosfera, na forma de vapor. Ela também está presente em rios, lagos e córregos que ainda não sofrem com o dilema da escassez, assim como nos mananciais subterrâneos não contaminados. Há inclusive comentários sobre aproveitar a água do mar, que cobre 2/3 da superfície total do planeta.

Consideremos então a seguinte Situação-Problema: um líder comunitário de uma comunidade distante, mal servida de serviços básicos, abre a torneira de casa e, ao encher um copo, verifica que a água está turva. Além dele, outros moradores da comunidade também detectaram essa mesma situação. Ao constatar que a rede de encanamentos da comunidade estava em ordem, o líder comunitário deduziu que a causa da turbidez pode ter origem na fonte de captação da água, ou ainda, que ocorreu alguma falha na estação de tratamento. Depois de muitas idas e vindas aos órgãos competentes, sem uma solução para o problema em questão, ele teve a ideia de criar uma extensa rede de estações de tratamento de água em miniatura, que fossem móveis e de baixo custo. Por outro lado, ele também precisa apresentar de forma convincente seus argumentos, para que essa ideia conquiste adeptos e apoio.

Para sorte sua, Francisco, funcionário daquela empresa do ramo de alimentos minimamente processados, era seu vizinho, e ao saber da necessidade do líder comunitário em conseguir adeptos de sua ideia, falou de sua iniciativa de elaborar um manual a respeito do assunto e mostrou ao líder comunitário o resultado de sua pesquisa e o que tinha elaborado até então. Os dois resolveram, então, unir forças para dar continuidade à elaboração do manual a partir do que Francisco havia feito.

E se você fosse convidado para fazer parte da elaboração do manual, o que sugeriria? Seria necessário conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos? E os indicadores de qualidade da água exigidos pela lei, precisariam ser conhecidos?

É com a combinação de todos esses parâmetros, incluindo os técnicos e os de caráter legal, que não só o líder comunitário, como também os demais moradores, poderão formar uma ideia mais precisa e racional a respeito da viabilidade das ministações.

Não pode faltar

A preocupação básica dessa unidade é a qualidade da água que deve ficar ao dispor do usuário, ou, mais precisamente, os indicadores que definem essa qualidade, estabelecida e aprovada por lei.

É importante destacar neste contexto a Resolução 397, de 2008, de autoria do CONAMA, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água”. Nessa Resolução encontra-se de forma precisa e detalhada uma série de definições, classificações de corpos de água, condições e padrões de qualidade das águas, as diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, além de outras observações, como a concentração máxima permitida de efluentes na água, como o arsênio, boro, cádmio, etc.

Como a água na Natureza raramente se encontra em forma pura, ou seja, como ela vem sempre misturada com outras substâncias, naturais ou não, a análise de sua qualidade para consumo é questão imperiosa. Aliás, muitas destas substâncias misturadas com a água são necessárias para atender aos padrões exigidos, enquanto outras devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo.

A análise da qualidade da água se divide basicamente em três tipos: física, química e biológica.

Os indicadores de qualidade física são principalmente a turbidez, que avalia a presença de partículas suspensas na água, como microrganismos, coloides, silte e argila e outros, como a temperatura, o sabor, o odor e a cor, que podem denunciar a presença de substâncias em solução. A temperatura é indicador importante, porque interfere na concentração de oxigênio dissolvido na água, sendo esta concentração menor quando for maior a temperatura da água.

Do ponto de vista químico, os indicadores estão relacionados com o pH, com a dureza e com a presença de elementos químicos, sejam orgânicos ou não. O pH indica o grau de acidez da água, que pode ser, conforme as substâncias dissolvidas, ácida, neutra ou básica, enquanto a dureza revela a concentração de cálcio de modo que magnésio, de modo que essa concentração for

elevada pode provocar formação de crostas nas paredes internas das tubulações que transportam a água.

A análise biológica da água se destina a acusar a presença de microrganismos como coliformes, cianobactérias, protozoários e vírus.



Assimile

A análise da qualidade da água é feita principalmente em três experimentos: físico, químico e biológico.

Em 1970, foi criado nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation, o Índice de Qualidade das Águas, que a CETESB no Brasil passou a utilizar em 1975, até que todos os estados brasileiros passaram a adotá-lo como referência para avaliar numericamente a qualidade da água após o tratamento. O IQA é composto por nove parâmetros, cada um dotado de um determinado peso proporcional à sua importância, conforme pode se visto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 | Parâmetros e seus respectivos pesos para o estabelecimento do Índice de Qualidade das Águas

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: elaborada pela autora.

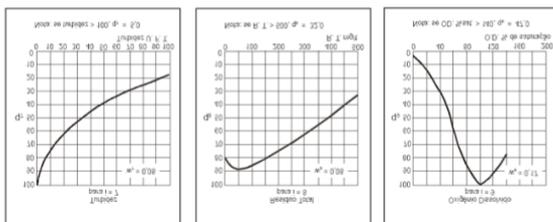
A determinação numérica do IQA é feita por meio da seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} = q_1^{w_1} \times q_2^{w_2} \times \dots \times q_n^{w_n}$$

Em que q_i é um valor atribuído ao i -ésimo parâmetro, entre 0 e 100, obtido por meio da curva média de variação da qualidade, e w_i é seu peso correspondente. Repare na Tabela 2.1 que $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

A Figura 2.6 mostra curvas médias de variação da qualidade para três dos parâmetros exigidos.

Figura 2.6 | Curvas médias de variação da qualidade para três parâmetros: turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido



Fonte: <http://www.cmbconsultoria.com.br/servicos/monitoramento/ecovillas/novembro-2009/>. Acesso em: 19 nov. 2015.

Esse método tem a vantagem de ser simples e barato, enquanto a desvantagem fica por conta da produtória, que exige todos os parâmetros para ser mensurada, além de ser um processo relativamente lento.

Para a CETESB, a qualidade da água definida pelo IQA é mostrada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 | Classificação da qualidade das águas pela CETESB

Valor	Qualificação	Cor
80-100	Ótima	Azul
52-79	Boa	Verde
37-51	Aceitável	Amarelo
20-36	Ruim	Vermelho
0-19	Péssima	Preto

Fonte: CETESB.

Embora seja aceita no Brasil, a técnica do IQA ainda tem suas limitações, até porque novas variáveis podem despontar no sentido de alterar a qualidade da água, sem contudo estarem previstas neste método. Além disso, um melhor gerenciamento da qualidade da água também requer conhecimento das causas que alteram essa qualidade, e não simplesmente deve verificar se os padrões de potabilidade estão sendo atendidos. Em suma, não basta

simplesmente coletar dados, mas é preciso também analisá-los em profundidade, para que a dinâmica hídrica não só regional, mas de todo o planeta, possa ser melhor compreendida. De nada adianta uma compilação maciça de dados que ficam armazenados e que não são estudados a fim de extrair deles informações úteis, fenômeno este, aliás, descrito como síndrome dos bancos, por serem “ricos em dados e pobres em informações”.



Refleta

Alguma vez você parou para pensar sobre quantos aspectos envolvem as análises técnicas e o pessoal especializado, para deixar a água que sai da torneira de sua casa disponível para consumo?

O Brasil em particular, devido à sua própria extensão e elevada disponibilidade hídrica, além da administração deficiente nesse campo, não possui ainda uma rede de monitoramento sistemático da qualidade da água como precisa e seu povo merece. Isso significa que o Brasil possui um reduzido número de informações, comprometendo assim o aproveitamento da água doce, bem de que o país mais dispõe em relação ao estrangeiro.



Exemplificando

O Brasil conta com modernas estações de tratamento, modelos para o mundo inteiro, mas que só atendem a uma parcela diminuta de sua população.

Um adequado sistema de monitoramento da água, fundamentado nas condições concretas do país, repercute de modo favorável não só quanto ao aspecto puramente técnico ou hidrológico, mas também econômico e social, na medida em que o investimento está sendo bem aproveitado e os resultados estão sendo satisfatórios. Para isso, é mister reduzir os impactos negativos no aproveitamento de seus recursos hídricos, educar a população, além de ampliar e modernizar o sistema de análise da água.

A eficiência no tratamento e fiscalização da qualidade da água tem relação direta com a posição estratégica das estações e a frequência do monitoramento, especialmente nas regiões onde a chance de violação dos padrões aumenta. De acordo com Whitfield (1998) e Parr (1994), os principais objetivos a serem obtidos pelas redes de monitoramento de água são:

- Identificação de concentrações anormais, seja por lançamento contínuo ou acidentais.

- Detecção de tendências de alteração das concentrações.
- Avaliação de alterações no ecossistema.
- Estimativa de fluxo dos poluentes.
- Monitoramento de fluxo de poluentes em eventos.
- Avaliação geral da bacia.



Pesquise mais

Sobre os artigos mencionados, ver: WHITFIELD, P. H. Goals and data collection designs for water quality monitoring. *Water Resources Bulletin*, v. 24, n. 4, p. 775-780.

PARR, W. Water quality monitoring. *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*. **Blackwell Scientific Publications**, 1994. p. 526.

Outro aspecto a considerar é a interferência que as reformulações de ordem política provocam no sistema hidrológico do país, especialmente durante as transições de governos e, conseqüentemente, nas mudanças da política voltada a esta área. Em outras palavras, a sustentabilidade financeira de um projeto varia conforme a política nacional vigente.



Faça você mesmo

Estabeleça um critério caseiro para testar a qualidade da água, considerando os parâmetros visíveis na tabela IQA, como cor e turbidez, por exemplo.



Vocabulário

DBO ou **Demanda Bioquímica de Oxigênio**: medida, geralmente em mg/L, que traduz indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente na água, como carboidratos, ureia, surfactantes, gordura, óleo, fenóis, pesticidas, etc.

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Voltemos à nossa situação-problema: E se você fosse fazer parte da elaboração do manual, o que sugeriria? Seria necessário conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos? E os indicadores de qualidade da água exigidos pela lei, precisariam ser conhecidos? A resposta é SIM, é preciso conhecer todos esses aspectos. A Resolução 397 de 2008, do CONAMA, que “trata da classificação dos corpos de água e das diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece ainda as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água”. Portanto, para a elaboração do manual proposto será fundamental ter como fonte a Resolução em questão. Nela, encontra-se uma série de definições, classificações de corpos de água, condições e padrões de qualidade das águas, as diretrizes ambientais para prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, além de outras observações, como a concentração máxima permitida de efluentes na água, tais como o arsênio, boro, cádmio, etc.

Por meio do manual será esclarecido ao leitor que a água na natureza tem contato com várias substâncias, algumas delas necessárias à nossa saúde em dosagens adequadas (mas que podem também estar presentes em quantidades não recomendáveis), e outras que são substâncias prejudiciais à saúde em qualquer concentração encontrada. Portanto, a análise da água para comprovação de sua qualidade e verificação dos parâmetros exigidos para sua boa qualidade se torna uma questão de saúde pública.



Atenção

A eficiência no tratamento e a fiscalização da qualidade da água têm relação direta com a posição estratégica das estações e com a frequência do monitoramento, especialmente nas regiões onde a chance de violação dos padrões aumenta.



Lembre-se

Do ponto de vista químico, os indicadores estão relacionados com o pH, com a dureza e com a presença de elementos químicos, sejam orgânicos ou não. Além disso, a temperatura é um indicador importante da concentração de oxigênio dissolvido da água, sendo esta concentração menor quando for maior a temperatura da água.

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

“Miniestação caseira de tratamento de água”

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Aprender a avaliar preliminarmente a qualidade da água por meio de suas propriedades mais visíveis, como cor, sabor, odor, turbidez e pH.
3. Conteúdos relacionados	Indicadores da qualidade da água, reconhecimento e técnicas domésticas de tratamento.
4. Descrição da SP	Um líder comunitário de uma comunidade distante, mal servida de serviços básicos, abre a torneira de casa e, ao encher um copo, verifica que a água está turva. Além dele, outros moradores da comunidade também detectaram essa mesma situação. Ao constatar que a rede de encanamentos da comunidade estava em ordem, o líder comunitário deduziu que a causa da turbidez pode ter origem na fonte de captação da água, ou ainda, que ocorreu alguma falha na estação de tratamento.
5. Resolução da SP	É necessário que se conheça os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, além dos indicadores de qualidade da água exigidos pela lei. No é esse conhecimento que decide a validade e o merecimento de apoio para qualquer projeto. É com a combinação de todos esses parâmetros, incluindo os técnicos e os de caráter legal, que não só o líder comunitário, como também os demais moradores da comunidade, poderão formar uma ideia mais precisa e racional a respeito da viabilidade das miniestações.



Lembre-se

A qualidade da água é definida por indicadores padronizados. Não se deve, portanto, considerar avaliações puramente baseadas em impressões pessoais para se estimar a qualidade da água.



Faça você mesmo

Faça um relatório sobre os indicadores mais visíveis de qualidade da

água, como cor, sabor, odor, turbidez e pH. Considere a água que recebe em casa, na escola e no ambiente de trabalho.

Faça valer a pena

1. Dada a complexidade da matéria que envolve o tratamento de água, sua exploração e acesso, existem várias leis e resoluções atuando no sentido de regulamentar estas providências. Destacam-se as resoluções 357/05 e 397/08 do CONAMA, que estabelecem:

- a) A necessidade de racionar água nas regiões de maior consumo, como as regiões Sudeste e Sul.
- b) A obrigatoriedade de construir uma estação de tratamento de água em cada município do país.
- c) A classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.
- d) A inviolabilidade das águas subterrâneas, visto que elas não podem e não devem ser aproveitadas.
- e) A limitação do volume de água extraído por manancial, conforme o período e a densidade populacional da região.

2. Qual é o motivo que leva à necessidade de se estabelecer um indicador de qualidade da água envolvendo outros elementos químicos, visto que a água pura não contém estes elementos?

- a) A água tratada não é água pura ou destilada, e sim uma solução contendo outros elementos químicos, cuja quantidade e presença devem ser estabelecidas com precisão em um tratamento de água.
- b) Justamente para melhor conhecer os procedimentos para que a água contaminada com esses elementos seja destilada até sua total purificação.
- c) Porque os fabricantes de água mineral utilizam estes outros elementos, de modo que é necessário estabelecer esse indicador para aprovar a venda de água mineral.
- d) Como a água da chuva incorpora estes elementos durante sua passagem pela atmosfera, é preciso tais indicadores para analisar os efeitos que essa água provoca no meio ambiente.
- e) Estes indicadores não se referem à água para consumo, e sim à água para outras utilidades, como limpeza e tratamento médico.

3. O tratamento e a definição da qualidade da água, quando se pretende atender aos padrões de potabilidade exigidos, são feitos por meio de três testes básicos, que são:

- a) Físico, químico e biológico.
- b) Físico, químico e radioativo.
- c) Químico, biológico e hidrológico.
- d) Físico e químico, apenas.
- e) Apenas biológico.

Consequências socioambientais relacionadas à qualidade de água

Diálogo aberto

Embora a água seja uma substância vital para qualquer forma de vida, ela também pode servir de veículo para elementos causadores de várias moléstias e enfermidades, além de meio de proliferação para insetos, especialmente mosquitos. Vimos como a água pode conter microrganismos patogênicos, além de elementos metálicos tóxicos e outras impurezas que, se ingeridas por um ser humano ou mesmo um animal, podem levá-lo à morte. Nunca é demais recordar que as maiores vítimas das doenças provocadas por ingestão de água não tratada são as crianças, a ponto de, em média, uma criança com até um ano de vida morrer a cada 96 horas no Brasil, como consequência da falta de saneamento básico.

Sendo assim, considere a seguinte Situação-Problema: um grupo de estudantes interessados em conhecer as consequências socioambientais relacionadas à qualidade de água resolveu pesquisar sobre a contaminação das águas de um rio por um canal, visando transformar a pesquisa em um trabalho de TCC, motivados pela queixa da população de um bairro localizado no perímetro urbano da cidade, que relatou que os peixes estavam apresentando mudanças de comportamento, saltando para fora d'água e morrendo, aumentando o odor fétido do rio.

Por sorte, os estudantes, que embora bem intencionados, não sabiam por onde começar, ficaram sabendo, por intermédio de uma cobertura jornalística, da iniciativa do Francisco e do líder comunitário de elaborar um manual para informar os moradores da sua comunidade sobre as características e técnicas para verificação da qualidade da água e os métodos de desinfecção e autodepuração, bem como sobre os aspectos técnicos relacionados aos sistemas de tratamento de água. Como os alunos pretendiam ajudar de alguma forma os moradores da comunidade objeto da pesquisa, resolveram procurar o Francisco e o líder comunitário, conhecer a experiência, e, quem sabe, somar seus esforços aos do Francisco e do líder comunitário na elaboração do manual. Como os alunos poderiam contribuir na continuidade da elaboração do manual?

Entre as principais causas da contaminação das águas de rios no Brasil estão, pela ordem, e de acordo com dados fornecidos pelo IBGE, o esgoto doméstico não tratado e o uso abusivo de agrotóxicos. Tendo em vista que o Brasil ocupa posição privilegiada em termos de aproveitamento agrícola, devido às condições naturais favoráveis como solo, clima e abundância hídrica, além de possuir uma tradição historicamente voltada para esse tipo de atividade, e com os investimentos no setor agrícola aplicados no país tendendo a aumentar nos próximos anos, a ponto de poder colocar o Brasil como o maior produtor de alimentos no mundo, tal somatória de fatores favoráveis resulta em uma pressão sobre o sistema agrícola brasileiro, exercida justamente para atender a uma demanda que tende a se estender a todos os cantos do globo.

Para que o país possa se legitimar como celeiro mundial de alimentos, a condição essencial é que a qualidade de seus produtos seja assegurada, além da própria cultura em si enquanto se desenvolve, dadas as ameaças em potencial que atuam para seu enfraquecimento e até destruição. Mais especificamente, são as pragas e ervas daninhas que figuram entre as ameaças que, anualmente, acarretam imensos prejuízos para a lavoura em todo o país, em que pesem os recordes de produção orgulhosamente anunciados aos quatro ventos.

Se tal confronto não for uma contradição, serve magnificamente para demonstrar o gigantesco potencial agrícola do Brasil, visto que outros fatores, além das pragas e plantas invasoras, também concorrem contra os interesses nacionais no campo, em que são campeões do mundo de longa data e com certa folga: o atraso na infraestrutura agrícola e na mecanização, sistemas de transportes deficientes, corrupção, concorrência desleal entre produtores, conflitos pela terra e, sem pretender robustecer demais o peso dos fatores contrários à emancipação do poderio agrícola nacional, o próprio analfabetismo agrário de boa parte do contingente que trabalha nesse campo de atividade.

Ao concentrarmos nossa atenção nas ameaças puramente naturais, como pragas e plantas invasoras, nos deparamos com um dado que, se não assusta, merece pelo menos uma profunda reflexão seguida de uma ainda mais profunda reavaliação dos métodos utilizados: o Brasil é o país no mundo que mais recorre ao uso de agrotóxicos. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o Brasil utiliza 20% de todo defensivo agrícola produzido no mundo, sendo que quase toda sua totalidade aplicada, 99% (é isso mesmo: 99%), não atinge o alvo. Ou seja...

Exato: 99% vão para os rios, para a água subterrânea, para os solos e até evaporam para a atmosfera.

É inevitável, portanto, a consequência de uma exploração que coloca o país em uma autêntica encruzilhada: se por um lado é celeiro abundante de comida para seu povo e até para o mundo, por outro corre o risco de ficar à mercê de uma contaminação em escala nacional.

Direcionando o problema para o tema base da seção, que se restringe ao impacto ambiental diretamente relacionado à qualidade da água, vejamos os riscos mais presentes da contaminação aquática gerada pelo uso incorreto e indiscriminado dos agrotóxicos, bem como os métodos de análise química pertinentes.



Assimile

O Brasil é o país que mais utiliza agrotóxicos no mundo, embora apenas 1% do que é aplicado atinja o alvo principal, que são as pragas e ervas daninhas, enquanto os restantes 99% contribuem apenas para envenenar o ambiente.

A contaminação das águas por agrotóxicos desencadeia uma reação multiplicadora e difícil de conter, na medida em que infecta os animais e plantas que nelas vivem, incluindo as próprias rochas banhadas por essas águas, enquanto servem de substrato para depósito de elementos químicos. As consequências são, portanto, as mais variadas, incluindo peixes que retêm em seus tecidos substâncias tóxicas, sem contudo demonstrar que estão sendo afetados por tais substâncias. Neste caso, os efeitos nocivos podem aparecer posteriormente naqueles que ingerem o peixe contaminado, que pode servir de alimento aos animais de estimação e ao próprio ser humano.



Exemplificando

Algumas substâncias tóxicas lipossolúveis oriundas de defensivos agrícolas já foram constatadas no leite materno. Mal acaba de vir ao mundo e o bebê já é vítima da contaminação logo no seu primeiro sustento.

Outro efeito danoso, catastrófico, é a deposição de resíduos orgânicos nos cursos d'água e a consequente proliferação de microrganismos decompositores que retiram da água o oxigênio de que os peixes e outros organismos

aquáticos precisam. Conforme a taxa de retirada, o desastre é inevitável e visível, como mostra a Figura 2.7.

Figura 2.7 | Milhares de peixes mortos no Rio Negro, no Pantanal. Há suspeita de falta de oxigênio na água



Fonte: <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI208435-15215,00-FALA+BRASIL.htm>. Acesso em: 29 nov. 2015.

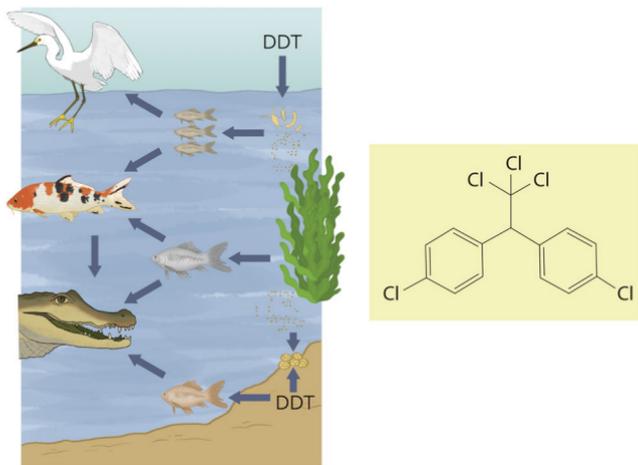


Refleta

Dá para crer (e aceitar) que a atividade econômica que mais contribui para o aumento do PIB nacional, gerando riqueza, pode ao mesmo tempo contaminar a própria terra e a água utilizada para essa produção?

A marcha do desastre não se interrompe nas fronteiras do Brasil. Ao se espalharem pelas águas e pela atmosfera, os agrotóxicos passam a fazer parte tanto do ciclo hidrológico como do ciclo eólico do mundo inteiro, a ponto de se constatar presença de DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), pesticida largamente utilizado durante e após a Segunda Guerra Mundial, nas geleiras. Apesar de proibido há muitos anos, o DDT utilizado pode se manter ativo por até 30 anos no ambiente e contaminar várias cadeias ecológicas. A Figura 2.8 mostra uma reação de contaminação em cadeia provocada pela imersão de DDT em um curso de água, bem como a fórmula estrutural do composto.

Figura 2.8 | À esquerda, esquema de uma cadeia de contaminação provocada pela imersão de DDT em um rio; à direita, fórmula estrutural do composto



Fontes: http://www.clubedaquimica.com/index.php?option=com_content&view=article&id=115:os-pesticidas&catid=44:quimica-e-o-ambiente&Itemid=65 e http://palavrasescritasdfs.blogspot.com.br/2011_03_01_archive.html. Acesso em: 29 nov. 2015.

O Brasil ocupa posição de destaque na produção agrícola, e entre os produtos que lideram com larga vantagem está a cana-de-açúcar, a ponto de representar metade da produção mundial. Atualmente, a área reservada à plantação de cana-de-açúcar no país é de 8,4 milhões de hectares (CONAB, 2013), marcadamente no Estado de São Paulo, enquanto o volume de herbicidas aplicados somente nessa cultura é estimado em 34 milhões de quilos por ano. Embora eficiente no que diz respeito ao controle de ervas daninhas, o produto tem como destino inevitável o ambiente hídrico, devido à volatilização, ao escoamento superficial provocado pelas chuvas e à lixiviação. Como a produção de cana vem aumentando, a contaminação também aumenta na mesma proporção.

Nas seções 2.1 e 2.2 destacamos alguns indicadores de qualidade da água, como cor, sabor, turbidez, pH e temperatura, além de outros parâmetros, específicos para se determinar o grau de potabilidade de um corpo de água. No caso dos contaminantes agroindustriais, métodos específicos e diferenciados devem ser adotados, com prioridade para os métodos biológicos. Entre eles, a utilização de peixes bioindicadores é prática recomendada e permitida por lei em alguns casos. Por estarem no topo da cadeia alimentar, os peixes onívoros e carnívoros utilizados para alimentação humana têm sido criados em ambientes artificialmente construídos, com o objetivo de

avaliar o grau de toxidez encontrada em seus tecidos, principalmente nas gueltras e vísceras. Um dos peixes mais utilizados nesse tipo de experiência é o *Piaractus mesopotamicus*, conhecido como Pacu, pois é facilmente manejável em criadouros (Figura 2.9).

Figura 2.9 | O *Piaractus mesopotamicus* – Pacu –, peixe nativo muito usado em experiências envolvendo nível de toxicidade das águas contaminadas por defensivos agrícolas



Fonte: <http://www.exoticfishaquarium.com/pacu-fish/>. Acesso em: 29 nov. 2015

Quando se trata de analisar as substâncias presentes na água em estudo, alguns métodos modernos de análise química podem ser utilizados, como a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, em que as substâncias líquidas misturadas são separadas e identificadas.

A Figura 2.10 mostra um aparato experimental utilizado para essa finalidade.

Figura 2.10 | Um moderno cromatógrafo de fase líquida



Fonte: <http://gepronas.ufsc.br/infraestrutura-3/equipamentos/>. Acesso em: 30 nov. 2015.



Faça você mesmo

As ervas daninhas constituem um grande incômodo não somente na lavoura, mas também no meio urbano, visto que crescem nas ruas, nas calçadas e na beira de rodovias, podendo até obstruir a visão das placas de orientação. Faça um relatório incluindo fotos de lugares de seu bairro onde as ervas daninhas se proliferam, e informe se elas afetam negativamente a comunidade, como na poluição visual, por exemplo. Aproveite também para verificar se existe alguma utilidade para as ervas daninhas, como o uso medicinal, e se há pessoas que as utilizam.



Vocabulário

Lixiviação: É a dissolução do mineral do metal de valor pela água ou por uma solução aquosa do agente lixiviante (HASK, [s.d.], [s.p.]).

Sem medo de errar

Voltemos à solução de nossa situação-problema, em que um grupo de estudantes interessados em conhecer as consequências socioambientais relacionadas à qualidade de água resolveu pesquisar sobre a contaminação das águas de um rio por um canal. Quais são as consequências socioambientais relacionadas à qualidade da água? O que deve constar sobre esse tema no manual que está sendo elaborado? O Brasil merece de fato o título de “País das Contradições”. No agronegócio, o país é encarado como a terra por onde correm o leite e o mel, ou como o local onde tudo se planta e tudo se colhe. Por outro lado, há o impacto ambiental provocado por águas contaminadas por agrotóxicos. Não só é visível o seu efeito sobre a fauna e flora aquáticas, como também é sentido na própria pele, na medida em que gera enfermidades e mortes em larga escala. Além disso, o fato de agrotóxicos não permitidos ainda serem utilizados deve-se principalmente a uma questão de conveniência, por serem de baixo custo, por exigirem menos mão de obra envolvida, e por terem efeito mais imediato, enquanto as consequências danosas não são imediatas na maioria das vezes, nem aparecem no lugar onde o agente foi aplicado. Daí provém boa parte da explicação da dificuldade dos órgãos de controle ambiental em rastrear de onde partem essas ações.



Lembre-se

Alguns agrotóxicos, diluídos principalmente na água, podem ser levados pelas correntes marítimas até as geleiras, percolar até os aquíferos, bem como contaminar os alimentos. Reveja o caso de Minamata no Japão e do leite materno.

Não se trata de falta de alternativas. Existem outros métodos mais seguros ou que envolvem menores riscos, quando se trata de enfrentar o grave problema das plantas invasoras e, especialmente, das pragas, causadoras efetivas de grandes desastres na lavoura e na economia nacional. Mas estas ameaças devem ser enfrentadas de forma racional, utilizando técnicas corretas de aplicação de defensivos, pois o emprego indiscriminado dessas substâncias pode trazer problemas à saúde pública.



Atenção

O uso maciço de agrotóxicos no Brasil pode matar a erva daninha e a praga, mas ao mesmo tempo pode trazer problemas de saúde. Por sua vez, o uso indiscriminado dessas substâncias faz com que a população de pragas e as ervas daninhas, com o passar do tempo, desenvolvam resistência a esses produtos.

Adicionalmente, é necessário instruir todos os moradores a efetuarem denúncia junto ao Ministério Público, bem como cobrar a realização de uma fiscalização mais efetiva do CREA no que diz respeito à venda de agrotóxicos, determinando que o comerciante cumpra com seu dever e exija do produtor o Receituário Agrônômico emitido por profissional habilitado.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	

“Auditoria ambiental em usina de cana-de-açúcar”	
1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Verificar quais são os aspectos ambientais potencialmente nocivos ao meio ambiente e, em especial, aos recursos hídricos.
3. Conteúdos relacionados	Qualidade da água, contaminação da água, impacto ambiental, derivados da cana-de-açúcar.

“Auditoria ambiental em usina de cana-de-açúcar”

4. Descrição da SP	Uma usina de cana-de-açúcar pretende receber um selo de certificação ambiental ISO 14.000, e por esse motivo receberá uma visita de um auditor ambiental que irá verificar se os procedimentos operacionais quanto ao tratamento dado à vinhaça estão em conformidade com as normas ISO 14.000 e com a legislação vigente ou normas técnicas. O gerente da usina designou um auditor interno para levantar os aspectos ambientais antes da chegada do auditor externo. Com base em seus conhecimentos sobre contaminação dos recursos hídricos, como se dará o trabalho do auditor interno para levantar esses aspectos?
5. Resolução da SP	O auditor interno levantará inicialmente o destino que é dado à vinhaça, constatando se é descartada em algum curso d'água ou se é utilizada na fertirrigação da cultura da cana-de-açúcar. Adicionalmente, fará um levantamento quanto à textura do solo no canavial, verificando se apresenta textura arenosa ou argilosa, ou solicitará a um funcionário do setor de trato culturais que forneça essa informação. Em seguida, ele irá contratar um laboratório independente para coletar e analisar amostras de água nos cursos d'água próximos à usina a fim de verificar se o resultado encontrado está de acordo com os parâmetros da legislação vigente. Em caso negativo, terá que mudar os procedimentos referentes ao uso e/ou descarte da vinhaça, bem como consultar a população do entorno dos cursos d'água, e perguntar se alguém está percebendo alguma anormalidade em relação a odores fortes ou à mortandade de peixes e outros organismos aquáticos, e em que período do ano são mais frequentes esses episódios.



Lembre-se

Alguns resíduos utilizados na indústria e agroindústria podem servir de insumos para a própria indústria que os gerou ou para outras. A vinhaça é um exemplo!



Faça você mesmo

Consulte os meios de informação para constatar os casos de crime ambiental provocados pelo despejo da vinhaça diretamente nos rios brasileiros.

Faça valer a pena

1. Embora o Brasil seja considerado como um celeiro mundial na produção de alimentos, não utiliza adequadamente o potencial agrícola de que dispõe. Dentre as

maiores falhas dos métodos de combate às ervas daninhas e pragas utilizados no país, destaca-se:

- a) Uso de substâncias químicas ineficientes.
- b) Uso de defensivos agrícolas em volume abaixo do necessário.
- c) Uso abusivo de defensivos agrícolas.
- d) Uso limitado de recursos hídricos.
- e) Mau planejamento e falta de apoio econômico de bancos.

2. Um dos agentes químicos mais largamente utilizados nas plantações, até ser proibido no Brasil em 1994, é o DDT ou dicloro-difenil-tricloroetano. Trata-se de um agente considerado altamente tóxico e danoso para o meio ambiente, mas que ainda é empregado na agroindústria, mesmo ilegalmente. Uma das razões para sua utilização, mesmo clandestina, é:

- a) Por ser barato e de fácil manejo.
- b) Ser altamente eficiente e não arriscar quem o maneja.
- c) Sua eficácia como defensor agrícola é duradoura, enquanto seu potencial de toxicidade tem baixa duração.
- d) Ser de múltipla função, de modo que sirva como herbicida, como inseticida e como descontaminante de água poluída com coliformes.
- e) Não estar ainda devidamente comprovado seu poder tóxico.

3. Na década de 1950 verificou-se no Japão o início de casos de contaminação em peixes, que redundou na morte de mais de 700 pessoas, em decorrência de uma doença conhecida como Síndrome de Minamata. A contaminação ocorreu porque:

- a) Radiação proveniente da detonação atômica em Hiroshima atingiu a baía.
- b) Navios de guerra afundados na baía contaminaram suas águas.
- c) Mutações em peixes ocorreram devido à dissolução de agrotóxicos em suas águas.
- d) Óleo vazado de navios contaminou os peixes.
- e) Mercúrio foi despejado na água da baía por uma indústria.

Métodos de desinfecção da água

Diálogo aberto

É desnecessário acrescentar mais argumentos para realçar a importância da água, ou melhor, da água higienicamente limpa e adequada para o consumo, visto ter sido esta questão exaustivamente discutida em algumas das seções anteriores. Mas nunca é demais lembrar que, entre as ameaças que estão presentes na água não tratada para consumo, recebem atenção especial os microrganismos patogênicos, responsáveis diretos pelo óbito de milhares de indivíduos a cada ano em todo o mundo, especialmente de crianças, certamente as mais vulneráveis a essa ameaça diariamente presente.

Agora imagine a seguinte Situação-Problema: uma pequena comunidade, carente e sem uma rede particular de tratamento de água, recebe a notícia de que a água que vem da torneira pode estar contaminada com cólera, uma doença infecciosa intestinal causada por uma bactéria presente na água. A fonte da contaminação não é local, e levará algum tempo, talvez semanas ou meses, até que a causa da contaminação seja erradicada e o serviço de abastecimento hídrico se normalize.

Enquanto isso e do jeito que podem, as autoridades locais procuram informar à população as providências necessárias para desinfetar a água que vem da torneira, e por isso se juntaram à iniciativa do nosso personagem Francisco. Como sabem que existe um manual sendo elaborado, resolveram procurar o idealizador e coordenador da proposta, Francisco, para saber como ele está elaborando o manual que está se tornando um meio eficaz de esclarecimento da população, pois usa linguagem dialógica. Além disso, as autoridades querem saber se Francisco e seus colaboradores já conseguiram informações a respeito dos métodos de desinfecção da água, e de que maneira eles poderiam ensinar as pessoas da comunidade a realizarem de forma caseira o tratamento da água. O que deve estar contido no manual sobre os métodos de desinfecção da água?

A primeira arma que temos para combater essa situação se chama informação, e por meio do manual informativo, é preciso divulgá-la para o maior número de pessoas da comunidade.

O que vem a ser realmente o significado da expressão desinfecção da água? Como podemos afirmar com segurança que a água está desinfetada e segura para ser consumida? A desinfecção é diferente da esterilização?

Existe uma definição técnica para a desinfecção e outra para a esterilização da água, ambas relacionadas com a quantidade de microrganismos patogênicos, dando conta de que, na desinfecção, dez microrganismos, no máximo, podem se salvar de cada um milhão, enquanto na esterilização, e para a mesma população, só se admite a sobrevivência de um único microrganismo.

Quando se trata de desinfetar a água bruta, isto é, retirada diretamente da fonte natural e normalmente imprópria para consumo humano, algumas considerações devem ser analisadas, entre elas a extensão da desinfecção (a quantidade de água a ser desinfetada), os meios disponíveis para a desinfecção e, não menos importante, as leis que a regulam. Isto porque a própria desinfecção pode deixar subprodutos indesejáveis na água, normalmente de natureza química.

Os métodos de desinfecção podem ser físicos ou químicos, podendo até haver uma combinação entre eles. Dentre os mais conhecidos e usados, podemos listar os seguintes: (1º) cloração, (2º) ozonização e (3º) aplicação de radiação ultravioleta.

Sabemos que, na Situação-Problema apresentada no Diálogo Aberto, a pobre comunidade assustada com a água infectada com o bacilo da cólera não pode contar com nenhum destes recursos. Para não deixar essas pessoas na mão, dedicaremos também um espaço para métodos de desinfecção da água menos complexos e de alcance caseiro, que podem pelo menos ser usados em caráter de urgência.

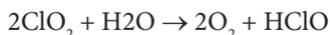
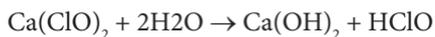
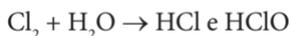


Assimile

A desinfecção e esterilização da água visam eliminar microrganismos patogênicos presentes na água, por meio de processos tanto físicos quanto químicos.

O método mais antigo, embora ainda eficiente, de desinfecção da água é a cloração, em que o cloro é misturado com a água em pequenas doses. O cloro pode estar na forma de gás - Cl_2 , hipoclorito de sódio - NaClO , hipoclorito de cálcio - $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ou dióxido de cloro - ClO_2 . Qualquer um destes produtos, quando combinado quimicamente com a água, produz o ácido hipocloroso - HClO , que é a substância que efetivamente desinfeta a água.

As reações destes agentes com a água estão representadas a seguir:



A utilização de cloro na água divide opiniões, uma vez que, se por um lado ele efetivamente desinfeta a água, por outro pode reagir com resíduos orgânicos presentes na água, produzindo substâncias nocivas à saúde humana, como os trihalometanos ou THMs, considerados substâncias cancerígenas. A Figura 2.11 mostra um dosador de cloro utilizado na desinfecção da água.

Figura 2.11 | Dosador de cloro em pastilhas, que pode ser adaptado à rede de abastecimento de água



Fonte: <http://www.redrauaqua.com.br/conteudos/?eFh4fDU5>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Um processo considerado mais confiável é o da ozonização, que utiliza o ozônio, de fórmula química O_3 . A eficiência do ozônio como desinfetante foi constatada pela primeira vez no final do século XIX, e seu uso foi estreado para essa finalidade em 1893, na Holanda. Entre as reconhecidas vantagens que o tratamento de desinfecção da água por meio do ozônio tem em relação ao do cloro, destacam-se sua eficiência, considerada 1,5 vezes maior, e sua velocidade, pelo fato de agir muito mais rapidamente.

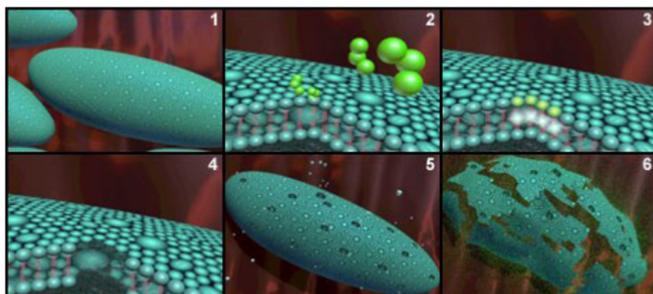


Exemplificando

Verificou-se em uma experiência que, para eliminar 99% de 60 mil bactérias *E. coli* presentes em cada mililitro de água, uma concentração de 0,1 mg/L de ozônio precisou de 0,08 segundos, enquanto a mesma concentração de cloro precisou de 250 segundos.

Enquanto o cloro deve primeiro atravessar a parede celular da bactéria para alterar sua bioquímica interna, o ozônio ataca diretamente o microrganismo, primeiro oxidando sua parede celular para, depois, provocar sua ruptura, como mostra a figura seguinte (Figura 2.12).

Figura 2.12 | Sequência ilustrativa do processo de ataque do ozônio contra a parede celular de uma bactéria: (1) bactéria sadia, (2) parede celular da bactéria atacada pelo ozônio, (3) oxidação da parede celular, (4), (5) e (6) ruptura da parede celular e morte da bactéria.



Fonte: <http://www.snatural.com.br/Tratamento-Agua-Ozonio.html>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Tamanha eficiência na desinfecção da água disseminou o uso de ozonizadores até pelas residências, como mostra a figura seguinte (Figura 2.13).

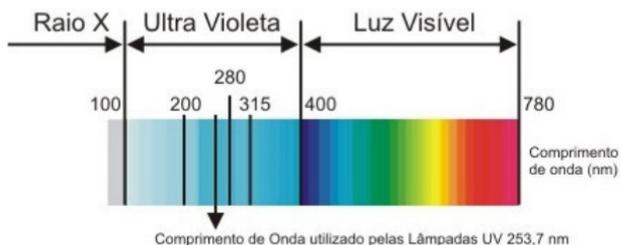
Figura 2.13 | Um ozonizador caseiro, adaptado em uma torneira



Fonte: <http://www.ozonizador.net/>. Acesso em: 11 dez. 2015.

A cloração e ozonização são processos químicos de desinfecção da água, ao passo que a utilização de radiação eletromagnética é processo físico, visto que não interage quimicamente com a água. Um desses processos físicos consiste na aplicação de raios ultravioleta UV, cujo comprimento de onda está compreendido entre a luz violeta (maior frequência no espectro de luz visível) e os raios X, como mostra a Figura a seguir (Figura 2.14).

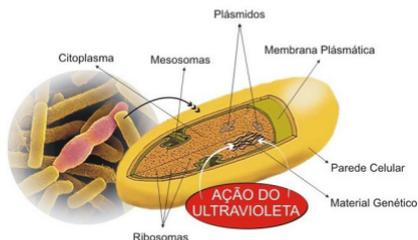
Figura 2.14 | Posição da radiação UV entre os raios X e a luz visível



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Desinfeccao-Ultravioleta-UV-Agua.htm>. Acesso em: 11 dez. 2015.

O sistema de desinfecção e esterilização da água por radiação UV tem sido utilizado de forma segura em hospitais, laboratórios e indústrias alimentícias e farmacêuticas, incluindo piscinas. O princípio da esterilização por UV é que esta radiação atravessa a parede celular do microrganismo, de modo a alterar seu código genético e, conseqüentemente, torná-lo incapaz de se reproduzir. A Figura 2.15 mostra o fundamento do processo, e a Figura 2.16 mostra um ozonizador utilizado em indústria para desinfetar água.

Figura 2.15 | Esquema de funcionamento da radiação UV contra um microrganismo



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Desinfeccao-Ultravioleta-UV-Agua.html>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Figura 2.16 | Instalação industrial de desinfecção da água por radiação UV



Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/Desinfeccao-Ultravioleta-UV-Agua.html>. Acesso em: 11 dez. 2015.

A desinfecção da água também pode ser realizada por meio de procedimentos mais rudimentares do que os citados anteriormente, visto que a utilização de cloro, ozônio ou radiação UV exige uma instrumentação que nem todos possuem, além de, conforme a região, não ser simples de adquirir. Processos de filtragem e fervura, por exemplo, também são eficientes, enquanto a luz gratuita do Sol, além de ser diária, também pode ser aproveitada para desinfecção da água, especialmente quando recursos que requerem meios mais modernos não estão ao alcance.



Refleta

Mesmo existindo métodos alternativos para o tratamento da água, por que tantas comunidades carentes ainda não se apropriaram desses métodos?

Recomendada pela própria Organização Mundial da Saúde - OMS, a técnica SODIS (solar disinfection) é um recurso acessível do ponto de vista econômico, além de não exigir conhecimentos técnicos e funcionar mesmo com céu nublado, embora o tempo de desinfecção seja maior neste caso. Utilizando-se de garrafas transparentes (tipo Pet), a água é desinfetada por simples exposição à luz solar, como mostra a sequência da Figura 2.17.

Figura 2.17 | Sequência que mostra como funciona o método SODIS de purificação da água



Fonte: <http://dicasinteressantes.com/2008/11/24/purificacao-de-agua-apeenas-com-garrafas-pet-e-luz-do-sol-tecnica-sodis/>. Acesso em: 11 dez. 2015.



Faça você mesmo

Consulte os dados da Secretaria de Saúde de seu município e verifique quantos casos de moléstias causadas por doenças de veiculação hídrica ocorrem em sua região. Você deve identificar qual é a faixa etária mais atingida e, se possível, localizar em qual região de sua cidade esses casos são mais comuns. Por fim, discuta esses dados com seus colegas.

Sem medo de errar

Vamos agora solucionar nossa Situação-Problema: o conteúdo a ser contemplado no manual a respeito dos métodos de desinfecção da água teve como base diversos esclarecimentos. Um dos grandes problemas da água é que o mal que ela pode carregar é invisível, como é o caso dos microrganismos patogênicos, visíveis apenas em microscópios. Convém então estar sempre atento com relação à água que chega até nossas casas, se inteirando por meio da troca de informações com a rede de abastecimento, caso possua uma responsável por essa missão. É justamente na ausência de uma rede como essa ou na falta de informações que uma iniciativa puramente pessoal pode ser a solução de um grave problema que ainda afeta profundamente a saúde pública brasileira. A água contaminada pode matar, e qualquer um tem o poder, além de ter o direito de assumir a responsabilidade de sua desinfecção. Basta conhecer alguns procedimentos básicos para conquistar esse direito.

Conforme o poder de compra, não faltam dispositivos adequados para se instalar dentro de casa para a desinfecção da água, como os ozonizadores, que são eficientes na eliminação dos microrganismos nocivos e não deixam subprodutos de risco, como ocorre com a cloração. Mas se um aparelho desse tipo estiver fora do alcance, medidas caseiras como fervura, filtragem e outras alternativas de poucos recursos, como o método SODIS, permitem resolver ou ajudar a resolver a Solução-Problema da comunidade carente.



Lembre-se

A água tratada é essencial para a vida, enquanto a água não tratada e que porventura contenha uma alta população de bactérias patogênicas pode extingui-la.

A educação também é uma importante maneira de se prevenir contra as doenças de veiculação hídrica, e os meios para tratamento de água devem ser disseminados por todos os campos da educação, tanto formal quanto informal (Figura 2.18).

Figura 2.18 | Crianças testando garrafas para serem usadas na desinfecção da água por exposição à luz solar



Fonte: http://hidro.ufcg.edu.br/cisternas/desinf_luz_solar.html. Acesso em: 11 dez. 2015.



Atenção

A utilização de cloro na água divide opiniões, uma vez que, se por um lado ele efetivamente desinfeta a água, por outro ele pode reagir com resíduos orgânicos nela presentes, produzindo substâncias nocivas à saúde humana, como os trihalometanos ou THMs, considerados substâncias cancerígenas.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que pode encontrar no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	

“Cuidados com a escolha de local para perfuração de poços”	
1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Ampliar o conhecimento a respeito dos métodos de desinfecção da água, assimilando o que apresenta maior viabilidade em face das circunstâncias.
3. Conteúdos relacionados	Métodos físicos de desinfecção da água. Conceito de empregador segundo a CLT/1943.

“Cuidados com a escolha de local para perfuração de poços”

4. Descrição da SP	Uma determinada comunidade distante, cansada de não ter abastecimento de água por meses, resolveu se reunir na associação de moradores para decidir perfurar um poço na própria comunidade e, desse modo, resolver o problema. Os moradores estão irredutíveis em construir o poço, e alegam que se ficarem sem água para beber, certamente morrerão. Que recomendações poderão ser dadas a eles quanto à perfuração e ao uso dessa água para consumo humano? Se você fosse convidado a opinar, o que recomendaria?
5. Resolução da SP	Primeiramente, diria que o local mais indicado para a perfuração do poço é o ponto mais alto do terreno e distante de fossas, ou de outras fontes de contaminação aparente. Isolaria o poço para evitar a entrada de animais, cobriria o poço com um telhado, e diria para verificarem se a água que brota na escavação do poço apresenta algum cheiro. Depois de verificar isto, diria aos moradores que, ao retirar a água do poço para o consumo propriamente dito, seria preciso filtrar a água em filtros de barro, ou coar com algum pano limpo, e depois ferver a água antes do consumo. Adicionalmente, recomendaria que acrescentassem na água hipoclorito seguindo as recomendações de dosagem do fabricante, ou de um agente de saúde da comunidade. Coletar amostras de água para análise seria bem-vindo vindo e necessário, para conhecer o real estado da água, bem como para o monitoramento da qualidade da água do poço. Vale lembrar sempre que a disponibilização de água de qualidade e em qualidade requerida é um direito constitucional garantido.



Lembre-se

A água adquire as características dos lugares com os quais manteve contato. Portanto, todas as etapas de produção de água devem ser vistas com atenção.



Faça você mesmo

Verifique se há algum poço de água em sua comunidade, ou em outra qualquer, que seja utilizado para consumo humano. Veja se sua localização parece adequada e se aparentemente o poço está sendo mantido em boas condições de manutenção e de isolamento. Finalmente, procure saber das pessoas que consomem esta água, qual é o tratamento dispensado ao líquido após adquiri-lo.

1. Existem definições específicas tanto para desinfecção como para esterilização da água. Considerando ambos os casos, de cada um milhão de bactérias que cada processo procura eliminar, pode sobrar no máximo, para a desinfecção e para a esterilização, respectivamente, o seguinte número de bactérias:

- a) 1, 1.
- b) 10, 1.
- c) 1, 10.
- d) 10, 10.
- e) 10, 100.

2. Dentre os processos químicos de desinfecção da água, dois se destacam não só pelo longo período em que já estão sendo aplicados, mas também pela facilidade e relativo baixo custo para sua aquisição e aplicação, inclusive em nível caseiro. São eles:

- a) Sulfonação e oxigenação.
- b) Oxigenação e hidrogenação.
- c) Hidrogenação e nitratação.
- d) Hidratação e oxigenação.
- e) Cloração e ozonização.

3. Existe uma grande diferença entre a eficiência do ozônio e a do cloro no que diz respeito à rapidez com que a água é desinfetada. Tal diferença se deve principalmente ao fato de que:

- a) O ozônio é reabastecido pelo próprio ar, enquanto o cloro tem que ser adicionado com frequência.
- b) O ozônio é um composto mais leve do que o cloro, o que explica sua maior mobilidade.
- c) O ozônio ataca diretamente a parede celular da bactéria, destruindo-a, enquanto o cloro migra através dela até atingir o interior do microrganismo, demandando um tempo maior neste processo.
- d) As bactérias respiram o ozônio, e não o cloro, e é justamente o ozônio inoculado pela respiração que destrói o microrganismo.
- e) O cloro ataca indiretamente a bactéria, privando-a do oxigênio que com ele reage, o que caracteriza um processo mais lento do que um ataque direto feito pelo ozônio.

Referências

- BARBOSA, R. P.; IBRAHIN, F. I. D. **Resíduos sólidos: Impactos, manejo e gestão ambiental**. São Paulo: Editora Érica, 2014. 176 p.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. de. **Tratamento de água e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. São Paulo: Érica, 2014. 184 p.
- SANCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental, conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 583 p.
- SHAMMAS, N. K.; WANG, L. K. **Abastecimento de água e remoção de resíduos**. 3. ed. São Paulo: LTC, 2013. 751 p.
- TELLES, D. D. (org.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 504 p.
- TOMA, H. E. **Química bioinorgânica e ambiental**. São Paulo: Edgard Blücher, 2013. 270 p.
- FUNASA. **Apresentação de projetos de sistemas de esgotamento sanitário**. 3. ed. Brasília: Funasa, 2008. 26 p.
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 291 p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1975. 360 p.
- NURENE. **Projetos e construções de sistemas de esgotamento sanitário**. 2008.
- REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703 p.
- TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 557 p.

Unidade 3

Resíduos sólidos

Convite ao estudo

Nesta unidade você vai mergulhar no mundo do conhecimento sobre os resíduos sólidos. Você conhecerá os conceitos, as definições, a classificação e os tipos de resíduos, a legislação vigente, além de refletir sobre os principais impactos socioambientais relacionados aos resíduos sólidos. São temas que vão levá-lo a conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos, além de ajudá-lo a desenvolver a competência técnica de conhecer a legislação pertinente aos resíduos sólidos como ferramenta de gestão.

A atividade humana gera uma diversificada gama de resíduos que normalmente são lançados na natureza sem uma mínima preocupação relacionada à degradação ambiental. Resíduos diversificados, dispostos de forma inadequada, sem que tenham sido tratados, podem ser observados no meio ambiente, degradando-o e expondo populações animais e vegetais a sérios riscos de contaminação.

Ao final desta unidade de ensino você deverá ser capaz de elaborar um parecer mediante a legislação vigente, classificando o aterro de uma cidade. Para isso, vamos desenvolver, seção por seção, situações-problema de seu cotidiano profissional, nas quais você possa aplicar seus conhecimentos e desenvolver suas habilidades para a entrega desse parecer.

Imagine-se na seguinte situação: suponha que você seja um funcionário do Ibama responsável pela qualidade do meio ambiente, e, entre suas atribuições, podemos destacar as de: fiscalizar a implantação e o funcionamento do plano de gerenciamento dos resíduos sólidos; fiscalizar e verificar se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) está sendo seguida pelos geradores de resíduos, tanto públicos quanto privados; e avaliar os principais impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos, a fim de propor melhorias na sua gestão.

Para que você consiga desempenhar todas essas funções, será necessário conhecer:

- A definição de resíduos sólidos.
- A forma como esses resíduos são classificados.

- As legislações e normas vigentes para os diferentes tipos de resíduos.
- Os principais impactos causados pelos resíduos sólidos.

O que dizer então dos objetivos, princípios e instrumentos da PNRS? Como seria emitir um parecer mediante a legislação vigente classificando o aterro de uma cidade?

Conhecer as normas e legislações vigentes é o começo de tudo. Boa leitura!

Conceitos gerais sobre resíduos sólidos

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Vamos iniciar nossos estudos sobre os resíduos sólidos! Para caminharmos na direção de conhecermos a legislação pertinente aos resíduos sólidos como ferramenta de gestão, nesta seção abordaremos de forma sucinta a evolução do homem e a geração de resíduos, relatando os acontecimentos de forma cronológica. Estudaremos a conceituação de resíduos sólidos e a forma pela qual eles são classificados, levando em conta a fonte geradora e a periculosidade.

Considerando uma das suas atividades profissionais como funcionário do Ibama, sabe-se que indústrias que seguem as legislações e normas vigentes sobre aspectos ambientais possuem um diferencial competitivo no mercado. Nesse contexto, uma indústria têxtil de grande porte vai se instalar no interior do estado de São Paulo e você, como funcionário do Ibama, deverá fiscalizar a geração de resíduos sólidos dessa indústria.

Primeiramente você deve conhecer o ramo da indústria, ou seja, o que ela produz e quais resíduos sólidos são gerados por ela. Para isso, você deve fazer uma visita à indústria a fim de conhecer o processo de produção, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto final. Durante a visita, você irá observar quais são os principais resíduos gerados em cada etapa do processo de produção, considerando a matéria-prima e as características de origem do resíduo sólido. Além disso, você vai observar também se a indústria atende às exigências legislativas e às normas técnicas vigentes para o setor.

Depois da visita você deverá elaborar um relatório com informações em que constem os tipos de resíduos sólidos gerados. Quais são os principais resíduos gerados nesse processo produtivo? Como eles são classificados? Você consegue identificar quais tipos de resíduos são gerados em todos os setores de uma indústria têxtil?

Para responder a esses questionamentos é preciso que você tenha conhecimento das definições e da classificação de resíduos sólidos segundo a PNRS (Lei nº 12305/2010) e a norma NBR 10004 (ABNT, 2004b), para fornecer subsídios de gerenciamento.

Antes de iniciarmos o estudo sobre os conceitos e a classificação dos resíduos sólidos, é muito importante que você compreenda a relação entre a história do homem e a geração de resíduos, e também a forma pela qual essa relação modifica o ambiente, além de compreender a diferença entre os conceitos de lixo e resíduo.

Nas ruas, nas praias ou em locais públicos, como praças, parques e jardins, não é difícil notar a interferência do homem no ambiente, sendo este natural ou construído, não é mesmo? Sempre nos deparamos com lixo fora das lixeiras, poluindo o ambiente e causando danos à natureza e, conseqüentemente, ao próprio homem. Porém, essa interferência não é recente. O homem provoca intensas modificações no meio ambiente desde seus primórdios.

Isso é confirmado também pela fala de outros autores, como Philippi Jr., Romero e Bruna (2004), ao relatarem que no período paleolítico os ocupantes das cavernas confinavam resíduos em reentrâncias das rochas. Em outro momento da história foram encontrados indícios de que os restos agrícolas eram compostados e utilizados para o fabrico de ração e como fonte de energia. Waldman (2010) complementa nossos estudos sobre a relação entre homem e resíduos ao afirmar que o lixo é indissociável das atividades desenvolvidas pelo homem, tanto no tempo quanto no espaço.

Oliveira *et al.* (2005) trazem uma reflexão interessante sobre esse assunto, visto que, para eles, nos dias atuais, infelizmente, o cidadão é, antes de tudo, um consumidor. Por isso, pode-se dizer que, quanto maior é a renda do cidadão, maior é a sua capacidade de consumo – e uma quantidade maior de lixo será produzida. Portanto, o gerenciamento, a disposição e a destinação adequada dos resíduos são, hoje, um desafio para a cidadania.

Mas você deve estar se perguntando: o termo correto é lixo ou resíduo sólido?

Yoshitake (2010) concorda com Calderoni (1998) quando este afirma que esses conceitos variam de acordo com a época e o lugar, pois dependem de fatores jurídicos, econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Continuando, Yoshitake (2010) conceitua lixo como qualquer material descartado pela atividade humana, uma vez que, para o seu proprietário, ele não tem mais valor. Já Amorim (2010), quando cita os autores Hempe e Noguera (2012), conceitua lixo como tudo aquilo que não possui utilidade imediata. Amorim (2010) afirma ainda que o vocábulo lixo é uma denominação geralmente utilizada no vocabulário das escolas.



Refleta

Já imaginou a quantidade de resíduos que já foram gerados pela espécie humana desde os primórdios? O que mudou em relação às características físicas, químicas e biológicas desses resíduos?

Com relação a resíduos sólidos, há normas e legislações que os definem, além de abordarem outros aspectos como gestão e classificação. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no item três (3) da NBR 10004 (ABNT, 2004b), define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semissólido, resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. Já a PNRS, instituída pela Lei nº 12.305 de agosto de 2010, que reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal para a gestão e gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, define de uma forma mais ampla em seu art. 3º resíduos sólidos como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados, resultantes de atividades humanas em sociedade. No entanto, também considera que os resíduos são provenientes das mesmas atividades descritas na ABNT.

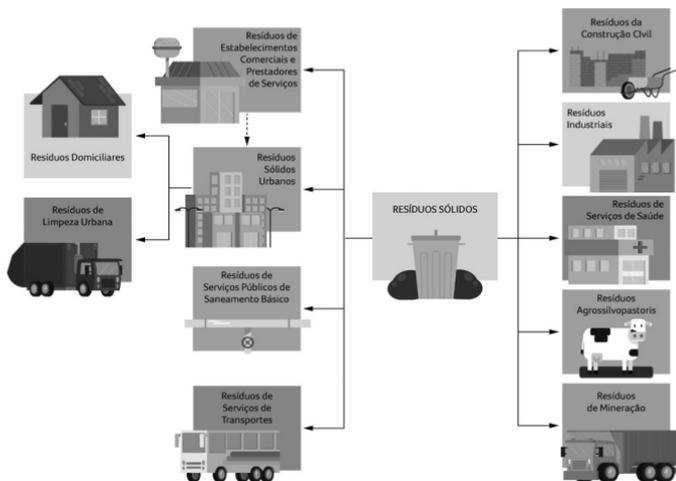


Assimile

Resíduos sólidos são quaisquer materiais, substâncias, objetos ou bens descartáveis, provenientes das mais diferentes atividades humanas.

Além do que já foi definido pela ABNT e pela PNRS, outra definição de resíduos sólidos pode ser encontrada na Agenda 21, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ocorreu no Rio de Janeiro em 1992 (Eco-92), que considera resíduos sólidos os resíduos humanos como excrementos, cinzas de incinerados, sedimentos de fossas sépticas e de estações de tratamento de esgotos, conforme pode ser observado na Figura 3.1.

Figura 3.1 | Resíduos sólidos: conceitos e fontes geradoras



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Diagrama_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos.png?u-selang=pt-br. Acesso em: 17 fev. 2016.

Além do termo resíduos sólidos, você vai se deparar com o termo resíduos sólidos urbanos, que se refere, de acordo com Libânio (2002), a materiais como embalagens plásticas, papel, papelão, recipientes de vidro, lata ou alumínio, produtos putrescíveis, objetos de uso pessoal, artigos de higiene, peças de vestuário e diversos utilitários, e bens duráveis (eletrodomésticos, móveis e outros). Além disso, são considerados resíduos sólidos urbanos os materiais provenientes da limpeza urbana, como varrição, poda e capina.

Considerando as diferentes fontes geradoras e as características dos resíduos, a preocupação com a geração de resíduos está diretamente ligada à poluição ambiental. Como exemplos das consequências causadas pela poluição relacionada à problemática dos resíduos sólidos podemos destacar os danos à saúde e aos bens materiais, o desequilíbrio social, o deslocamento populacional, a diminuição da qualidade de vida (BRILHANTE; CALDAS, 1999), a alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água, a modificação da composição química da atmosfera e dos solos (SANTOS; MARTINS, 2002).

Além de definir resíduos sólidos, as legislações e normas classificam esses resíduos com base em suas características, sua origem, periculosidade, entre outros aspectos.

Para a classificação, a NBR 10004 (ABNT, 2004b) considera o processo que deu origem ao resíduo, seus constituintes e suas características. Esse processo de classificação da NBR 10004 (ABNT, 2004b) resulta em duas

classes de resíduos, segundo suas características, e a eles são associados códigos de identificação, conforme demonstrado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 | Classificação dos resíduos sólidos – NBR 10004 (ABNT, 2004b).

Classificação	Periculosidade	Características	Código de identificação
Classe I	Perigosos	Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade, toxicidade.	D001, D002, D003, D004 e códigos com as iniciais P, U e D, constantes nos anexos D, E e F.
Classe II	Não perigosos	-	Códigos com iniciais A
Classe II A	Não inertes	Biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.	Códigos com iniciais A
Classe II B	Inertes	Não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.	Para cada parâmetro há um limite máximo no extrato mg/L (Anexo G)

Fonte: adaptado de ABNT (2004b).

Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004b), resíduos classe I – perigosos – são os que apresentam periculosidade, ou seja, cujas propriedades podem causar risco à saúde pública e riscos ao meio ambiente. Dentre as características de periculosidade estão: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. As amostras representativas de resíduos são obtidas conforme a NBR 10007 (ABNT, 2004c). Para conhecer as propriedades das características de periculosidade, leia a NBR 10004 (ABNT, 2004b). Além disso, cabe ressaltar que os resíduos também são classificados quanto à periculosidade na PNRS (Lei nº 12305/2010), art. 13, inciso II.



Vocabulário

Periculosidade: algo perigoso, risco de vida, perigo iminente de acidente, possibilidade de algo vir a ser perigoso.

Inflamabilidade: qualidade ou estado de ser inflamável, de pegar fogo.

Corrosividade: característica de corroer, de degradar naturalmente.

Reatividade: característica de reagir com outros materiais ou substâncias.

Toxicidade: característica de produzir efeitos nocivos.

Patogenicidade: característica que provoca ou pode provocar alguma doença.



Assimile

Os resíduos perigosos possuem características de periculosidade, que são: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade.

Ainda sobre a NBR 10004 (ABNT, 2004b), os resíduos de classe II A – não inertes – são aqueles que apresentam propriedade de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos de classe II B – inertes –, por sua vez, são resíduos que não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Já os anexos A, B, C, D, E, F, G e H da NBR 10004 (ABNT, 2004b) trazem os códigos de identificação de acordo com as características dos resíduos. Os resíduos perigosos de fontes não específicas (anexo A) possuem códigos de identificação iniciados pela letra F. Os resíduos perigosos de fontes específicas (anexo B) possuem códigos de identificação iniciados pela letra K. O anexo C traz uma lista de substâncias que conferem periculosidade aos resíduos e são identificadas por códigos com as iniciais P ou U. Resíduos que possuem substâncias agudamente tóxicas (anexo D) e substâncias tóxicas (anexo E) são identificados pelos códigos P e U, respectivamente. O anexo F traz os parâmetros com suas respectivas concentrações, considerando o limite máximo no extrato obtido no ensaio de lixiviação, sendo identificados por códigos com iniciais D. O anexo G refere-se aos parâmetros e seus limites máximos no extrato mg/L. Por fim, o anexo H traz a codificação de alguns resíduos classificados como não perigosos, sendo identificados pelo código A.



Exemplificando

No processo de fabricação de tintas, um dos resíduos é o proveniente da etapa de limpeza com solventes, e apresenta em sua constituição cromo, chumbo e solventes com características de periculosidade, inflamabilidade e toxicidade. De acordo com a NBR

10004 (ABNT, 2004b), esses constituintes correspondem a resíduos pertencentes à Classe I, ou seja, são considerados perigosos.

A PNRS (Lei nº 12.305/2010), além de classificar os resíduos quanto à periculosidade, também os classifica no artigo 13 quanto à origem (por exemplo, resíduos domiciliares, resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos de mineração, resíduos agrosilvopastoris, entre outros).

Como se pode observar, com base nas classificações descritas, os resíduos sólidos são gerados em todo o processo produtivo, desde a extração da matéria-prima até o consumo final do produto, sendo inúmeras as fontes geradoras. Diante disso, tornam-se imprescindíveis as adequadas disposição e destinação final dos resíduos, a fim de evitar degradação e poluição ambiental.



Faça você mesmo

Para você complementar seus estudos sobre a classificação dos resíduos sólidos, pesquise nos anexos da NBR 10004 (ABNT, 2004b) quais são os resíduos classificados como não perigosos, como eles estão descritos na norma e quais são seus códigos de identificação.

Sem medo de errar

Agora que conheceu os termos e as classificações dos resíduos sólidos, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos relembra-la?

Uma indústria têxtil de grande porte vai se instalar no interior do estado de São Paulo e você, como funcionário do Ibama, deverá fiscalizar a geração de resíduos sólidos. Você visitou a indústria, conheceu todo o processo produtivo e elaborou um relatório a ser encaminhado para o Ibama. Quais são os principais resíduos gerados nesse processo produtivo? Como eles são classificados? Você consegue identificar quais tipos de resíduos são gerados em todos os setores de uma indústria têxtil?

Para responder a esses questionamentos, é preciso que você tenha conhecimento das definições e da classificação de resíduos sólidos segundo a PNRS (Lei nº 12.305/2010) e a norma ABNT NBR 10004 (ABNT, 2004b), para fornecer subsídios de gerenciamento.



Lembre-se

Para a correta classificação dos resíduos sólidos é preciso conhecer a NBR 10004 (ABNT, 2004b) e a forma pela qual ela classifica os resíduos.

Uma vez que a indústria têxtil utiliza uma quantidade enorme de materiais, a geração de resíduos provenientes do processo produtivo, então, também é grande.

Ao percorrer a indústria e acompanhar o processo produtivo, você se deparou com diversos tipos de resíduos, tais como embalagens plásticas e de papelão, papéis, algodão, óleos, produtos químicos de limpeza e resina plástica. Como você pode notar, neste exemplo, a maioria dos resíduos pode ser classificada como Classe II B – inertes, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004b). No entanto, note que a resina plástica é um resíduo classificado como Classe I – perigosos.

A legislação básica a ser consultada, tanto para a classificação quanto para a elaboração do plano de gerenciamento, representa-se por: Política Nacional de Meio Ambiente (PNRS) e a NBR 10004 (ABNT, 2004b). Além delas, outras normas específicas, como a NBR 12235 (ABNT, 1992, Armazenamento de resíduos sólidos perigosos), podem auxiliar na gestão dos resíduos.

Para informações específicas com relação à atividade têxtil do estado de São Paulo e sobre seu guia para uma produção mais limpa, com informações dos resíduos sólidos provenientes de cada processo, acesse o Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil (2009). Com base nas informações apresentadas nos diagramas deste guia, identifique e classifique quais tipos de resíduos sólidos são gerados nos principais setores de uma indústria têxtil.



Atenção

Outras normas técnicas podem ser necessárias para a gestão adequada dos resíduos dentro de uma empresa ou indústria, como a NBR 12235 (ABNT, 1992), referente ao armazenamento de resíduos sólidos perigosos.

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Aplicar o conhecimento adquirido na gestão dos resíduos sólidos.
3. Conteúdos relacionados	Tipos de resíduos, definição, classificação.
4. Descrição da SP	Os produtos lácteos, principalmente o leite, são usados para o consumo humano há muitos anos, graças à grande disponibilidade de leite nos rebanhos que se deslocavam junto com as populações humanas. Hoje, as indústrias de laticínios possuem uma variedade de produtos, como manteigas, iogurtes, queijos, entre outros. Imagine que você tenha sido recentemente admitido para realizar o gerenciamento de resíduos de uma indústria de laticínios. Diante dessa situação, responda: quais seriam os principais tipos de resíduos sólidos gerados no processo produtivo dessa indústria?
5. Resolução da SP	No processo produtivo há resíduos sólidos como embalagens, plásticos, produtos devolvidos (com prazos vencidos), embalagens de óleos lubrificantes, resíduos da estação de tratamento de efluentes (sólidos grosseiros, areia, gordura, lodo biológico etc.) e cinzas de caldeiras (no caso de caldeiras a lenha).



Lembre-se

A identificação e a classificação dos resíduos sólidos são a peça-chave da gestão de resíduos. Para tanto, fique atento às normas.



Faça você mesmo

Quais seriam os códigos de identificação para os resíduos sólidos gerados na indústria de laticínios? Para codificá-los, é preciso ter em mãos a NBR 10004 (ABNT, 2004b) e pesquisar sobre as substâncias presentes nos resíduos gerados.

1. Os resíduos sólidos são definidos como material, substância, objeto ou bem, sem utilidade, resultante de atividades humanas em sociedade. Os resíduos sólidos são classificados pela NBR 10004 (ABNT, 2004b) em:

- a) Perigosos e não perigosos.
- b) Inertes e não inertes.
- c) Tóxicos e patogênicos.
- d) Perigosos e inertes.
- e) Reativos e não perigosos.

2. Os resíduos sólidos e os rejeitos possuem definições diferentes. Os resíduos sólidos referem-se a tudo o que não tem mais utilidade para o homem. Os rejeitos, por sua vez, segundo a PNRS (Lei nº 12.305/2010), são resíduos sólidos que:

- a) Não apresentam outra possibilidade que não a destinação final adequada.
- b) Apresentam propriedades de biodegradabilidade.
- c) Não apresentam outra possibilidade que não a disposição final adequada.
- d) Apresentam propriedades corrosivas e reativas.
- e) Apresentam possibilidade de compostagem e reciclagem.

3. A Agenda 21 é um conjunto de resoluções tomadas na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada na cidade do Rio de Janeiro, sendo um importante instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis. De acordo com a Agenda 21, fazem parte da gestão dos resíduos sólidos:

- a) Apenas resíduos domésticos e não perigosos.
- b) Apenas resíduos industriais e comerciais.
- c) Resíduos domésticos, não perigosos, perigosos e resíduos humanos.
- d) Resíduos perigosos, não perigosos e resíduos domésticos.
- e) Apenas resíduos não perigosos e perigosos.

Legislação sobre os resíduos sólidos

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Vamos continuar nossos estudos sobre os resíduos sólidos? Nesta seção abordaremos de forma sucinta os principais instrumentos e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Também vamos estudar as diretrizes fixadas nas normas NBR 10004 (ABNT, 2004b) e NBR 10007 (ABNT, 2004c), sobre classificação dos resíduos e amostragem, respectivamente.

O estudo da legislação e das normas citadas permitirá uma melhor compreensão da relação entre resíduos sólidos e conservação ambiental.

Vamos retomar a situação hipotética mencionada no item “Convite ao Estudo”, na qual você é um funcionário do Ibama e possui diversas atribuições voltadas à temática dos resíduos sólidos, entre as quais a de fiscalizar a implantação da PNRS. Suponha que você esteja participando de um programa de TV e um dos telespectadores lhe apresenta a seguinte situação: José e João, ambos lojistas no ramo dos agrotóxicos, comercializam agrotóxicos há cerca de 10 anos. José não disponibiliza pontos de coleta de embalagens pós-consumo. João, por sua vez, possui pontos de coleta de embalagens pós-consumo e orienta seus fregueses sobre o manejo correto das embalagens.

Após a apresentação do problema, o telespectador pergunta a você: qual dos lojistas está correto? Qual é a responsabilidade do fabricante e do lojista sobre as embalagens? E os consumidores? Eles possuem alguma responsabilidade? Qual seria a atitude correta a se tomar com as embalagens?

Para responder ao telespectador, você deve ter conhecimento sobre a PNRS, referente sobretudo à responsabilidade compartilhada e à logística reversa.

Não pode faltar

Na seção anterior você estudou as definições e classificações dos resíduos sólidos, de acordo com a legislação da PNRS e a norma da ABNT. Vamos continuar nossos estudos aprofundando a compreensão sobre a legislação e as normas referentes aos resíduos sólidos. Vamos discutir alguns pontos da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a PNRS, e da NBR

10007 (ABNT, 2004c), bem como lembrar o que já estudamos da NBR 10004 (ABNT, 2004b).



Lembre-se

Relembre alguns conceitos, definições e a classificação de resíduos relendo a Seção 3.1 do livro didático.

A PNRS foi instituída após 20 anos de discussão e constitui um marco na legislação brasileira, pois incorpora novas ferramentas e traz conceitos modernos, com vistas à proteção da saúde pública e da qualidade ambiental e à promoção do desenvolvimento sustentável. Além disso, a PNRS traz uma forte articulação institucional entre União, Estados, Municípios, setor produtivo e sociedade em geral, na busca de soluções para os problemas graves provenientes da geração, da destinação e da disposição de resíduos sólidos.

Segundo a Abrelpe (Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2014), o Brasil gerou em 2014 cerca de 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), o que configura um aumento de 2,9% se comparado aos dados de 2013. Esse aumento foi superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9%. Além disso, a quantidade de RSU coletada em 2014 foi de 90,6% do total produzido. Ou seja, pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país em 2014 e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio. Por isso, é importante conhecer alguns aspectos relevantes presentes na legislação que buscam a preservação e a conservação ambiental.



Refleta

Para você, que fatores estão relacionados com o aumento da geração de resíduos acima do crescimento populacional?

O acordo setorial é entendido, segundo art. 3º, inciso I, da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a PNRS, como um contrato entre poder público, fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, o qual estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. Ou seja, todos os envolvidos no ciclo de vida do produto são responsáveis por ele. Portanto, a responsabilidade compartilhada pode ser entendida, segundo o inciso XVII desse mesmo artigo, como um conjunto de atribuições dos envolvidos que visam minimizar a quantidade de resíduos e rejeitos gerados, reduzindo assim os impactos ao ambiente e à saúde humana.

Mas você deve estar se perguntando: o que é o ciclo de vida de um produto? De acordo com o art. 3º, inciso IV da PNRS, consideram-se ciclo de vida todas as fases ou série de etapas que envolvem extração e beneficiamento de matérias-primas, fabricação e desenvolvimento do produto, além do consumo e da disposição final. Ainda nesse contexto, há outra definição importante que você deve conhecer, que é a de logística reversa (art. 3º, inciso XII), entendida como um conjunto de procedimentos feitos para que os resíduos sólidos sejam restituídos ao setor empresarial, a fim de que possam ser reaproveitados no próprio processo produtivo ou a fim de que tenham outra destinação ambientalmente adequada.

Um exemplo importante sobre a logística reversa refere-se às embalagens de agrotóxicos. Os agrotóxicos são classificados como resíduos Classe I – perigosos, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004b). Esses resíduos possuem legislação e normas específicas que regem o seu correto gerenciamento. Além disso, vale lembrar que, nesse caso, todos são responsáveis pelo ciclo de vida do produto. Ou seja, o fabricante pelos resíduos gerados na indústria; a transportadora pelo correto transporte de substâncias perigosas; o lojista pelo correto armazenamento; e o produtor rural pelo correto descarte das embalagens. Essas embalagens, após o uso, devem ser lavadas e destinadas aos pontos de coleta, onde serão retiradas por empresas que farão a reciclagem, a reutilização ou a incineração. Portanto, como podemos observar, trata-se de uma responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida das embalagens, uma vez que, após a utilização, ela pode voltar à cadeia produtiva por meio da reciclagem ou da reutilização, o que caracteriza a logística reversa.

Mas nem só as empresas e indústrias devem fazer o correto gerenciamento dos resíduos sólidos. A PNRS também institui a coleta seletiva (art. 3º, inciso V), que se caracteriza pela segregação dos resíduos sólidos conforme sua constituição ou composição, viabilizando assim a destinação ambientalmente adequada. A segregação dos resíduos e a coleta seletiva viabilizam o trabalho dos catadores de materiais recicláveis, que têm seu trabalho fortalecido na PNRS em diversos artigos. A atuação de associações ou cooperativas tem papel muito importante na gestão de resíduos sólidos, já que, por meio da reciclagem, da reutilização e da compostagem, diminui a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários, contribuindo para a preservação do meio ambiente.



Vocabulário

Compostagem: decomposição da matéria orgânica de origem animal ou vegetal via processo natural mediado por microrganismos, podendo o

composto orgânico final ser aplicado no solo para melhorar suas características, sem riscos ao meio ambiente.

Figura 3.2 | Compostagem



Fonte: iStock.

Essas e outras ações descritas na PNRS fazem parte da gestão integrada de resíduos sólidos, descrita na Lei nº 12.305/2010, art.3º, inciso XI, que considera as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social em busca do desenvolvimento sustentável.

Na área de competências, a PNRS também é inovadora, pois traça diretrizes gerais a serem observadas pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, sem lhes retirar autonomia para suplementarem essas diretrizes. Dessa forma, observam-se diversidades regionais e interesses locais.

Embora esses sejam alguns dos aspectos importantes tratados na PNRS, não se pode deixar de abordar também as questões que nos trazem as NBRs, normas da ABNT, que complementam a legislação na busca da preservação ambiental. Conforme já estudamos na seção anterior, a NBR 10004 (ABNT, 2004b) traz a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a periculosidade, categorizando-os em resíduos Classe I – perigosos – e resíduos Classe II – não perigosos, sendo esta última dividida em Classe II A – não inertes – e Classe II B – inertes.



Lembre-se

Os resíduos perigosos apresentam características de periculosidade, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Para constatar uma ou mais dessas características é feita uma amostragem do resíduo, conforme a NBR 10007 (ABNT, 2004c). Segundo essa norma, a amostra pode ser composta, homogênea, representativa ou simples.

Na amostra composta são coletadas parcelas individuais dos resíduos em pontos (locais de coleta) diferentes, as quais depois devem ser misturadas para a obtenção de uma amostra homogênea, sendo esta última, portanto, a amostra obtida da melhor mistura das frações do resíduo. Amostra representativa é a amostra que possui as mesmas características e propriedades da massa total de resíduos. Por fim, a amostra simples é uma única amostra, coletada em um único ponto.



Vocabulário

Homogênea: mistura de substâncias ao final da qual estas já não podem ser identificadas como no início.

Cabe ressaltar que o tipo de amostra a ser realizada depende das características dos resíduos, da localização destes e de possíveis peculiaridades. A norma estabelece linhas básicas a serem seguidas no processo de amostragem, visando à quantidade representativa de resíduo, para determinar suas características quanto à classificação, aos métodos de tratamento, etc.

Primeiramente é necessário fazer uma pré-caracterização dos resíduos, considerando os processos que lhes tenham dado origem, para assim definir o melhor amostrador, os parâmetros que serão estudados, a melhor forma de coleta e o método de preservação. Lembre-se de que para essa pré-caracterização será necessário consultar a NBR 10004 (ABNT, 2004b).



Vocabulário

Amostrador: equipamento para coleta de amostra.

Em seguida, é traçado um plano de amostragem no qual serão definidos os pontos de amostragem, os tipos de amostradores, o número de amostras a serem coletadas, o número e o tipo dos frascos de coleta, assim como os tipos de equipamentos de proteção a serem utilizados durante a coleta. Ainda nessa etapa é necessário estabelecer a data e a hora de chegada das amostras ao laboratório.

A próxima etapa é a seleção do amostrador que será utilizado nas coletas. Deve-se escolher um amostrador que não reaja com o material a ser coletado. Além disso, caso o amostrador não seja reciclável, o material da confecção deve permitir a descontaminação total do equipamento para posterior utilização. As mesmas precauções devem ser tomadas com a seleção dos recipientes das amostras. O anexo B da norma descreve alguns tipos de amostradores que podem ser utilizados para a obtenção de amostras de resíduos.

O ponto de amostragem é determinado com base nos tipos e nas formas dos recipientes, que constam da Tabela A.4 da NBR 10007 (ABNT, 2004c). O número de amostras depende do tipo da amostra. Quando se deseja calcular a concentração média do resíduo, a norma prevê a coleta de uma ou mais amostras compostas. Por outro lado, para obtenção da faixa de variação da concentração do resíduo, devem ser coletadas no mínimo três amostras simples. Por sua vez, para resíduos heterogêneos de difícil amostragem, a escolha do método e do número de amostras caberá aos órgãos estaduais ou federais de controle da poluição e preservação ambiental.

Você deve estar se perguntando: “Que quantidade/volume deve conter essa amostra?”. De acordo com a NBR 10007 (ABNT, 2004c), o volume depende de quais parâmetros serão estudados e também da necessidade ou não de um volume suficiente para a contraprova. Feita a coleta, a norma orienta que todas as amostras sejam identificadas imediatamente com os seguintes dados: nome do técnico de amostragem; data e hora da coleta; identificação da origem do resíduo; identificação de quem receberá os resultados; número da amostra; descrição do local da coleta; determinações efetuadas em campo; determinações a serem efetuadas no laboratório; observações.

Além dessas determinações, a norma também traz requisitos de segurança, que são os procedimentos a serem adotados para a coleta de amostras representativas em função do tipo de acondicionamento do resíduo, além dos métodos de preservação e do tempo de armazenagem de amostras.



Exemplificando

Na coleta de amostra de resíduos de uma praia, por exemplo, define-se qual área da praia será estudada; pode-se fazer a amostragem antes e depois da ocupação dos usuários. As coletas podem ser feitas a cada 5 metros de comprimento em dias diferentes, porém no mesmo horário; as amostras podem ser separadas por tipo de material (plástico, ponta de cigarro, madeiras, etc.)

Além das normas estudadas nesta seção, outras regem a gestão dos resíduos sólidos, a saber:

- ABNT/NBR 10005/2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.
- ABNT/NBR 10006/2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.
- ABNT/NBR 12808/1993 – Resíduos de serviços de saúde – Classificação.

A compreensão da legislação e das normas vigentes sobre resíduos sólidos é de suma importância para o correto gerenciamento destes de acordo com os requisitos legais, com vistas à proteção da saúde pública, à preservação e à conservação ambiental. Em razão disso, aprofunde seus conhecimentos sobre elas, acessando os links citados na seção.



Faça você mesmo

A PNRS, como nós estudamos, traz as competências federais, estaduais e municipais para a gestão dos resíduos sólidos. No entanto, todos os municípios têm autonomia para legislar sobre aspectos locais, desde que estejam em conformidade com as legislações federais. Sendo assim, busque no município onde você reside quais são as diretrizes locais para a gestão de resíduos sólidos. Elas atendem às peculiaridades do município?

Sem medo de errar

Agora que aprofundou seus estudos sobre a legislação e as normas vigentes sobre resíduos sólidos, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos relembra-la?

Você deve responder a um telespectador sobre as responsabilidades compartilhadas e a logística reversa de embalagens de agrotóxicos, com base

na situação de dois lojistas, José e João.

Diante da situação descrita e com base na legislação vigente, qual dos lojistas está correto? Qual é a responsabilidade do fabricante e do lojista sobre as embalagens? E os consumidores? Eles possuem alguma responsabilidade? Qual seria a atitude correta a se tomar com as embalagens?

Segundo a PNRS, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é um conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Logo, todos são responsáveis pelas embalagens de agrotóxicos: o fabricante, o distribuidor, o lojista e até mesmo os consumidores finais. No entanto, a atitude do Sr. José está incorreta, uma vez que ele deve fornecer pontos de coleta de embalagens pós-consumo, que devem ser devolvidas pelos consumidores em até um ano, após realizarem a tríplice lavagem. Quanto à destinação correta das embalagens de agrotóxicos, classificadas como Classe I – perigosos, em razão da presença de substâncias perigosas, a tríplice lavagem pelo consumidor e a posterior destinação nos pontos de coleta fazem parte dos instrumentos da PNRS sobre logística reversa e responsabilidade compartilhada.



Lembre-se

Para que o gerenciamento dos resíduos sólidos garanta a conservação ambiental e a proteção da saúde pública, é preciso um amplo conhecimento das normas e leis vigentes.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
Conceituando e classificando os resíduos sólidos	
1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Aplicar o conhecimento adquirido na gestão dos resíduos sólidos.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos	
3. Conteúdos relacionados	Legislação ambiental, amostragem de resíduos, norma de coleta.
4. Descrição da SP	A gestão de resíduos de óleos lubrificantes usados é de grande relevância em muitos países graças ao elevado potencial de degradação ambiental quando tais óleos são descartados indevidamente. Como funcionário do Ibama, você deve tomar alguma decisão sobre esse assunto, com base nos instrumentos da PNRS. Qual seria a melhor decisão? Explique.
5. Resolução da SP	Neste caso, o ideal seria a proposta de um Acordo Setorial (previsto no art. 8º da Lei nº 12.305/2010, inciso XVI) com as empresas que se responsabilizarem pela reciclagem das embalagens plásticas de óleos lubrificantes. As empresas seriam monitoradas pelo Ministério do Meio Ambiente ou pelo Ibama por meio de um sistema online, no qual o varejista teria o registro do que ele recebeu para vender e do que ele entregou para a reciclagem. Além disso, os pontos de venda seriam responsáveis por armazenar as embalagens, que seriam coletadas por caminhões de empresas contratadas. Estes pesariam os sacos com os recipientes e dariam para o dono do posto um recibo de que ele entregou um volume determinado. Dessa forma, todas essas informações seriam colocadas no sistema e as embalagens seriam encaixilhadas para empresas de reciclagem.



Lembre-se

A Política Nacional de Resíduos Sólidos constitui um marco importante na legislação ambiental.



Faça você mesmo

A logística reversa e o acordo setorial são dois importantes instrumentos da PNRS. Pesquise sobre logística reversa de resíduos eletrônicos, como computadores, celulares, entre outros. Como é feito esse processo?

Qual é a responsabilidade do consumidor final em relação a esse tipo de resíduo? Há reciclagem para esses resíduos? De que forma eles retornam ao processo produtivo?

1. A PNRS (Lei nº 12.305/2010) é considerada um marco legal na legislação ambiental brasileira, pois traz atribuições para todos os entes federativos, além de instrumentos inovadores na gestão dos resíduos sólidos, tais como:

- a) A responsabilidade compartilhada.
- b) Os planos de resíduos sólidos.
- c) A coleta seletiva.
- d) O acordo setorial.
- e) A educação ambiental.

2. O conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume gerado de resíduos sólidos e rejeitos, bem como para reduzir os impactos causados à qualidade ambiental e à saúde humana resultantes do ciclo de vida dos produtos, é entendido como:

- a) Acordo setorial.
- b) Logística reversa.
- c) Princípio do poluidor-pagador.
- d) Desenvolvimento sustentável.
- e) Responsabilidade compartilhada.

3. Além da norma técnica NBR 10004 (ABNT, 2004b), a Política Nacional de Resíduos Sólidos também traz uma classificação para os resíduos sólidos, visando promover o correto gerenciamento dos resíduos. Segundo a PNRS, os resíduos são classificados:

- a) Em Classe I e Classe II.
- b) Quanto à origem e à periculosidade.
- c) Em inertes e não inertes.
- d) Quanto à origem e à destinação.
- e) Em perigosos e inertes.

Gestão de resíduos

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Vamos continuar nossos estudos sobre os resíduos sólidos? Nesta seção abordaremos os resíduos sólidos urbanos (RSU), os resíduos sólidos de serviços de saúde (RSS), os resíduos sólidos da construção civil (RCC) e os resíduos sólidos industriais (RSI). Vamos também estudar as resoluções e normas que regem cada um desses resíduos para um correto gerenciamento. Além disso, vamos analisar a importância da coleta seletiva como instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na busca da diminuição de resíduos dispostos em aterros sanitários.

Vamos mais uma vez retomar a situação hipotética mencionada anteriormente no item “Convite ao Estudo”, na qual você é um funcionário do Ibama e possui diversas atribuições no que se refere aos resíduos sólidos.

Podemos complementar a situação focalizando a gestão dos RCC. A construção civil é uma das principais atividades de desenvolvimento econômico (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2012). No entanto, os impactos ambientais causados pelos RCC são de grande magnitude. Desde 2002, a gestão e o manejo de RCC e demolição seguem as diretrizes, os critérios e os procedimentos da Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002a).

Suponha que você, como funcionário do Ibama, tenha participado como palestrante de uma Conferência Nacional sobre Resíduos da Construção Civil. Os principais tópicos abordados foram referentes à classificação dos resíduos, às possíveis destinações desses resíduos e às responsabilidades legais.

Diante da situação descrita anteriormente, qual seria a classificação dos RCC? Qual é a disposição ambientalmente adequada e quais são as possíveis alternativas para a destinação desses resíduos? Após a reciclagem, quais são as possíveis utilidades para os RCC? Quais são as responsabilidades dos geradores de RCC?

Para montar a palestra, você deve ter conhecimento sobre a PNRS e sobre diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC (Resolução 307 – CONAMA, 2002a), que serão abordados nesta seção.

O alerta sobre a exploração descontrolada dos recursos e a degradação do ambiente natural se faz presente no mundo todo, em todos os canais de comunicação. Nesse contexto, a PNRS, já abordada nas seções anteriores, exerce um papel fundamental no atendimento das soluções com vistas à preservação ambiental.

Conforme estudamos na Seção 3.1, a geração de resíduos é intrínseca ao ser humano e data de povos antigos. Silva Filho (2012) relata que os primeiros indícios de uma preocupação com a limpeza das cidades surgiram na Idade Média, mas sem sucesso. Uma abordagem mais próxima à gestão integrada de RSU surgiu no início dos anos 1990, com a classificação dos serviços relacionados com a gestão de resíduos públicos, chamados de serviços de limpeza urbana.

No entanto, os serviços de limpeza urbana são apenas os resultantes de varrição? Não. Segundo a Lei Federal nº 11.445/2007, fazem parte dos serviços de limpeza urbana as atividades de infraestrutura e as instalações para coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final.



Vocabulário

Transbordo: baldeação. Os caminhões de coleta transportam os resíduos sólidos urbanos (RSU) até uma estação, onde os resíduos são pesados e transferidos para carretas que seguem para o aterro sanitário.

Você consegue identificar quais são os dois grandes benefícios que essas atividades trazem para a sociedade? O primeiro é a própria coleta dos resíduos das residências, e o segundo é o tratamento e a destinação final ambientalmente adequada. Porém, grande parte da população desconsidera o segundo benefício, pois ainda não é consciente dos impactos causados por uma destinação inadequada, não é mesmo?

Podemos perceber essa realidade nos índices publicados pela Abrelpe (2014) e pelo IBGE. Conforme dados do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2014, entre 2013 e 2014 houve um aumento de 3,20% no total de RSU coletado. Sobre a destinação final, os 58,4% de destinação adequada em 2013 foram mantidos em 2014. Isso significa que 41,6% dos resíduos gerados em 2014 tiveram destinação final inadequada. São dados preocupantes, não é mesmo?

Mas de quem é a responsabilidade pelos RSU? De acordo com o que estudamos acerca da PNRS, na Seção 3.2, sobre as competências das esferas

federal, estadual e municipal, compete aos municípios fazer a gestão dos RSU. Cada município é responsável pelo planejamento, pela execução e pela fiscalização dos serviços de limpeza urbana, considerando o tamanho e o grau de desenvolvimento da população. Contudo, muitos municípios, como justificativa, associam a falta de investimentos e a ausência de progresso nos serviços de limpeza urbana à carência de recursos disponíveis.

Silva Filho (2012) defende a cobrança como a melhor maneira de viabilizar avanços nos serviços, como os de coleta seletiva integral, sistemas de triagem e de recuperação dos resíduos.



Refleta

E para você, qual seria a melhor maneira de viabilizar os avanços nos serviços de limpeza urbana? Quais outros serviços você propõe para assegurar a sustentabilidade?

Conforme já citado, os principais desafios referentes aos serviços de limpeza urbana são a implantação e o aprimoramento da coleta seletiva nos municípios. A PNRS define coleta seletiva como a coleta de resíduos previamente segregados conforme sua constituição ou composição, conforme Figura 3.3. Porém, o que mais observamos é a coleta seletiva de materiais recicláveis de forma discreta. Cabe ressaltar que a coleta seletiva permite a inclusão social de catadores e fornece apoio a associações e cooperativas. Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil - 2014, cerca de 65% dos municípios registraram alguma iniciativa de coleta seletiva.

Figura 3.3 | Código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na coleta seletiva

A Resolução CONAMA 275/01 (estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos):

	AZUL	Papel/papelão
	VERMELHO	Plástico
	VERDE	Vidro
	AMARELO	Metal
	LARANJA	Resíduos perigosos
	BRANCO	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
	ROXO	Resíduos radiativos
	MARROM	Resíduos orgânicos
	PRETO	Madeira
	CINZA	Resíduo geral não reciclável ou misturado ou contaminado não passível de separação.

Fonte: http://www.solimp.com.br/index.php?route=information/information&information_id=18. Acesso em: 16 fev. 2016.



Exemplificando

O código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na coleta seletiva, fixado no art. 1º da Resolução Conama 275 (CONAMA, 2001), estabelece a cor azul para papel/papelão, vermelho para plásticos, verde para vidros, amarelo para metais, entre outros, como é possível visualizar na Figura 3.3. Tais códigos permitem a correta segregação para posterior reciclagem.



Assimile

Apesar de ser um dado expressivo, vale salientar que em muitos municípios as atividades de coleta seletiva resumem-se à disponibilização de pontos de entrega voluntária ou a convênios com cooperativas de catadores, logo não abrangem a totalidade do território ou da população do município.

Os RSI, por sua vez, são classificados como Classe I – Perigosos, segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004b), estudada nas seções anteriores. Além disso, a Resolução Conama 313 (CONAMA, 2002b) dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Segundo essa resolução, as indústrias brasileiras devem apresentar informações sobre geração, características, armazenamento, transporte e destinação de seus resíduos sólidos, de acordo com os anexos I, II e III. O anexo I refere-se ao formulário para coleta de informações gerais da indústria, bem como informações sobre os processos e as etapas dos processos de produção. Por sua vez, informações sobre a descrição dos resíduos sólidos gerados são encontradas no anexo II. O anexo III traz informações sobre os códigos para armazenamento, tratamento, reutilização, reciclagem e disposição final desses resíduos, que podem ser consultadas acessando-se a resolução. Tais informações são fundamentais para o conhecimento do Estado da real situação em que os resíduos se encontram e para que sejam elaboradas diretrizes para o controle e o gerenciamento correto dos RSI gerados pelas indústrias no país.

Ainda sobre os resíduos sólidos industriais, segundo o art. 20 da PNRS, os geradores de resíduos sólidos perigosos, como as indústrias, estão sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, que deve conter, de acordo com o art. 21 da PNRS, entre outras informações, a descrição do empreendimento ou atividade, o diagnóstico dos resíduos gerados ou administrados, a definição dos procedimentos operacionais, as soluções consorciadas ou compartilhadas, as ações preventivas e/ou corretivas, as metas e os procedimentos relacionados à minimização da geração dos resíduos sólidos.

É importante notar que os RCC são provenientes de uma das principais atividades de desenvolvimento econômico e social e, também, das que mais impactam o meio ambiente. Em um curto passeio cotidiano pela cidade, não será muito difícil notar esses impactos, oriundos principalmente de perdas e desperdícios. Porém, os RCC podem ser absorvidos pelos setores industriais por meio da reciclagem. O grande desafio é, portanto, conciliar a produção com o desenvolvimento sustentável.

As diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC estão estabelecidos na Resolução Conama 307 (CONAMA, 2002a). Segundo o art. 3º dessa resolução, os RCC são classificados em quatro classes, sendo elas: Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B – resíduos recicláveis para outros fins; Classe C – resíduos que não possuem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação; e Classe D – resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Vale ressaltar que os RCC não podem ser dispostos em aterros sanitários de RSU. Conforme art. 10 da Resolução Conama 307 (CONAMA, 2002a), a destinação e a disposição desses resíduos são feitas de acordo com a sua classificação e obedecem a normas técnicas específicas. Os resíduos Classe A e B devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados para aterros específicos, onde serão armazenados para usos futuros. Por sua vez, os resíduos classe C e D devem seguir normas técnicas específicas de armazenamento, transporte e destinação.

Além dos RSU, dos RSI e dos RCC, não podemos deixar de abordar os resíduos dos serviços de saúde (RSS). Estes representam cerca de 1% a 3% do total de resíduos gerados, ou seja, são importantes não do ponto de vista da quantidade, mas sim em razão do potencial de risco que apresentam à saúde humana e ao meio ambiente (AGAPITO, 2007).

Os RSS são definidos, classificados e gerenciados de acordo com a RDC Anvisa nº 306 (BRASIL, 2004) e com a Resolução Conama nº 358 (CONAMA, 2005). Enquadram-se nos RSS os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal; laboratórios analíticos de produtos para a saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde são realizados embalsamento; serviços de medicina legal; drogarias e farmácias, inclusive as de manipulação; centros de pesquisa e ensino na área de saúde; centro de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de tatuagem, dentre outros.

Segundo a RDC Anvisa nº 306 (BRASIL, 2004) e a Resolução Conama nº 358 (CONAMA, 2005), os RSS são classificados em cinco grupos: A, B, C, D e E. O Grupo A engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos; o Grupo B contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente; o Grupo C refere-se a quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos; o Grupo D são os resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente; e o Grupo E são materiais perfurocortantes ou escarificantes.



Vocabulário

Radionuclídeos: substâncias radioativas utilizadas no diagnóstico e tratamento de problemas de saúde.

Além da classificação, a RDC Anvisa nº 306 (BRASIL, 2004) traz aspectos importantes sobre o gerenciamento de RSS, como manejo, armazenamento, identificação, transporte, entre outros. A identificação é de grande importância para o correto gerenciamento, pois permite o reconhecimento dos resíduos contidos nos sacos e recipientes. A norma NBR 7500 (ABNT, 2004a) traz a identificação para o transporte terrestre, o manuseio, a movimentação e o armazenamento de produtos. Por exemplo, o Grupo A deve ser identificado pelo símbolo de substância infectante com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos como constante na NBR 7500 da ABNT (2004a); de acordo com essa mesma norma, o Grupo B deve ser identificado pelo símbolo de risco associado, com discriminação de substância química e frases de risco; o Grupo C é representado pelo símbolo internacional de presença de radiação ionizante (trifólio de cor magenta) em rótulos de fundo amarelo e contornos pretos, acrescido da expressão Rejeito Radioativo; o grupo E deve ser identificado pelo símbolo de substância infectante (NBR 7500 – ABNT, 2004a), com rótulos de fundo branco, desenho e contornos pretos, acrescido da inscrição de Resíduo Perfurocortante, indicando o risco que apresenta o resíduo.

Para gerenciar corretamente tais resíduos, a Resolução Conama 358 (CONAMA, 2005) dispõe sobre o tratamento e a disposição final. Os tratamentos dependem da Classe dos resíduos e visam diminuir ou eliminar os riscos potenciais antes da disposição final. Segundo essa resolução, os geradores de RSS são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos desde a geração até a disposição final, e os sistemas de tratamento são passíveis de fiscalização e controle pelos órgãos de meio ambiente e de vigilância sanitária. Além disso, os geradores devem elaborar o Plano de Gerenciamento dos

Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), e a cada ano um relatório deve ser apresentado ao órgão ambiental, relatando o cumprimento das exigências da resolução.



Faça você mesmo

De posse do Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) (BRASIL, 2006), da Resolução Conama 358 (CONAMA, 2005) e da RDC Anvisa nº 306 (BRASIL, 2004), elabore um Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) para uma Unidade de Pronto Atendimento (UPA).

Como podemos perceber ao longo desta seção, os grandes desafios na gestão dos resíduos sólidos são a diminuição dos resíduos gerados, a implantação da coleta seletiva, a conscientização da população e a implantação de sistemas eficazes de reutilização e reciclagem, independentemente do tipo de resíduo gerado. Na próxima seção estudaremos os principais impactos causados pela geração de resíduos. Bons estudos!

Sem medo de errar

Agora que aprofundou seus estudos sobre a legislação, as normas vigentes e a gestão de resíduos sólidos, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema, reproduzida novamente a seguir:

Você é um funcionário do Ibama e palestrou sobre os RCC em uma conferência nacional, na qual os principais tópicos abordados foram referentes à classificação dos resíduos, às possíveis destinações desses resíduos e às responsabilidades legais.

Diante da situação descrita anteriormente, qual seria a classificação dos RCC? Qual é a disposição ambientalmente adequada e quais são as possíveis alternativas para a destinação desses resíduos? Após a reciclagem, quais são as possíveis utilidades para os RCC? Quais são as responsabilidades dos geradores de RCC?

Os tópicos abordados na palestra foram:

Os RCC, segundo a Resolução Conama 307 (CONAMA, 2002a), são classificados em Classe A, que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B, que são os resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C, que são os resíduos em contextos em que não foram desenvolvidas tecnologias de reciclagem economicamente viáveis que permitam

reciclagem ou recuperação; e Classe D, que são os resíduos perigosos provenientes da construção. Cabe ressaltar que esses resíduos não podem ser dispostos em aterros de RSU, em áreas de “bota-fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, e a destinação deve ser feita de acordo com a classificação do resíduo. Portanto, a destinação e a disposição ambientalmente adequadas para esses resíduos são: os de Classe A e B devem ser encaminhados a aterro específico, onde poderão ser utilizados novamente; e os de Classe C e D seguem as normas técnicas específicas. Uma importante e interessante alternativa para as empresas é a destinação dos RCC para as recicladoras, uma vez que os resíduos, após reciclagem, podem ser utilizados na pavimentação de estradas, contenção de encostas e canalização de córregos, fabricação de artefatos e matérias-primas para reutilização na própria construção civil, entre outros. Portanto, a reciclagem é uma alternativa para minimizar os impactos sobre o meio ambiente.

Salienta-se ainda que as empresas geradoras de RCC têm a responsabilidade de gerenciar e segregar todos os resíduos de acordo com as classes estabelecidas pela resolução e encaminhar os resíduos para reciclagem ou disposição final adequada.



Lembre-se

Para que o gerenciamento dos resíduos sólidos garanta a conservação ambiental, é preciso um amplo conhecimento das normas e leis vigentes.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Aplicar o conhecimento adquirido na gestão dos resíduos sólidos.
3. Conteúdos relacionados	Classificação dos resíduos de serviços de saúde (RSS), dos resíduos da construção civil (RCC) e dos resíduos industriais (RSI).

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

4. Descrição da SP	Sabe-se que o aumento na geração de resíduos sólidos compromete a qualidade ambiental, além de trazer riscos à saúde humana. Nesse contexto, o correto gerenciamento dos serviços de saúde é imprescindível para a biossegurança e para a prevenção de acidentes. Suponha que você tenha sido recentemente admitido por uma rede de farmácias (também de manipulação) para gerenciar os resíduos sólidos. Diante disso, os resíduos provenientes das drogarias e farmácias de manipulação são considerados RSS? Como são classificados? Qual é o tipo de tratamento e disposição adequado para esses resíduos?
5. Resolução da SP	Segundo a Resolução Conama 358 (CONAMA, 2005), os resíduos provenientes de drogarias e farmácias de manipulação são RSS e são classificados no Grupo B, que são resíduos que contêm substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de periculosidade. Os resíduos pertencentes ao Grupo B que não apresentam características de periculosidade não necessitam de tratamento prévio. Por sua vez, os resíduos que apresentam periculosidade devem seguir as normas de tratamento da FISPQ e devem ser dispostos em aterros de resíduos perigosos Classe I (ABNT, 2004b – NBR 10004).



Faça você mesmo

Os resíduos dos serviços de saúde (RSS) seguem resolução e normas específicas, considerando o potencial contaminante e o risco à saúde humana. Faça uma pesquisa na internet sobre possíveis acidentes ocorridos em razão da falta de manuseio e gerenciamento corretos desses resíduos, considerando as resoluções e normas específicas vigentes.

Faça valer a pena

1. Dentre as atividades de saneamento básico está o manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU), desde a coleta até a disposição em aterros sanitários. Sobre esse assunto, assinale a alternativa correta.

- a) A implantação da coleta seletiva é um grande desafio dos municípios em razão da falta de recursos.
- b) A coleta seletiva é importante apenas do ponto de vista ambiental, pois segrega os resíduos na fonte geradora.
- c) A limpeza urbana é de competência do Estado, visto que os municípios não possuem recursos para tal atividade.

- d) A limpeza urbana refere-se apenas aos serviços de varrição, capina e poda de árvores.
- e) A coleta seletiva não contribui com os serviços de limpeza urbana, pois apresenta um custo elevado, o que a torna inviável.

2. A Resolução Conama 275 (CONAMA, 2001) estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na coleta seletiva. Assinale a alternativa correta sobre a cor e seu respectivo resíduo.

- a) Azul: plástico.
- b) Amarelo: resíduos perigosos.
- c) Vermelho: papel.
- d) Marrom: madeira.
- e) Roxo: resíduos radioativos.

3. Segundo a RDC 306 (BRASIL, 2004), todo gerador deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) baseado nas características e na classificação dos resíduos gerados. Deve constar no PGRSS informações sobre:

- a) Manejo, segregação, identificação, transporte, armazenamento, tratamento, coleta e disposição final.
- b) Manejo, segregação, acondicionamento, transporte, armazenamento, coleta e disposição final.
- c) Manejo, segregação, acondicionamento, identificação, transporte, armazenamento, tratamento, coleta e disposição final.
- d) Manejo, segregação, acondicionamento, identificação, coleta e disposição final.
- e) Manejo, segregação, acondicionamento e transporte externos e disposição final.

Impactos socioambientais relacionados aos resíduos sólidos

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Ao longo desta unidade você estudou os conceitos, as definições e as classificações dos resíduos sólidos, analisou os mais importantes princípios e instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/2010 – e explorou individualmente as normas e legislações vigentes para os diferentes tipos de resíduos. Nesta última seção vamos abordar os principais impactos socioambientais provenientes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Todos esses pontos são importantes para o desenvolvimento da competência técnica de conhecer a legislação pertinente aos resíduos sólidos como ferramenta de gestão e, sobretudo, para desenvolver um parecer mediante a legislação vigente, classificando o aterro de uma cidade.

Diante disso, são estes os nossos objetivos:

- Discutir a exclusão/inclusão social dos grupos profissionais relacionados aos resíduos sólidos.
- Compreender a importância da coleta seletiva para a minimização dos impactos ambientais.
- Relacionar os impactos ambientais com os riscos à saúde humana.
- Debater medidas para reduzir a geração de resíduos sólidos e para impulsionar a coleta seletiva.

Para isso, vamos retomar a situação hipotética mencionada anteriormente no item “Convite ao Estudo”.

Você é um funcionário do Ibama que atua no setor de resíduos sólidos, e entre suas atribuições está a de fiscalizar a disposição final dos resíduos. Você, então, visitou o local de disposição de resíduos sólidos da sua cidade. Após feita a fiscalização, você deverá emitir um parecer mediante a legislação vigente classificando o aterro de sua cidade. Quais aspectos devem ser considerados nessa fiscalização? Esse local é classificado como lixão, aterro controlado ou aterro sanitário? Que possíveis irregularidades poderão ser encontradas? Quais são os impactos socioambientais dessas irregularidades? Qual seria a melhor opção para minimizar os impactos ambientais

provenientes desses resíduos?

Para a elaboração desse parecer é preciso considerar a classificação dos resíduos sólidos enviados para o local de armazenamento e a estrutura de operação e monitoramento do local. Além disso, são necessários conhecimentos sobre os instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e sobre a imprescindibilidade destes na minimização dos impactos socioambientais.

Não pode faltar

Ao longo desta unidade (nas Seções 3.1, 3.2 e 3.3) você estudou de forma geral as diferenças entre resíduos sólidos e lixo, bem como as definições, a legislação, as resoluções e as normas vigentes relacionadas aos resíduos sólidos. Viu também que são inúmeras as fontes geradoras desses resíduos.

Relembrando um dado importante publicado no Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2014), a geração total de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% de um ano para outro. Mas quais são os impactos socioambientais dessa geração crescente de resíduos? Quem é o responsável pela coleta dos resíduos e como é ele visto pela sociedade? Quais são os impactos no meio ambiente e na saúde?

Você sabia que, no século passado, na cidade de São Paulo, a atividade de coleta de resíduos sólidos era uma tarefa atribuída aos segregados do convívio da sociedade, como os presos, os loucos, os velhos, os doentes e os camponeses? Ainda hoje, para boa parte da sociedade, os catadores de resíduos – uma das peças principais da cadeia produtiva da reciclagem (SOUTO; DE MELO; TAVARES, 2009) – estão sob a marca da invisibilidade e são pertencentes a uma população marginalizada (SUMAN, 2007), que se interessa por aquilo que não tem mais utilidade.

Como podemos observar, aos resíduos e aos catadores são atribuídos valores pejorativos. Nesse prisma, catadores, saqueiros, lixeiros, sucateiros e demais grupos vinculados ao “lixo” não seriam apenas pobres. Waldman e colaboradores (2015) relatam que os catadores constituem uma comunidade de risco, não apenas em razão de sua própria integridade física e de saúde, como também em virtude das consequências de uma condição de marginalidade cultural, social e econômica.

Cabe ressaltar que, além desses estereótipos, há ainda um personagem com larga presença na mitologia urbana brasileira, instrumentalizado para infundir o terror, do qual, com certeza, você já deve ter ouvido falar: o

Homem do Saco. O Homem do Saco é retratado como um velho maltrapilho, pobre, sem teto e de baixa escolaridade, cuja rotina se resume a pedir sucata de porta em porta. Porém, isso seria um disfarce para as suas malignas intenções.

Mesmo diante desses estereótipos, devemos considerar o importante valor social atribuído aos catadores de resíduos reutilizáveis e recicláveis. Concorda?



Refleta

O que seria da sua rua, do seu bairro e da sua cidade se não houvesse os catadores de resíduos?

Os catadores, informais ou não, realizam um trabalho de grande importância ambiental, mesmo antes da definição de políticas públicas sobre a gestão de resíduos, como a PNRS, abordada nas seções anteriores. O trabalho dos catadores permite o retorno de diferentes materiais para o ciclo produtivo com um novo valor agregado, ou seja, ele viabiliza a logística reversa. Isso gera economia de energia e de matéria-prima, evitando que diversos materiais sejam destinados a aterros. Com a diminuição de resíduos destinados a aterros, há uma menor pressão sobre os recursos hídricos, sobre o solo e sobre a qualidade do ar. Não é mesmo?

Vale refletir que grande parte da sociedade que exclui os catadores de resíduos do convívio social é aquela que gera os resíduos. Ou seja, todos deveriam ser gratos, afinal, o que seria do nosso “lixo” se não existissem catadores? O que seria das 71.260.045 toneladas de resíduos sólidos coletados em 2014 (ABRELPE, 2014) se não fossem os catadores?

Mas você deve estar se perguntando: se em 2014 a quantidade de resíduos gerada foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2014), e a quantidade de resíduos coletada foi de aproximadamente 71,3 milhões de toneladas no mesmo ano, de acordo com a Abrelpe (2014), isso significa que pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas? A resposta é sim! E toda essa quantidade de resíduos teve destinação imprópria, sem controle sanitário, oferecendo riscos à saúde humana e poluindo o meio ambiente.

A destinação ambientalmente adequada, conforme o que é descrito na PNRS (art. 3º), é o aterro sanitário. De acordo com a PNRS, os municípios tinham até 2014 para encerrar os lixões e construir aterros sanitários, como o ilustrado na Figura 3.4. Porém, de acordo com a MP nº 685/2015, o prazo

foi prorrogado, considerando-se para isso o número de habitantes, ou seja: capitais e regiões metropolitanas terão até julho de 2018 para acabar com os lixões; municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes (base Censo de 2010) terão até 2019; cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão prazo até 2020; e municípios com menos de 50 mil habitantes terão prazo até 2021.

Você sabe a diferença entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário? Os lixões, ou vazadouros, são a pior forma de dispor os resíduos, pois se estabelecem a céu aberto, sem nenhuma separação dos resíduos com o solo. Além disso, não há tratamento de efluentes líquidos (chorume). Portanto, o solo e a água são facilmente contaminados. Em pouco tempo, locais como esses atraem insetos e ratos, aumentando o risco de contaminação. Nos aterros controlados (NBR 8849 – ABNT, 1985) ainda não há separação dos RSU com o solo. Porém, na conclusão de cada jornada de trabalho, os resíduos são cobertos com uma camada de material inerte. Essas medidas são insuficientes para evitar a contaminação do solo e da água, mas diminuem o mau cheiro, o impacto visual e também a proliferação de pragas urbanas. Já no aterro sanitário (NBR 8419 – ABNT, 1992) tudo é pensado, desde a escolha da área de armazenamento até a preparação do terreno, a operação, a determinação de vida útil e a recuperação da área após o seu encerramento. Ou seja, é uma obra de engenharia. O terreno, antes de receber os RSU, é impermeabilizado; há sistema de captação dos efluentes líquidos e posterior tratamento destes; há sistema de captação e armazenamento ou queima dos gases; e há também cobertura diária dos resíduos, evitando assim a proliferação de vetores e mau cheiro. O aterro sanitário, portanto, desde que bem operado e monitorado, é a melhor forma de minimizar os impactos ambientais. De acordo com a NBR 13896 (ABNT, 1997), é recomendada a construção de aterros com um tempo de vida útil mínimo de 10 anos.

Dando continuidade ao que falávamos sobre a obrigatoriedade de encerrar os lixões e construir os aterros sanitários, vale ressaltar que os governos municipais devem elaborar também os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, remediar o passivo ambiental, implantar a coleta seletiva, fazer compostagem e reciclagem e destinar para os aterros sanitários apenas os rejeitos. Todas essas ações visam minimizar os impactos ambientais da geração e disposição final dos resíduos.

Figura 3.4 | Aterro sanitário: disposição dos resíduos



Fonte: iStock.



Vocabulário

Passivo ambiental: investimento em curto e longo prazos que as empresas devem fazer para corrigir os impactos ambientais adversos gerados em razão de suas atividades.

Você consegue enumerar os impactos ao meio ambiente e à saúde humana provenientes do manejo e da disposição inadequada dos resíduos? Vejamos alguns. Uma vez dispostos no meio ambiente a céu aberto ou em aterros de forma inadequada, os resíduos, por possuírem compostos orgânicos voláteis (COV), metais pesados, solventes, entre outros, podem contaminar o solo, a água e o ar. Além disso, a decomposição dessa matéria orgânica tem como produto um líquido, chamado chorume, que pode lixiviar e percolar, contaminando o solo e as águas superficiais e subterrâneas, mesmo após a desativação do aterro, uma vez que os produtos orgânicos continuam a degradar. E não para por aí. A decomposição também promove a formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos que são lançados na atmosfera, intensificando o efeito estufa e, assim, contribuindo com as mudanças climáticas. Além disso, os locais de armazenamento e de disposição final são ambientes propícios para a proliferação de vetores e de outros agentes transmissores de doenças.



Exemplificando

Os animais atraídos pelo lixo podem transmitir muitas doenças, como cólera, febre tifoide, tétano, verminoses, hepatite A, entre outras.



Vocabulário

Lixiviar: processo de extração de substâncias contidas nos RSU por meio da dissolução com um líquido.

Percolar: passagem do líquido através de um meio filtrante.

Podemos observar, portanto, que os impactos ambientais não se restringem apenas às áreas de destinação, estendendo-se também a toda a população. Salienta-se que, para os profissionais diretamente ligados aos resíduos, como os que trabalham na incineração (pouco praticada no Brasil) e nos lixões, os catadores de recicláveis, entre outros, a situação é ainda mais crítica, pois eles realizam trabalhos, muitas vezes, em condições muito insalubres, geralmente sem equipamentos de proteção, resultando em alta probabilidade de adquirir doenças.

Nesse cenário, a coleta seletiva com adequada separação dos diversos materiais, tanto no momento da geração do resíduo quanto nas centrais de triagem, é de grande relevância para minimizar os impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável.



Assimile

Ressalta-se novamente aqui o papel que os catadores de resíduos têm na cadeia produtiva de reciclagem, uma vez que a reutilização de resíduos sólidos na cadeia produtiva reduz a poluição ambiental e contribui para a saúde coletiva.

Retornando à PNRS, apesar de ser um marco legal, as obrigações municipais nela definidas não são suficientes para garantir a preservação ambiental. Ainda encontramos muitas limitações no manejo de resíduos, sendo possível destacar a destinação para aterros e a incineração. Os aterros, mesmo contando com tecnologia de captação de gases e efluentes líquidos, ocupam extensas áreas, o que pode levar a um esgotamento físico, sobretudo nos grandes centros urbanos. Aterros construídos muito distantes das cidades e das fontes geradoras oferecem transtornos no que se refere ao transporte, como possíveis acidentes, poluição, entre outros. Além do esgotamento físico, deve-se considerar o esgotamento de serviços necessários para degradar todo o resíduo.

A solução ideal, então, seria a incineração? Apesar de essa prática apresentar crescimento em muitos países nos últimos anos, visto que permite a recuperação energética da queima dos resíduos para a produção de eletricidade, ela também possui limitações. A principal limitação refere-se à segurança da população, já que os efluentes lançados no ar possuem características tóxicas e explosivas.

Portanto, é indispensável reduzir a quantidade de resíduos que necessitam de destinação adequada. Para isso, devemos seguir a lógica dos 3 Rs: reduzir, reutilizar e reciclar. Essa lógica deve ser incentivada por meio de ações educativas que visem conscientizar a população. Devemos também impulsionar a reciclagem mediante a coleta seletiva, garantir infraestrutura e capacitação aos funcionários e incentivar a formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, entre outras ações. Essas são algumas das tarefas que visam tornar o trabalho desse segmento mais digno e menos arriscado, garantindo sua inclusão social, uma vez que os catadores são vitais para o desenvolvimento sustentável. No entanto, também devemos atentar para a formulação de políticas públicas que visem eliminar os riscos à saúde e ao meio ambiente.



Faça você mesmo

Debateremos sobre a necessidade da inclusão social dos catadores de lixo e sobre sua importância para a implantação da coleta seletiva. Porém, há ainda muitos obstáculos nesse processo de inclusão. O que você sugere para que essa inclusão de fato aconteça? Quais políticas públicas e ações educativas promoveriam a inclusão?

Esta seção e, por consequência, esta unidade se encerram com os dizeres de Gouveia (2012), do Departamento de Medicina Preventiva da USP: “Assim, caminharemos rumo a um desenvolvimento mais saudável, em uma perspectiva socialmente justa, ambientalmente sustentável, sanitariamente correta e economicamente solidária”.

Sem medo de errar

Agora que estudou os principais impactos socioambientais ligados aos resíduos sólidos, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos relembra-la?

Você é um funcionário do Ibama, do setor de resíduos sólidos, que deve visitar o local de disposição dos resíduos sólidos de sua cidade, devendo

emitir um parecer mediante a legislação vigente classificando este local. Quais aspectos devem ser considerados nessa fiscalização? Esse local é classificado como lixão, aterro controlado ou aterro sanitário? Que possíveis irregularidades poderão ser encontradas? Quais são os impactos socioambientais dessas irregularidades? Qual seria a melhor opção para minimizar os impactos ambientais provenientes desses resíduos?

Para a fiscalização deve-se considerar a localização, a proximidade ou não com a área urbana, a hipótese de o sistema de operação contar ou não com a impermeabilização do aterro, o sistema de coleta de efluentes líquidos e gases, as estações de tratamento de efluentes, entre outros fatores. Além disso, os sistemas operacionais e de monitoramento devem estar todos funcionando, garantido assim que os impactos sejam minimizados. Caso o local possua tais sistemas de operação e monitoramento, ele é classificado como aterro sanitário e deve receber apenas resíduos sólidos urbanos. Caso algum desses sistemas esteja com falhas, por exemplo, na captação do efluente líquido (chorume), há riscos de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Outros impactos podem estar diretamente relacionados ao mau funcionamento dos sistemas, como lançamento de gases, proliferação de vetores, entre outros. A disposição final ambientalmente adequada, que é o aterro sanitário, reduz a pressão sobre o meio ambiente, ocupando uma área menor, além de aumentar sua vida útil (capacidade física de receber resíduos).

Nesse contexto, para a elaboração do parecer você deve considerar alguns componentes básicos, tais como: dados do empreendimento e do empreendedor; resumo das atividades e objetivos do parecer; introdução com aspectos históricos do empreendimento; a caracterização do empreendimento (atividade, número de funcionários, lista de máquinas e equipamentos, entre outros); avaliação do desempenho ambiental e cumprimento de condicionantes; sistemas de controle ambiental; passivos ambientais; estudo de análise de risco e conclusão.



Atenção

Apesar de a incineração estar em expansão em alguns países, tal técnica não é a melhor opção para os resíduos sólidos, considerando-se o alto potencial de risco.



Lembre-se

A coleta seletiva é uma das principais etapas da gestão dos resíduos

sólidos, pois permite a segregação na fonte e, assim, a correta destinação e disposição final.

Avançando na prática

Pratique mais	
Instrução	
Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.	
Conceituando e classificando os resíduos sólidos	
1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir os estereótipos relacionados aos catadores e as implicações sociais disto. • Debater a importância dos grupos vinculados ao lixo (catador, gari, garrafeiro, entre outros) para minimizar os impactos ambientais. • Compreender a importância da coleta seletiva na preservação ambiental. • Analisar os impactos ambientais provenientes da destinação e da disposição inadequadas de resíduos sólidos. • Comparar as vantagens e limitações do aterro sanitário e da incineração.
3. Conteúdos relacionados	Coleta seletiva, aterro sanitário, impacto ambiental.
4. Descrição da SP	Um dos graves problemas ambientais decorrentes da disposição dos resíduos sólidos no solo é a contaminação do ar, da água e do solo. Suponha que o noticiário da sua cidade denunciou que o aterro sanitário do município passa por problemas operacionais e os gases resultantes da decomposição da matéria orgânica estão sendo lançados diretamente na atmosfera. Quais são os impactos ambientais decorrentes dessa emissão? Há riscos para a população?
5. Resolução da SP	Há formação de gases, sobretudo o metano, provenientes da decomposição da matéria orgânica. Esses gases podem possuir características tóxicas, asfixiantes e explosivas. Quando lançados diretamente na atmosfera, contaminam o ar e contribuem com as mudanças climáticas. Além disso, pelas suas características tóxicas e asfixiantes, podem oferecer riscos à saúde dos trabalhadores do aterro e da população que vive em seu entorno. Cabe ressaltar também que há riscos de explosão no local.



Faça você mesmo

Ao longo desta seção você se deparou com uma grave problemática social referente aos resíduos sólidos, representada pela exclusão social e pelos estereótipos relacionados aos catadores e outros grupos de trabalho vinculados ao lixo. Diante desse cenário, proponha políticas públicas que propiciem a melhoria da qualidade do trabalho desses funcionários e que permitam a sua inclusão social.

Faça valer a pena

1. A segregação dos resíduos sólidos na fonte geradora é imprescindível para a efetivação da reciclagem. Essa segregação, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é chamada de:

- a) Logística reversa.
- b) Coleta seletiva.
- c) Responsabilidade compartilhada.
- d) Acordo setorial.
- e) Plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

2. A exclusão social dos grupos de trabalhadores (catadores) ligados ao “lixo” é um dos principais problemas sociais relacionados aos resíduos sólidos, mas existem outros. Assinale a alternativa que contém apenas impactos sociais:

- a) Condições de trabalho e contaminação do solo.
- b) Condições de trabalho e falta de capacitação.
- c) Contaminação do ar e proliferação de vetores.
- d) Contaminação da água e transmissão de doenças.
- e) Falta de capacitação e proliferação de vetores.

3. Diariamente, inúmeros resíduos são destinados de forma inadequada ao meio ambiente, contaminando rios e solos. A disposição final ambientalmente adequada, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é caracterizada pela:

- a) Destinação para a reciclagem dos resíduos.
- b) Destinação para a reutilização dos resíduos.
- c) Disposição em aterros controlados.
- d) Disposição em aterros sanitários.
- e) Destinação em lixões.

Referências

- AGAPITO, N. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Florianópolis: UFSC, 2007.
- AMORIM, A. P. *et al.* Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade de Rio Grande - RS. **Ambiente & Educação**, v. 15, n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.seer.furg.br/ojs/index.php/ambeduc/article/viewFile/888/920>. Acesso em: 3 jan. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR- 8849/1985**: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR- 13896/1997**: Aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419 – ABR 1992**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7500**: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004**: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-12808**: Resíduos de serviços de saúde. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS [ABRELPE]. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2016.
- BRILHANTE, O. M.; CALDAS, L. Q. A. (Coord.). **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1999. 155 p. Disponível em: <http://static.scielo.org/scielo-books/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2016.
- BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio
- BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário**

Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 2 jan. 2016.

BRASIL. Senado Federal. **Agenda 21 - Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento**. 3 ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada nº 306, de 07 de Dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2004, Seção I, p. 49, Col. 1. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/10d6dd00474597439fb6df3fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+306,+DE+7+DE+DEZEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 26 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Lei nº 11445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 26 jan. 2016.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 2 jan. 2016.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. São Paulo: Humanistas, 1998.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 275/01. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: SEMA, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307/02. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: SEMA, 2002a.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 313/02. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília: SEMA, 2002b.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 358/05. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília: SEMA, 2005.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo

sustentável com inclusão social. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, jun. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 mar. 2016.

GOVERNO do Estado de São Paulo. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: SindiTêxtil, 2009. (Série P+L). Disponível em: http://www.sinditextilsp.org.br/guia_p%2Bl.pdf. Acesso em: 14 mar. 2016.

HEMPE, C.; NOGUERA, J. O. C. A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 682-695, 2012. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/4117/2798>. Acesso em: 5 jan. 2016.

LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de chorume**. 2002. 149 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária, Ambiental e de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2002.

OLIVEIRA, A. B. de *et al.* **Educação ambiental: lixo uma questão social**. Tese (Graduação) - Faculdade de Ciências de Educação, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2005.

OLIVEIRA, V. F.; OLIVEIRA, E. A. de A. Q. O papel da indústria da construção civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional. **The 4th International Congress on University-Industry Cooperation – Taubate, SP – Brazil – December 5th through 7th, 2012**. Taubaté: Unindu, 2012.

PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004. 1045 p. (Coleção Ambiental)

SANTOS, A. S. R.; MARTIZ, R. F. Poluição: considerações ambientais e jurídicas. **Revista Imes**, p. 97-102, 2002.

SOUTO, J. V.; DE MELO, J. A.; TAVARES, M. A. **Catadores de lixo: trabalho informal que nutre a produção formal**. São Luís, 2009. Disponível em: http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/OLD/eixos_OLD/2.%20Transforma%C3%A7%C3%B5es%20no%20mundo%20do%20Trabalho/CATADORES%20DE%20LIXO%20trabalho%20informal%20que%20nutre%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20foa.pdf. Acesso em: 23 fev. 2016.

SILVA FILHO, C. R. V. Os serviços de limpeza urbana e a PNRS. *In*: PHILIPPI JR, A.; JARDIM, A.; YOSHIDA, C. MACHADO FILHO, J. V. (org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Barueri: Manole, 2012.

SUMAN, R. B. Catadores de lixo: estereótipos sociais sobre sua atividade e relação com a escola - um estudo de caso. **Cadernos CERU**, n. 18, p. 1-20, 2007.

WALDMAN, M. **Lixo: cenários e desafios**. Abordagens básicas para entender os resíduos sólidos. São Paulo: Cortez, 2010. 231 p.

WALDMAN, M.; SILVEIRA, C. A.; MEROLA, Y. L.; FERREIRA, J. L. Trabalho e saúde: um

estudo sobre catadores de recicláveis em Poços de Caldas – MG. **Revista iph IPH - Instituto de Pesquisas Hospitalares**, p. 1-19, 2015.

YOSHITAKE, M. **Teoria do controle gerencial**. São Paulo: Ibradem, 2010.

Unidade 4

Tratamento de águas residuárias

Convite ao estudo

Olá, caro aluno!

Nesta unidade você irá estudar sobre o tratamento de águas residuárias. Iremos iniciar os estudos com as principais definições e legislações pertinentes ao tema. Em seguida, abordaremos as principais técnicas de tratamento de águas residuárias e seus principais sistemas de tratamento. Por fim, veremos os principais parâmetros utilizados para o dimensionamento e a manutenção de sistemas para o tratamento de águas residuais. Todos estes temas são importantes para se conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.

A água é um recurso natural renovável, dotado de valor econômico e imprescindível para todos os seres vivos. Porém, a contaminação dos rios, proveniente do lançamento de águas residuárias, compromete a sua qualidade, a manutenção e o desenvolvimento dos ecossistemas e, consequentemente, o abastecimento público, industrial e agrícola. Portanto, o tratamento de águas residuárias é de suma importância na gestão dos recursos hídricos, a fim de garantir a qualidade dos cursos d'água e a preservação ambiental.

Neste cenário, para que você seja capaz de conhecer os aspectos técnicos relacionados aos sistemas de tratamento de água residuária, ao final desta unidade de ensino você deverá elaborar um projeto teórico de uma estação de tratamento de água residual (ETAR). Para isso vamos desenvolver, seção após seção, situações-problema de seu cotidiano profissional, para que você possa aplicar os conhecimentos e desenvolver as habilidades para a entrega deste produto.

Imagine-se na seguinte situação: você foi recém-contratado por uma empresa responsável pelo fornecimento de água e pela coleta e tratamento de águas residuárias no Estado em que reside. Nesta empresa você é o responsável por operacionalizar, gerenciar e monitorar as estações de tratamento de águas residuárias. Além disso, uma nova estação será construída e você é o responsável técnico pelo projeto teórico do empreendimento, que é dividido em quatro etapas: consulta à legislação vigente; levantamento das técnicas de tratamento de águas residuais; levantamento dos sistemas de tratamento; parâmetros de dimensionamento e monitoramento das estações de água.

Para que você desempenhe todas essas funções é imprescindível conhecer as definições básicas referentes à hidráulica e ao tratamento de águas residuárias, as legislações vigentes, as técnicas e os sistemas de tratamento de águas residuárias e os principais parâmetros utilizados. Então, vamos aos estudos? Boa leitura!

Definições gerais sobre tratamento de águas residuais

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Vamos iniciar nossos estudos sobre o tratamento de águas residuárias! Para conhecermos as principais definições relacionadas ao tema, nesta seção abordaremos de forma sucinta as principais fontes geradoras de águas residuárias no Brasil. Estudaremos as principais legislações vigentes e as principais definições de hidráulica referentes ao tratamento de águas residuárias.

Considerando suas funções como funcionário de uma empresa na área de saneamento ambiental, sabe-se que a manutenção da qualidade dos rios e cursos d'água está diretamente relacionada às características das águas residuárias neles lançados. Diante desta situação, sua empresa irá construir uma nova estação de tratamento de água residual (ETAR) em um município e você é o responsável técnico pelo projeto teórico do empreendimento. Nesta primeira etapa do projeto, você deve fazer um levantamento sobre as legislações vigentes para um funcionamento ambientalmente adequado de uma ETAR.

Após o levantamento, você deverá elaborar um arquivo em Word, no qual deve constar todas as informações coletadas. Quais são os objetivos e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)? Quais são as normas técnicas que orientam a concepção de sistemas de águas residuárias e a elaboração de estações de tratamento? Quais são as resoluções que dispõem sobre a gestão do lançamento de águas residuárias em corpos de água receptores, bem como a classificação e os enquadramentos destes corpos de água? Qual é a importância de se levar em consideração as suas condições exigíveis?

Para responder a esses questionamentos é preciso que você tenha conhecimento sobre os aspectos legais da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a PNRH; das Resolução CONAMA nº 430/2011 e nº 357/2005; e das normas técnicas ABNT NBR 9648/1986 e 12209/1992.

Com certeza, em algum momento, você já deve ter visto dados sobre a distribuição da água no planeta. Sabemos que apenas 2,5% das águas do planeta Terra são águas doces. Porém, uma parcela mínima desses 2,5% está disponível para os diferentes usos, como abastecimento humano, uso industrial e agrícola, entre outros. Diante disso, cresce a preocupação global no que se refere à qualidade das águas dos rios e de outros corpos d'água.

Dentre as atividades humanas que causam efeitos adversos no meio ambiente, destacam-se a geração e o lançamento de águas residuais em corpos d'água. Entende-se aqui águas residuais como esgoto sanitário.

Mas o que compreende o esgoto sanitário? São apenas os esgotos provenientes da população? A resposta é não! O esgoto sanitário, segundo a norma brasileira ABNT NBR 9648/86, é definido como o “despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Para entender melhor a definição anterior, a ABNT NBR 9648/86 conceitua como esgoto doméstico o despejo líquido oriundo do uso da água para higiene e necessidades humanas, o esgoto industrial como o despejo resultante dos processos industriais, a água de infiltração como toda a água proveniente do subsolo e, por fim, a água de contribuição pluvial como aquela resultante da parcela do deflúvio superficial absorvida pela rede de águas residuárias.



Refleta

Você já parou para pensar sobre a quantidade de águas residuárias gerada diariamente no Brasil? Será que toda essa água residual é tratada antes de ser lançada nos corpos d'água?



Assimile

Águas residuárias compreendem o esgoto doméstico, o esgoto industrial, a água de infiltração e a contribuição pluvial!



Vocabulário

Deflúvio superficial: escoamento superficial da água.

Apesar de todos os despejos líquidos citados anteriormente serem classificados como águas residuárias, vale ressaltar que eles possuem características distintas. Por exemplo, o esgoto urbano apresenta, predominantemente,

impurezas de características orgânicas e bacteriológicas, enquanto a água residual industrial possui características qualitativas e quantitativas variáveis, conforme os produtos usados nos diversos processos produtivos, gerando, neste caso, esgotos com impurezas químicas diversas. Além disso, cabe ressaltar que as águas residuais domésticas podem variar de acordo com o número de habitantes, hábitos locais, característica econômica do centro urbano, educação, comportamento e conscientização popular.

Diante deste cenário, o grande desafio da gestão de recursos hídricos é garantir a qualidade da água a fim de atender às necessidades humanas e preservar os ecossistemas. Para alcançar estes objetivos precisamos nos pautar nas legislações vigentes sobre o assunto. Vamos lá?

A PNRH, instituída pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, traz em seu Art. 5º a cobrança pelo uso da água como um de seus principais instrumentos. Outro instrumento importante desta lei é a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Mas você deve estar se perguntando: O que isso tem a ver com águas residuárias? Bem, a PNRH (Art. 12) estabelece que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: a captação e o consumo de água, o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos e o lançamento de águas residuárias. Tais usos sujeitos à outorga são passíveis de cobrança (Art. 20 da PNRH).

Mas a qualidade da água é resultante apenas da interferência humana? Não! Ela também é resultante das condições naturais. Isso mesmo, naturais! A qualidade da água pode ser diferente em várias regiões, mesmo que as bacias hidrográficas estejam preservadas, pois é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração de água no solo. A infiltração de água no solo faz com que sólidos em suspensão ou dissolvidos sejam incorporados à água, atribuindo-lhe características específicas. Por isso, a qualidade da água sofre grande influência da cobertura e da composição do solo.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da Resolução CONAMA 357/2005, classifica os corpos d'água e fixa as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. A classificação e o enquadramento dos corpos d'água são feitos a partir de parâmetros, como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), entre outros, que serão abordados na Seção 4.4 Segundo esta Resolução, as águas doces são classificadas de acordo com a possível destinação em: classe especial, classe I, classe II, classe III e classe IV. Para cada uma dessas classes há padrões e limites de cada parâmetro analisado.

Complementar a esta resolução, temos a Resolução CONAMA 430/2011, que traz as condições e os padrões de lançamento de águas residuárias nos

corpos receptores, conforme mostra a Figura 4.1. Segundo o Art. 5º desta Resolução, as águas residuárias não podem conferir características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias final do seu enquadramento, sendo que essas metas são estabelecidas por parâmetros específicos. Cabe ressaltar que na ausência dessas metas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe em que o corpo receptor estiver enquadrado, conforme Resolução CONAMA 357/2005.



Exemplificando

O rio principal de uma bacia hidrográfica no Estado de São Paulo está enquadrado como classe II. Portanto, as águas residuárias nele lançadas não podem alterar seus padrões de qualidade, que o fazem ser classe II. Caso as águas residuárias possuam características que possam alterar a qualidade da água deste rio, elas devem ser tratadas previamente antes de serem lançadas ao corpo receptor.



Vocabulário

Corpo receptor: qualquer coleção de água natural ou solo que recebe o lançamento de esgoto em seu estágio final.

Figura 4.1 | Lançamento de efluente no corpo receptor



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wastewater_effluent.JPG?uselang=pt-br. Acesso em: 20 fev. 2016.

Mas se as águas residuais possuem características fora dos padrões de lançamento, o que deve ser feito? Para garantir a qualidade da água é

imprescindível que as águas residuais sejam previamente tratadas. Para compreendermos melhor as técnicas e os sistemas de tratamento das águas residuárias, é importante estudarmos primeiro algumas definições básicas.

Toda água resultante de atividades domésticas, industriais, de infiltração e de contribuição pluvial recebe o nome de águas residuárias, conforme vimos anteriormente, não é mesmo? Às águas residuárias também pode ser atribuído o termo efluente. Vimos que há condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos receptores. Este lançamento pode ser direto (sem tratamento prévio) ou indireto (com prévio tratamento). As condições e padrões de lançamento, bem como as técnicas e sistemas de tratamento, têm como objetivo garantir a capacidade de suporte do corpo receptor. Essa capacidade de suporte, conforme Resolução CONAMA 430/201, Art. 4º, refere-se ao valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento, previstos na Resolução CONAMA 357/2005.

O tratamento das águas residuárias, portanto, se resume na busca eficiente da remoção dos poluentes contidos, a fim de atender às condições e aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação para a gestão adequada de lançamento. Além disso, o tratamento de águas residuárias baseia-se em parâmetros normatizados e varia de acordo com o volume a ser tratado, finalidade, nível de processamento, qualidades originais e pretendidas e local de lançamento (TELLES; COSTA, 2009).

Os autores Nuvolari e Costa (2010), referências no tratamento de águas residuárias, afirmam que elas são compostas de uma elevada parcela de água (99,9%) e uma parcela mínima de impurezas (0,1%). Portanto, o tratamento tem como finalidade retirar tais impurezas. Para o tratamento, tudo o que não for água é classificado como sólido ou lodo.

O tratamento de águas residuárias, então, possui duas fases: o tratamento da fase líquida, oriundo do fluxo principal do líquido na estação de tratamento, e a fase sólida, que corresponde ao lodo retirado. Em suma, o tratamento é separado por níveis, sendo eles: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

Iremos estudar estes tratamentos de forma mais aprofundada ao longo desta Unidade, mas, de modo simplificado, o tratamento prévio é a primeira fase de separação dos sólidos, em que o esgoto é preparado para os tratamentos posteriores. Em seguida, no tratamento primário, o esgoto passa por uma unidade de sedimentação para retirada da matéria poluente. Posteriormente, no tratamento secundário, o esgoto passa para o tratamento biológico, para

a remoção da matéria orgânica por microrganismos. Por fim, o esgoto pode seguir para o tratamento terciário ou avançado, que consiste na remoção de impurezas ou partículas que não foram removidas nos processos anteriores.

O resíduo sólido proveniente do tratamento de água residuária deve passar por processos de espessamento, estabilização, condicionamento químico e desaguamento do lodo. Tais processos pretendem reduzir o volume e o teor de matéria orgânica, considerando a disposição final do resíduo, e serão melhor abordados em uma próxima seção.

Em todos estes processos de tratamento consideram-se alguns parâmetros básicos para remoção dos sólidos e da matéria orgânica, que você deve conhecer e que estão no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 | Parâmetros de tratamento de águas residuárias

Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Sólidos em suspensão (SS)	Nutrientes	Coliformes	Oxigênio dissolvido (OD)
Quantidade de oxigênio necessária para ocorrer a oxidação da matéria orgânica biodegradável.	Pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão em água.	Remoção de nitrogênio e fósforo.	Remoção de patógenos.	Concentração de oxigênio dissolvido em um corpo d'água.

Fonte: adaptado de Nuvolari e Costa (2009) e Cetesb (2008).

É importante frisar que os processos descritos anteriormente referem-se ao tratamento de águas residuárias de uma maneira geral. As águas residuárias industriais, por exemplo, podem apresentar características ou substâncias específicas, dependendo do processo produtivo, e, por isso, requerem tratamentos específicos adicionais.

A eficiência de unidades de tratamento de águas residuárias depende de vários fatores relacionados às operações e processos. Neste contexto, algumas definições de hidráulica são importantes para o dimensionamento de unidades de tratamento, como as descritas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 | Definições de hidráulica para o tratamento de águas residuárias

	Vazão (Q)	Tempo médio de detenção hidráulica (TDH)	Taxa de carregamento orgânico (TCO)	Tempo de retenção celular (idade do lodo)
Definição	Quantidade de material transportado através de uma tubulação.	Representa o tempo médio de permanência das moléculas de água em uma unidade de tratamento.	Quantidade de DBO ou DQO que é aplicada por dia por unidade de volume ou de área de uma unidade	Tempo médio em que os organismos que promovem o tratamento permanecem em uma unidade (dia).

Fonte: elaborado pela autora.

Além disso, algumas normas técnicas fixam condições para o tratamento de águas residuárias, sendo elas: ABNT NBR 9648/86, que fixa as condições exigíveis no estudo de concepção de sistemas de águas residuárias, e ABNT NBR 12209/92, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de águas residuárias (ETE). Ressalto, porém, que elas serão aprofundadas nas outras seções.

Conforme podemos observar ao longo desta seção, a eficiência de uma estação de tratamento de águas residuais está relacionada a uma série complexa de fatores específicos, podendo o tratamento atingir diferentes níveis, de acordo com os objetivos pretendidos. Abordamos algumas definições importantes, para que você possa aprofundá-las nas demais seções desta unidade. Além disso, são conhecimentos imprescindíveis para sua atuação profissional.



Faça você mesmo

Os tratamentos de águas residuárias podem se diferenciar dependendo dos objetivos do processo e das características do efluente. Neste sentido, pesquise sobre o tratamento de águas residuárias de indústrias de curtumes. Quais são as principais características das águas residuárias? Quais são os tratamentos específicos para este tipo de efluente?

Sem medo de errar

Agora que conheceu as principais definições, legislações, resoluções e normas e iniciou o estudo sobre tratamento de águas residuárias, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos relembra-la?

Você foi recém-contratado por uma empresa na área de saneamento ambiental e, dentre outras atribuições, ficou responsável pelo projeto teórico de dimensionamento de uma unidade de tratamento de águas residuárias. Para iniciar o projeto, você fez um levantamento das legislações vigentes e das principais definições referentes ao tratamento de águas residuárias. Esse levantamento deverá ser elaborado em um arquivo em Word, constando todas as informações coletadas, que respondam às seguintes perguntas: Quais são os objetivos e diretrizes da PNRH? Quais são as normas técnicas que orientam a concepção de sistemas de águas residuárias e a elaboração de estações de tratamento? Quais são as resoluções que dispõem sobre a gestão do lançamento de águas residuárias em corpos de água receptores, bem como a classificação e os enquadramentos destes corpos de água? Qual é a importância de se levar em consideração as suas condições exigíveis?

A PNRH, em seu Art. 2º, inciso I, tem como um dos objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Além disso, ela traz em seu Art. 3º, inciso I, como uma de suas diretrizes, a gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade. Estes aspectos da PNRH buscam garantir a qualidade da água e podem ser alcançados por meio dos instrumentos de outorga dos direitos de uso e de cobrança pelo uso de recursos hídricos, estabelecidos no Art. 5º da referida lei.

As normas técnicas que fixam condições para o tratamento de águas residuárias são: a ABNT NBR 9648/86, que estabelece as condições exigíveis no estudo de concepção de sistemas de águas residuárias, e a ABNT NBR 12209/92, que fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto (ETE). Já a Resolução CONAMA 430/2011 traz as condições e padrões a serem obedecidos para lançamento de águas residuárias, ao passo que a Resolução CONAMA 357/05 traz a classificação e o enquadramento dos corpos d'água receptores. Portanto, é imprescindível para o dimensionamento das unidades de tratamento levar em consideração os objetivos, instrumentos e padrões exigidos em lei, com vistas à manutenção da qualidade da água do corpo receptor e ao atendimento das conformidades legais.



Atenção

Segundo a PNRH, são passíveis de cobrança pelo uso dos recursos hídricos aqueles usos sujeitos à outorga, entre eles os que se destinam à diluição, em corpos de água, de resíduos líquidos (águas residuárias), tratados ou não.



Lembre-se

Apesar de ainda não ter sido implementada a cobrança pela diluição de águas residuárias, este instrumento tem como meta garantir a qualidade da água dos recursos hídricos.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender os aspectos legais pertinentes ao tratamento de águas residuárias.
3. Conteúdos relacionados	Águas residuárias, tratamento de águas residuárias, legislação, hidráulica.
4. Descrição da SP	Algumas indústrias, pelas características de suas águas residuárias, possuem em sua própria unidade industrial uma unidade de tratamento, atendendo assim aos aspectos legais vigentes. Suponha que você tenha sido recém-admitido em uma indústria farmacêutica para gerenciar o tratamento de águas residuárias. Diante desta situação, considerando as características das águas residuárias desta indústria, quais são os níveis de tratamento necessários? Justifique citando o principal objetivo de cada nível de tratamento.
5. Resolução da SP	Os níveis de tratamento de águas residuárias necessários são: prévio (remoção de sólidos grosseiros); primário (remoção de sólidos que sedimentam); secundário (tratamento biológico para decomposição da matéria orgânica) e, por fim, o tratamento terciário ou avançado, necessário nesta situação, uma vez que a água residuária da indústria farmacêutica contém substâncias químicas específicas.



Lembre-se

O lançamento de águas residuárias segue uma legislação específica, a Resolução CONAMA 430/2011, e está condicionado à outorga e cobrança pelo uso, segundo a PNRH (Lei nº 9.433/1997).



Faça você mesmo

As indústrias cosméticas crescem consideravelmente a cada dia, sobretudo no Brasil. Com isso, cresce também a quantidade de águas residuárias geradas, uma vez que para a indústria cosmética a água é de extremo valor, principalmente em sistemas de resfriamento, geração de vapor e nas operações de lavagem e sanitização de máquinas, equipamentos e utensílios. Pesquise sobre as características deste efluente e identifique os tratamentos específicos deste setor.

1. A gestão dos recursos hídricos é um dos desafios da atualidade, considerando o crescente lançamento de água residual, que pode alterar a qualidade das águas dos rios e oceanos. Neste sentido, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH, Lei nº 9.433/1997) traz dois importantes instrumentos que buscam garantir a qualidade dos corpos d'água e que englobam o tratamento de águas residuais. São eles:

- a) Compensação a municípios e Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.
- b) Planos de Recursos Hídricos e compensação a municípios.
- c) Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e cobrança pelo uso de recursos hídricos.
- d) Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e compensação a municípios.
- e) Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e cobrança pelo uso de recursos hídricos.

2. Dentre as atividades humanas que causam efeitos adversos no meio ambiente, destacam-se a geração e o lançamento de águas residuais em corpos d'água. Assinale a alternativa correta sobre o(s) termo(s) que também designa(m) águas residuais.

- a) Rejeitos e resíduos.
- b) Resíduos e águas residuárias.
- c) Rejeitos e águas residuárias.
- d) Efluente apenas.
- e) Efluente e águas residuárias.

3. O tratamento de águas residuais é de suma importância para garantir e/ou preservar a qualidade das águas. Para alcançar tais objetivos, o tratamento é constituído basicamente por:

- a) 5 níveis de tratamento.
- b) 4 níveis de tratamento.
- c) 3 níveis de tratamento.
- d) 2 níveis de tratamento.
- e) 1 nível de tratamento.

Técnicas para tratamento de águas residuais

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Nesta seção, iremos continuar nossos estudos sobre o tratamento de águas residuárias, também chamadas de águas residuais ou esgoto. Para isso, abordaremos as principais técnicas de tratamento de águas residuárias, ressaltando algumas especificidades. É importante que você relembre as principais definições de tratamento e hidráulica abordadas na Seção 4.1.

Retomando a situação da realidade profissional, você é funcionário de uma empresa na área de saneamento ambiental. Diante disso, sua empresa irá construir uma nova estação de tratamento de água residual (ETAR) em determinado município, e você é o responsável técnico pelo projeto teórico do empreendimento. Na primeira etapa do projeto, você realizou um levantamento sobre as legislações vigentes e as principais definições referentes ao tratamento de águas residuárias.

Agora você deve agregar ao projeto informações detalhadas referentes às principais técnicas para os diferentes níveis de tratamento de águas residuárias. Sabe-se que os efluentes possuem características distintas e, por isso, para o projeto, você irá considerar que a nova ETAR a ser instalada receberá praticamente um único tipo de água residuária, que será a proveniente de esgotos domésticos. Você sabe, por meio do levantamento dos dados na primeira etapa do projeto (Seção 4.1), que o tratamento de águas residuais domésticas está relacionado a diversos fatores, como número de habitantes, hábitos locais, característica econômica do centro urbano, educação, comportamento e conscientização popular.

Considerando os fatores relacionados anteriormente, quais são os principais níveis de tratamento de efluentes domésticos? Quais são as suas características? Qual é a relação das etapas de tratamento com os processos físicos, químicos e biológicos? Todos os níveis de tratamento cumprem os padrões de lançamento exigíveis por lei? Nesta etapa do projeto você deverá levantar e registrar os níveis de tratamento de efluentes domésticos e as técnicas para o tratamento de águas residuárias.

Para responder a esses questionamentos é preciso que você tenha conhecimento sobre os processos de tratamento e saiba quais são as suas finalidades. Além disso, é preciso estar atento aos aspectos legais sobre os padrões ambientais de lançamento de efluentes, de acordo com as Resoluções CONAMA nº 430/2011 e nº 357/2005.

Não pode faltar

Na Seção 4.1 desta unidade, vimos que a deterioração dos recursos naturais, sobretudo dos recursos hídricos, é um grave problema ambiental. Diversas atividades humanas contaminam diariamente o solo, o ar e a água, destacando-se neste cenário o lançamento de esgoto sanitário nos corpos de água, que é a principal causa da propagação de doenças por veiculação hídrica, como amebíase, giardíase, criptosporidíase, gastroenterite, febres tifoide e paratifoide, cólera, verminoses, ancilostomíase, hepatite, entre outras. Diante disso, nesta seção iremos abordar as principais técnicas de tratamento de águas residuárias (esgoto sanitário) a fim de alcançar os padrões de saúde e de qualidade ambiental estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357/05 e 430/2011.

Antes de iniciarmos os estudos sobre o tratamento em si, vamos analisar alguns dados importantes. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2014, o índice médio de tratamento de esgotos no Brasil foi de 40,8%, e em 2013, de 39%. Apesar de observarmos um pequeno aumento em 2014, o índice de tratamento de esgotos no Brasil ainda é baixo. Estes dados refletem diretamente nos recursos hídricos, sobretudo na qualidade da água, como divulgado em um levantamento realizado em 2015 pela Fundação SOS Mata Atlântica, que ao estudar 111 corpos d'água – entre rios, córregos e lagos, nos anos de 2014 e 2015 –, constatou que 23,3% do total avaliado apresenta qualidade ruim ou péssima.



Refleta

Você sabe qual é a qualidade da água do corpo d'água que abastece a cidade em que você mora? Quais são as consequências destes dados para a saúde pública?

Como podemos observar, garantir o saneamento básico para toda a população é imprescindível e constitui o maior desafio dos municípios brasileiros. É de extrema importância que a administração pública tenha um sistema de esgotamento sanitário que atenda 100% das residências, do

comércio e das indústrias, e que seja composto de **redes coletoras** com **interceptores e emissários** devidamente executados, culminando em um sistema de tratamento adequado para as águas residuárias.



Vocabulário

Redes coletoras: trata-se das tubulações que recebem os esgotos gerados nas residências.

Interceptores: tubulações implantadas ao longo dos cursos d'água com a função de receber os esgotos coletados pelas redes coletoras e conduzi-los ao emissário ou diretamente às estações de tratamento.

Emissário: tubulação que conduz os esgotos dos interceptores à estação de tratamento.

Mas qual seria o objetivo principal de tratar o esgoto? O tratamento do esgoto se resume na busca eficiente da remoção física, química e biológica dos poluentes nele contidos. Para isso, conforme já estudamos, baseia-se em parâmetros normatizados e varia de acordo com o volume a ser tratado, a finalidade, o nível de processamento, as qualidades originais e pretendidas e o local de lançamento.

Basicamente, o processo de tratamento de esgoto convencional possui duas fases: a fase líquida, que corresponde ao fluxo principal do líquido na estação de tratamento, e a fase sólida, do lodo retirado. Os autores Nuvolari e Costa (2010) descrevem que na fase líquida busca-se remover os sólidos presentes, a matéria orgânica biodegradável, os microrganismos patogênicos e alguns nutrientes, como, o fósforo e o nitrogênio. Para o lodo, busca-se cada vez mais a obtenção de soluções inovadoras de descarte e/ou reutilização.

O tratamento da fase líquida do esgoto envolve quatro níveis de tratamento, conforme descrito no Quadro 4.2a:

Quadro 4.2a | Objetivos de cada nível de tratamento de esgoto e processo de remoção

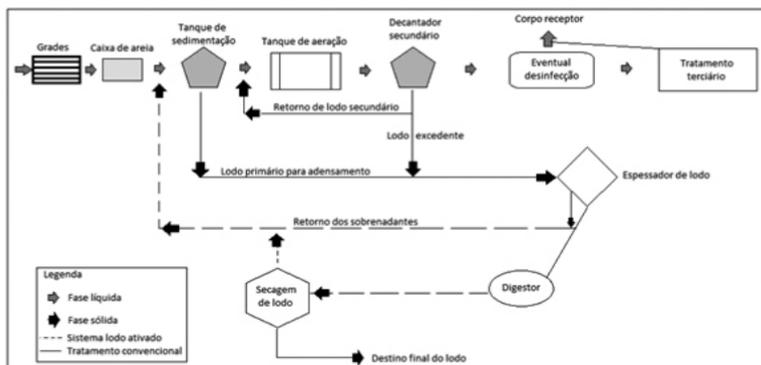
Nível de tratamento			
Prévio ou preliminar/Processo físico	Primário/Processo físico-químico	Secundário/Processo biológico	Terciário/Processo físico-químico-biológico
Remoção de sólidos grosseiros e detritos minerais e realização do desengorduramento	Remoção de sólidos e matéria orgânica sedimentável	Remoção de sólidos particulados e dissolvidos, matéria orgânica não sedimentável e eventualmente nutrientes	De acordo com o tipo de substância a ser removida (específico e avançado)

Fonte: adaptado de Telles e Costa (2010).

Segundo Nuvolari e Costa (2010), o tratamento prévio ou preliminar do esgoto é a primeira fase de separação de sólidos e se caracteriza pela remoção de sólidos grosseiros presentes e/ou lançados inadequadamente na água residuária, como fraldas, absorventes, preservativos, sacolas plásticas, pedaços de madeira, entre outros. A remoção destes sólidos é importante, pois eles podem danificar as bombas e tubulações. Além da remoção de sólidos grosseiros, nesta fase há remoção de detritos minerais (por exemplo, areia e cascalho), evitando assim a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações, facilitando o transporte de líquidos. Eventualmente, dependendo das características do esgoto, pode ocorrer também no tratamento prévio a remoção de óleos e graxas, um processo chamado equalização.

Para que seja feita a remoção dos sólidos grosseiros, da areia e de óleos e graxas, fazem parte do tratamento prévio as seguintes unidades: gradeamento, caixa de areia (conforme demonstrado na Figura 4.2) e, eventualmente, tanque para remoção de óleos e graxas (tanques de equalização). O gradeamento consiste em barras metálicas paralelas e igualmente espaçadas que constituem a primeira unidade de uma estação de tratamento. Em seguida, localiza-se a caixa de areia, que é um canal no qual a velocidade de escoamento é controlada, permitindo a sedimentação da areia e de outros detritos minerais inertes e pesados – como o cascalho – que não foram retidos no gradeamento. Os sólidos orgânicos, como possuem velocidade de sedimentação mais lenta, permanecem em suspensão e seguem para as unidades seguintes. Após a saída da caixa de areia, o esgoto pode seguir diretamente para o tratamento primário, ou passar pelo tanque de remoção de óleos e graxas, dependendo de suas características.

Figura 4.2 | Esquema do processo convencional de tratamento de esgoto – lodo ativado



Fonte: elaborada pela autora.

Nuvolari e Costa (2009), referências em tratamento de efluentes, destacam a importância do tanque para remoção de óleos e graxas, ou do tanque de equalização de vazões, pois, além da remoção de óleos e graxas, há redução do impacto causado pela variação da vazão, da carga de poluentes e do pH nos processos seguintes, evitando que essas variações afetem as etapas físico-químicas e biológicas de tratamento.

Dando continuidade ao tratamento de esgotos, após o tratamento prévio, o esgoto ainda possui alto teor de matéria orgânica e uma grande quantidade de sólidos em suspensão que devem ser removidos, seguindo então para o tratamento primário, que consiste na passagem do esgoto por uma unidade de sedimentação, chamada de decantador primário (NUVOLARI, 2003). Nesta etapa, o esgoto flui vagarosamente, permitindo que os sólidos em suspensão cheguem gradualmente ao fundo, por ação da gravidade. Porém, essa sedimentação pode ser feita por precipitação química, por meio da adição de produtos químicos que promovam a coagulação e a floculação, combinados ainda com a flotação ou a filtração. Porém, cabe ressaltar que a adição de produtos químicos resultaria em um acréscimo no volume de lodo (VON SPERLING, 1996).



Vocabulário

Coagulação: adição de substância química para a precipitação de compostos em solução e desestabilização de suspensões.

Floculação: manutenção de lenta agitação do efluente líquido induzindo à formação de flocos, que serão posteriormente removidos.

Flotação: inserção de bolhas, de ar no meio aquoso seguida de adsorção de partículas nas bolhas que são arrastadas para a superfície do líquido.

Como resultado do processo de sedimentação, há formação de uma massa de sólidos, denominada lodo bruto ou cru, que geralmente tem mau cheiro e é cheia de água, e que pode ser enviada diretamente para o tratamento da fase sólida (digestão do lodo) ou seguir para os espessadores de lodo (Figura 4.2), com o objetivo de reduzir a quantidade de água presente. O processo de sedimentação é de extrema importância, uma vez que evita a formação de depósitos de lodo nos corpos receptores.

O lodo bruto formado neste nível pode ser classificado em três tipos, conforme descrito no Quadro 4.2b:

Lodo fresco	Lodo séptico	Lodo digerido
Retirado após a sedimentação	Em início de putrefação	Após a digestão por microrganismos

Fonte: adaptado de Nuvolari e Costa (2009).

Conforme citado anteriormente, o lodo bruto passa pelo processo de espessamento e digestão, com a finalidade de diminuir o volume e promover a estabilização biológica, que será abordada na próxima seção. Estes processos garantem a redução, também, de organismos patogênicos, permitindo, inclusive, o seu reaproveitamento.



Assimile

O tratamento prévio se caracteriza por um processo físico de separação de sólidos grandes e não constitui, portanto, uma etapa de tratamento para atender aos padrões ambientais exigidos em lei.

O tratamento primário se caracteriza pela remoção de sólidos suspensos pelo processo de sedimentação.

Mesmo após o tratamento primário, o esgoto ainda possui alta carga orgânica e as suas características poluidoras praticamente não foram alteradas. Por isso, segue para a etapa seguinte, que é o tratamento secundário. O tratamento secundário caracteriza-se pela remoção biológica da matéria orgânica biodegradável dissolvida, que pode ocorrer na presença de oxigênio (oxidação) ou na sua ausência (anaeróbio), e é efetuada por meio de reações bioquímicas realizadas por microrganismos no tanque de aeração (somente na presença de oxigênio) ou no reator biológico (NUVOLARI, 2003). Iremos aprofundar os estudos sobre os sistemas de tratamento biológico na Seção 4.3, mas de maneira geral, os microrganismos se alimentam da matéria orgânica, convertendo-a em gás carbônico, água e material celular (lodo secundário) (RICKLEFS, 2003).

Após o tanque de aeração, o esgoto segue para o decantador secundário, conforme pode ser visualizado na Figura 4.2. Esse decantador é responsável pela separação dos sólidos em suspensão e microrganismos do líquido, permitindo, assim, a saída de um efluente clarificado. Os sólidos em suspensão e microrganismos se acumulam no fundo deste decantador e constituem o lodo ativado. Uma parte deste lodo é recirculada para o tanque de aeração (Figura 4.2) e a outra parte é descartada, ou seja, encaminhada para o tratamento da fase sólida (espessamento, leito de secagem e digestão). Estudaremos os aspectos de recirculação, tratamento e disposição final do

lodo na próxima seção. Cabe ressaltar que o espessamento do lodo primário é feito por sedimentação, enquanto o espessamento do lodo secundário é feito por flotação, uma vez que este sedimenta mais dificilmente por ser menos denso.

Mas você deve estar se perguntando: o que ocorre com o efluente líquido proveniente dos decantadores secundários? Dependendo de suas características e do local de lançamento, o efluente, após tratamento secundário, pode ser descartado diretamente para o corpo receptor (Figura 4.2) ou passar por um tratamento para que possa ser reutilizado. Nuvolari e Costa (2009) ressaltam que para complementar o tratamento em nível secundário, pode-se fazer a desinfecção do efluente final com cloro, ozônio, ultravioleta, ácido peracético, entre outras substâncias, que reduzem o número de organismos patogênicos presentes no efluente tratado. Isto ocorre na maioria das estações de tratamento de esgotos municipais, que utilizam cloro para desinfecção, sem que haja necessariamente o tratamento terciário.

Conforme já mencionado, o tratamento de efluentes varia seu nível de eficiência de acordo com o grau de purificação desejado. Sendo assim, de acordo com a substância a ser removida, outras técnicas mais adequadas podem ser utilizadas após o tratamento secundário. Por exemplo, quando o tratamento é direcionado aos efluentes industriais, devemos considerar a existência das mais diversas substâncias a serem analisadas, de acordo com o processo industrial implementado, a matéria-prima utilizada, o tamanho das partículas, a densidade do meio líquido, a temperatura, o pH, etc.

Nestes casos, para alcançar a qualidade necessária do efluente, é realizado o tratamento terciário, que caracteriza-se pela tecnologia de remoção de impurezas aplicada após os tratamentos anteriores (prévio, primário e secundário), sendo constituída de unidades físico-químicas específicas, com a finalidade de remover sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, compostos orgânicos, poluentes tóxicos e/ou específicos de metais pesados. A desinfecção é necessária para garantir que microrganismos fecais e patogênicos sejam removidos, visando à saúde da população. Este assunto será aprofundado nas próximas seções. Para se alcançar cada um desses objetivos, existem processos distintos, conforme pode-se observar no Quadro 4.2c.

	Remoção de sólidos dissolvidos	Remoção de sólidos suspensos	Remoção de compostos orgânicos	Desinfecção
Processos	<ul style="list-style-type: none"> • Osmose reversa • Troca iônica • Eletrodialise reversa • Evaporação 	<ul style="list-style-type: none"> • Macrofiltração • Microfiltração • Ultrafiltração • Nanofiltração • Clarificação • Ozonização 	<ul style="list-style-type: none"> • Ozonização • Carvão ativado 	Cloro, ozônio dióxido de cloro permanganato de potássio cloraminas, radiação ultravioleta, etc.

Fonte: adaptado de Nuvolari e Costa (2010).

Salienta-se mais uma vez que estes processos específicos e diversos estão relacionados com o grau de depuração que se deseja alcançar e são necessários sempre que as condições locais exigirem um grau de depuração elevado. Além disso, no tratamento terciário, são utilizadas combinações de unidades de operações e processos, que serão melhor abordadas na próxima seção.



Assimile

O tratamento secundário é caracterizado pela remoção da DBO mediante atividade microbiana.

O tratamento terciário ou avançado se caracteriza pela tecnologia de remoção de impurezas ou desinfecção, aplicada após os tratamentos anteriores (prévio, primário e secundário). É utilizado em casos em que o tratamento precisa atender a limites mais rigorosos de descarga.

Terminamos aqui nossos estudos sobre as principais técnicas de tratamento de efluentes. Na Seção 4.3, abordaremos os principais sistemas de tratamento biológico dos efluentes, bem como o tratamento e a disposição do lodo.



Faça você mesmo

A osmose reversa é um dos processos de tratamento terciário de efluentes. Faça uma pesquisa em artigos científicos recentes sobre a aplicabilidade desta tecnologia e sobre suas vantagens e desvantagens.

Sem medo de errar

Agora que conheceu as principais definições e legislações e iniciou o estudo sobre tratamento de águas residuárias, você já tem condições de

buscar a resolução da situação-problema apresentada no início desta seção. Vamos lembrá-la?

Você é funcionário de uma empresa do ramo de saneamento ambiental. Esta empresa irá construir uma nova unidade de tratamento de águas residuárias, sendo voltada basicamente para o tratamento de efluentes domésticos. Você é o responsável técnico pelo projeto teórico deste empreendimento e, em um primeiro momento, já realizou uma série de levantamentos teóricos sobre o tema, focando as legislações vigentes para conhecer as regras de um funcionamento ambientalmente adequado de uma ETAR. Agora, você deve abranger em seu projeto as principais técnicas de tratamento de águas residuárias. Você sabe, por meio do levantamento dos dados na primeira etapa (Seção 4.1), que o tratamento de esgoto doméstico está relacionado a diversos fatores, como número de habitantes, hábitos locais, característica econômica do centro urbano, educação, comportamento e conscientização popular.

Considerando os fatores relacionados anteriormente, quais são os principais níveis de tratamento de efluentes domésticos? Quais são as suas características? Qual é a relação das etapas de tratamento com os processos físicos, químicos e biológicos? Todos os níveis de tratamento cumprem os padrões de lançamento exigíveis por lei?

Primeiramente, é essencial ter o conhecimento básico de que o tratamento de esgotos é feito por meio de processos físicos, químicos e biológicos, com características próprias de cada nível de tratamento. No tratamento preliminar e no primário, a remoção de poluentes é caracterizada por ações físicas, como o gradeamento e a sedimentação, respectivamente, podendo esta última ser auxiliada por produtos químicos coagulantes ou floculantes. Nestas etapas o objetivo é remover os sólidos grosseiros e sedimentáveis, porém o efluente ainda apresenta elevados níveis de poluentes, não atendendo aos padrões de lançamento de efluentes. No tratamento secundário, a remoção da matéria orgânica biodegradável ocorre por meio de atividades biológicas, em que microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (lodo). Ressalta-se que este nível de tratamento muitas vezes é suficiente para atingir os padrões ambientais de lançamento de efluentes, fixado na Resolução CONAMA 430/2011. O lodo resultante dos tratamentos primário e secundário passa por processo de espessamento e digestão, para posterior destinação final. Por fim, o tratamento terciário também se utiliza de processos químicos, físicos e biológicos, tais como osmose reversa, desinfecção, entre outros, para remoção de impurezas específicas, como matéria orgânica, compostos não biodegradáveis, nutrientes, poluentes tóxicos e/ou específicos, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em

suspensão remanescentes. Este tipo de tratamento confere melhor qualidade ao efluente final, atingindo os padrões de lançamento de efluentes fixados na Resolução CONAMA 430/2011.



Atenção

É indispensável considerar os padrões permitidos para o lançamento de efluentes, a classificação dos rios, a qualidade final requerida após o lançamento de efluentes e o estudo de impactos, atentando sempre para o que dispõem as normas, resoluções, decretos, leis estaduais e federais.



Lembre-se

A escolha do tratamento deve considerar a área disponível para o projeto, os recursos financeiros e a expectativa de eficiência no tratamento.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender os aspectos legais pertinentes ao tratamento de águas residuárias.
3. Conteúdos relacionados	Técnicas de tratamento, decantação, coagulação, floculação, sedimentação, flotação, processos químicos, físicos e biológicos.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos	
4. Descrição da SP	Um dos graves problemas ambientais da atualidade é a escassez de água. Diante deste cenário, a legislação ambiental tem ficado mais rigorosa e o descarte de efluentes deve seguir um controle cada vez mais rígido de qualidade. Por isso, muitas indústrias possuem sistemas de tratamento de seus efluentes, considerando suas especificidades. Suponha que você foi recém-contratado por uma grande lavanderia industrial e é responsável pelo tratamento de efluentes desta indústria. Sabe-se que uma diversidade de produtos é empregada no processo de lavagem, como tensoativos, amaciantes, alvejantes e tinturas. Neste contexto, quais seriam as técnicas de tratamento do efluente? Qual processo é responsável pela remoção de cor e turbidez desse efluente?
5. Resolução da SP	O tratamento de efluentes dessa indústria consiste inicialmente no gradeamento, para remoção de fibras de tecidos mais grosseiras. Em seguida, utiliza-se a técnica de coagulação-floculação para remoção de partículas e substâncias finais. A coagulação-floculação consiste na adição de um coagulante químico que promova a formação de floculos que carregam as impurezas. Desta forma, obtém-se a remoção da cor e da turbidez do efluente. No caso específico dos efluentes de lavanderia, utiliza-se como coagulante o carvão ativado.



Lembre-se

Os diferentes setores industriais geram efluentes com características distintas. Logo, deve-se considerar as características físico-químicas dos efluentes para traçar a melhor técnica de tratamento.



Faça você mesmo

Faça uma busca na internet por artigos científicos que abordem o tratamento de efluentes industriais da indústria têxtil. Separe quatro artigos científicos e compare as técnicas de tratamento utilizadas em cada um. Em seguida, anote qual é a melhor técnica aplicada, considerando aspectos de viabilidade econômica.

Faça valer a pena

1. O tratamento terciário, ou tratamento avançado, é constituído de unidades e processos de tratamento físico-químico com a finalidade de remover impurezas específicas ou que não foram removidas nos tratamentos anteriores. Assinale, entre os processos e unidades listados a seguir, aquele que faz parte desta etapa:

- Caixas de areia.
- Gradeamento.

- c) Decantação secundária.
- d) Osmose reversa.
- e) Espessamento do lodo.

2. No tratamento prévio ou preliminar do esgoto busca-se remover sólidos grosseiros, areia, óleos ou graxas. Porém, o efluente ainda possui uma elevada presença de sólidos em suspensão e, por isso, segue para o tratamento primário. Os equipamentos utilizados no tratamento primário são:

- a) Gradeamento, caixas de areia e tanque de equalização.
- b) Gradeamento, tanque de sedimentação e tanque de equalização.
- c) Tanque de sedimentação e leito de secagem.
- d) Tanque de equalização e leito de secagem.
- e) Gradeamento, decantador secundário e leito de secagem.

3. O tratamento de esgoto busca basicamente remover os sólidos presentes no esgoto. Em cada nível de tratamento são removidos sólidos grosseiros, sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e também a matéria orgânica e os microrganismos patogênicos. Com relação ao tratamento prévio, a unidade de gradeamento tem a finalidade de:

- a) Remover patógenos.
- b) Remover sólidos grosseiros em suspensão.
- c) Remover materiais miúdos em suspensão.
- d) Remover substâncias orgânicas dissolvidas.
- e) Remover matéria orgânica biodegradável.

Sistemas de tratamento de águas residuais

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Abordamos nas Seções 4.1 e 4.2 as principais definições, legislações e técnicas de tratamento de águas residuais, as vantagens e desvantagens de cada técnica e como escolher o sistema ideal, considerando as especificidades e os objetivos a serem alcançados.

Retomando a situação da realidade profissional, você é funcionário de uma empresa na área de saneamento ambiental. Diante disso, sua empresa irá construir uma nova estação de tratamento de água residual (ETAR) em determinado município, e você é o responsável técnico pelo projeto teórico do empreendimento. Você já levantou dados sobre as legislações vigentes, conheceu as definições de hidráulica importantes para o tratamento de águas residuárias e também definiu os níveis de tratamento.

Agora você deve agregar ao projeto os principais sistemas de tratamento de águas residuárias (fase sólida e fase líquida). Vale lembrar que a nova unidade a ser instalada receberá praticamente um único tipo de água residuária, que será a proveniente de esgotos domésticos. Nas etapas desenvolvidas anteriormente você percebeu que o esgoto doméstico possui características distintas de uma região para outra, que estão relacionadas com o número de habitantes, os hábitos locais, as características econômicas do centro urbano, a educação, o comportamento e a conscientização popular. Portanto, tais fatores devem ser considerados para se definir o melhor sistema de tratamento a ser adotado.

Considerando os fatores relacionados anteriormente, agora você deve agregar ao projeto os principais sistemas de tratamento de águas residuárias (fase sólida e fase líquida). Por isso, identifique quais são os sistemas de tratamento de águas residuárias para a fase líquida. Destes sistemas, qual é o mais recomendado para pequenas comunidades? Com relação à fase sólida, quais são os procedimentos para o lodo? Nesta etapa você deverá redigir são os procedimentos de tratamento para a fase líquida, bem como para o lodo.

Para responder a esses questionamentos é preciso que você tenha conhecimento sobre os processos de tratamento e saiba quais são as suas finalidades. Além disso, é preciso conhecer os sistemas de tratamento de águas residuárias nos níveis secundário e terciário de tratamento, bem como suas vantagens e desvantagens.

Nos estudos da Seção 4.1 desta unidade, você aprendeu sobre as legislações vigentes que buscam garantir a preservação dos recursos hídricos. Em seguida, na Seção 4.2, foram apresentados os níveis de tratamento de águas residuárias que objetivam anteder aos padrões ambientais estabelecidos nas Resoluções CONAMA 357/05 e 430/2011. Nesta Seção 4.3, o nosso objeto de estudo serão os sistemas de tratamento de água residuária em nível secundário e terciário, bem como o tratamento da fase sólida.

Antes de aprofundar os estudos de cada sistema, é preciso conhecer aspectos importantes sobre os processos biológicos de decomposição da matéria orgânica. O tratamento secundário, também chamado de tratamento biológico, objetiva remover a matéria orgânica (MO) presente no efluente. Para alcançar tal meta, são utilizados agentes biológicos (bactérias), naturalmente presentes nas águas residuárias e nos corpos d'água e que degradam a MO. Vamos entender melhor este processo.

Os efluentes líquidos lançados nos corpos d'água alteram o ambiente natural, pois são ricos em MO. O ambiente reage a essa alteração, procurando o equilíbrio e, assim, desencadeando processos naturais de autodepuração, em que ocorre a neutralização das cargas poluidoras de origem orgânica. Neste processo, as bactérias que degradam a MO são divididas em dois grupos: as aeróbias e as anaeróbias. As bactérias aeróbias utilizam o oxigênio dissolvido (OD) na água para sua respiração e a MO como fonte de alimento. Estas bactérias encontram-se mais próximas à superfície do corpo d'água, onde a incidência de luz é maior, o que permite a fotossíntese pelo fitoplâncton, que produz o OD. No entanto, quando o consumo de oxigênio é superior à sua condição de produção pelo fitoplâncton, a concentração de oxigênio decresce, criando um novo ambiente que permite a formação de colônias de microrganismos decompositores anaeróbios. As bactérias anaeróbias também se alimentam de MO, porém na ausência de oxigênio. Com isso, a junção dos dois grupos de bactérias, aeróbias e anaeróbias, cria um ciclo de biodegradação natural.



Vocabulário

Autodepuração: capacidade de um corpo d'água de restaurar suas características ambientais por meio da decomposição biológica de poluentes.

Fitoplâncton: conjunto dos organismos aquáticos microscópicos que têm capacidade fotossintética e que, conseqüentemente, liberam oxigênio na água.



Refleta

Caso ocorra com frequência o lançamento de águas residuárias em um mesmo corpo d'água, quais serão as consequências de um ciclo de biodegradação para a vida aquática?

Como podemos observar, a degradação da MO é um processo natural, cujos princípios utilizamos para o tratamento de águas residuárias em estações de tratamento (ETAR). Nas estações de tratamento, para que a degradação seja efetiva, devemos controlar diversos fatores, como pressão, concentração de OD e temperatura. Na natureza, o OD é incorporado aos corpos d'água por meio da pressão atmosférica aliada aos movimentos da água, e também por meio da produção realizada pelo fitoplâncton. Nas estações de tratamento, porém, o OD deve ser introduzido artificialmente ou naturalmente em filtros biológicos. A temperatura é outro fator importante nos sistemas de tratamento, pois ela influencia o metabolismo microbiano, no qual quanto maior é a temperatura maior é a atividade microbiana.



Assimile

Para que estas bactérias cresçam e promovam a decomposição é preciso controlar as condições de operação dos sistemas, como temperatura e oxigênio dissolvido (OD).

Agora que já compreendemos os principais aspectos relacionados aos processos biológicos de decomposição da MO e nos lembramos das definições de hidráulica abordadas na Seção 4.1, vamos aprofundar nossos estudos sobre os sistemas de tratamento.

O primeiro sistema a ser estudado é o do lodo ativado, presente no nível secundário, considerado o mais adotado mundialmente. Este sistema consiste na introdução de oxigênio nos reatores (tanques de aeração) para promover o crescimento das bactérias aeróbias. Nesses reatores, as bactérias formam flocos com polissacarídeos, produzidos por elas mesmas, nos quais a matéria orgânica vai aderindo e ao mesmo tempo sendo degradada. Esses flocos formam o chamado lodo secundário e são retirados no decantador secundário. Parte desse lodo secundário retorna ao reator para garantir a concentração de flocos biológicos no sistema, assegurando sua eficiência. A outra parte é descartada e segue para o tratamento da fase sólida. Nuvolari e Costa (2010) e Von Sperling (1996), importantes autores sobre o tema, ressaltam que este sistema resulta em menor área para implantação, mas requer alto grau de mecanização, além de elevado consumo energético. Além disso, este sistema possui alta eficiência de remoção de MO devido ao pequeno tempo

de detenção hidráulica (TDH). Porém, a remoção de coliformes é baixa devido ao baixo TDH.

Nuvolari e Costa (2010) afirmam que nos lodos ativados convencionais, como o descrito anteriormente, o TDH varia entre 6 e 8 horas e o tempo de retenção celular (idade do lodo) em torno de 3 a 10 dias. Porém, há sistemas de lodos ativados por aeração prolongada (fluxo contínuo), em que o lodo permanece mais tempo no reator, cerca de 18 a 30 dias, e para isso o reator deve possuir maiores dimensões. Outro tipo de sistema de lodos ativados é o por batelada (fluxo intermitente). Neste sistema ocorrem todas as etapas do tratamento em uma única unidade, sendo que tais etapas são separadas apenas no tempo, por meio do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas. O lodo permanece no reator em todos os ciclos, sem que haja a necessidade de recirculação de lodo, sendo posteriormente retirado e já encaminhado para descarte. Este sistema requer uma menor área de implantação e sua construção é mais simples, além de não haver necessidade de bombear o lodo recirculado. Porém, requer mão de obra especializada para operação e avaliação do processo.

Outra opção de tratamento biológico eficiente e bastante utilizada é o sistema de lagoa de estabilização. Este sistema é indicado para o tratamento de esgotos sanitários de pequenas comunidades, considerando que apesar de requerer grandes áreas possui baixos custos e é de fácil operação. Consiste em reservatórios escavados diretamente no solo, montando um sistema de lagoas, que podem ser feitas de várias formas, conforme Von Sperling (1996) descreve: lagoas facultativas; lagoas anaeróbias; lagoas aeradas facultativas; sistema de lagoas aeradas de mistura completa seguidas por lagoas de sedimentação; e lagoas de maturação.

As lagoas facultativas baseiam-se nos processos naturais de autodepuração, em que criam-se condições favoráveis ao sistema aeróbio na parte superior e favoráveis ao anaeróbio na parte inferior. O efluente entra por uma extremidade e sai pela outra, com tempos de detenção calculados que permitam a estabilização da MO. As lagoas anaeróbias são menores e mais profundas para evitar a entrada de oxigênio. Neste sistema, há formação de subprodutos de alto poder energético, como o biogás, mas que não podem ser reaproveitados, sendo, portanto, uma desvantagem do sistema. Nuvolari e Costa (2010) sugerem que, para melhorar sua eficiência global, é possível complementar o sistema anaeróbio como o sistema de lagoas facultativas. As lagoas de maturação possuem a função de destruir os organismos patogênicos por meio da radiação solar, e por isso não são profundas. A lagoa aerada é indicada quando se tem uma pequena área disponível para o tratamento, porém é altamente mecanizada para introdução artificial de OD,

exigindo maior manutenção, além de altos gastos com energia elétrica. Em alguns casos, após a lagoa de aeração é necessária a lagoa de sedimentação para que os sólidos suspensos sejam decantados. Neste caso, a desvantagem seria a constante remoção de lodo.

Uma alternativa econômica de tratamento de águas residuárias domésticas é a fossa séptica. Este sistema se constitui em uma câmara fechada com o objetivo de reter os despejos por um período de tempo. Durante este tempo ocorrerá a sedimentação dos sólidos, como ocorre no decantador primário e no digestor de lodo dos outros sistemas. O lodo deve ser removido periodicamente. Após a fossa séptica pode-se encaminhar o efluente para o filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FAFA), em que a formação de um filme biológico sob condições anaeróbias promoverá a decomposição da matéria orgânica. A implementação da fossa séptica é simples, pois requer pequenas áreas, e, além disso, as fossas são fáceis de manusear. Porém, pelo fato de o sistema ser anaeróbio, podem ocorrer maus odores. Além disso, é necessária a instalação de uma caixa de gordura antes da entrada de efluentes para evitar sua infiltração nas unidades subsequentes (TELLES, 2010).

A fase sólida ou o lodo proveniente do tratamento de águas residuárias consiste em um material heterogêneo bastante rico em MO e com alto teor de umidade. Por isso, o tratamento do lodo tem como objetivo reduzir o volume e o teor de matéria orgânica (estabilização). Para isso, o lodo pode passar por processos de espessamento, estabilização, condicionamento químico e desaguamento. No espessamento utilizam-se unidades similares aos decantadores secundários, em que a sedimentação dos sólidos pode ocorrer por gravidade ou por flotação. A estabilização do lodo é necessária para mineralizar a matéria orgânica e reduzir os microrganismos patogênicos por meio de processos que ocorrem em biodigestores anaeróbios. O condicionamento químico se caracteriza pela adição de produtos químicos, como cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos, visando à coagulação de sólidos e à remoção da água. O desaguamento também é utilizado para diminuir o volume do lodo. O lodo após desaguamento recebe o nome de torta e segue para equipamentos peletizadores que a desidratam em altas temperaturas. Este processo pode ocorrer em leitos de secagem, lagoas de lodo, equipamentos mecânicos e secadores térmicos.



Vocabulário

Peletização: transformação de farelos em grânulos.

A disposição final do lodo, após os tratamentos descritos anteriormente, é uma grande preocupação mundial devido ao imenso volume de lodo produzido. Atualmente, diversas técnicas têm em vista utilizar o lodo como matéria-prima, em adubos orgânicos, recuperação de áreas degradadas, tijolos de cerâmica vermelha, fertilizantes organominerais, entre outros. Porém, as disposições finais predominantes para o lodo ainda são os aterros sanitários ou a incineração.

Para encerrar nossa seção, abordaremos alguns métodos de tratamento a nível terciário, enfocando a remoção de compostos orgânicos e a desinfecção. A remoção dos compostos orgânicos pode ser realizada por meio de oxidação e adsorção com carvão ativado ou pela ozonização. A desinfecção pode ser realizada por meio de agentes químicos ou físicos, como cloro, ozônio, dióxido de cloro, permanganato de potássio, cloraminas, radiação ultravioleta, entre outros.

O carvão ativado é um material poroso, com grande área superficial e que permite a adsorção de compostos orgânicos e posterior degradação. Mas para que isso ocorra são necessárias altas temperaturas, e por isso o sistema requer fornos especiais. É um sistema mais utilizado para tratamento de águas potáveis e industriais. A ozonização é o sistema mais utilizado atualmente por possuir alta eficiência de remoção de compostos orgânicos, com reduzida formação de subprodutos, e por ser um excelente sistema de eliminação de microrganismos. Além disso, o ozônio é um oxidante forte, sendo altamente reativo com a água e de fácil obtenção (luz ultravioleta ou descarga elétrica). O ozônio em contato com a água residuária reduz os metais pesados às suas formas insolúveis, destrói hidrocarbonetos, mineraliza compostos orgânicos e eleva o potencial redox da água, causando precipitação dos patogênicos que podem facilmente ser removidos por filtração (BORGES, 2000). Porém, Nuvolari e Costa (2010) ressaltam que é preciso atentar para a temperatura máxima de operação, pois a taxa de decomposição do ozônio se torna elevada acima de 55°C.

Por fim, a desinfecção é necessária para se obter um controle epidemiológico, controle do gosto e do odor e remoção da cor. O cloro gasoso (Cl₂) é sem dúvida o principal desinfetante utilizado para tratamento de águas devido ao baixo custo e à praticidade. A adição de cloro permite um residual importante para garantir a qualidade da água, desde a saída da estação de tratamento de água (ETA) até o consumidor. Porém, este sistema não é recomendado para o tratamento de águas residuárias, embora bastante difundido, pois gera subprodutos tóxicos à biota e ao corpo receptor. Esta mesma desvantagem é encontrada na desinfecção por dióxido de cloro.

O permanganato de potássio é um agente oxidante eficaz na oxidação

de ferro e manganês e não apresenta formação de subprodutos, porém possui custo elevado e é um desinfetante pobre contra microrganismos (NUVOLARI, 2003). O uso de cloraminas não é indicado, pois apesar de controlar gosto e odores, apresenta poder desinfetante fraco e a formação de subprodutos ainda é desconhecida. A radiação ultravioleta (UV) não é suficiente para alcançar a degradação de compostos orgânicos (TAMBOSI, 2008), mas tem sido utilizada para degradação de compostos farmacêuticos (NAKAJIMA *et al.*, 2005) e eliminação de patógenos. Apresenta como vantagens a não agressão ao meio ambiente e o baixo custo de investimento e manutenção. Além disso, não há adição de produtos químicos, sendo compatível com outros sistemas de tratamento (osmose reversa, filtração).

Além dos sistemas descritos, no tratamento avançado também busca-se a remoção de componentes tóxicos, como os metais pesados, mais presentes em águas residuárias industriais. O método mais utilizado atualmente para remoção desses metais é a precipitação química, que pode ser feita pela adição de uma base (geralmente hidróxido de cálcio), favorecendo a formação de produtos insolúveis sob a forma de hidróxidos e óxidos. Processos subsequentes de sedimentação e filtração são então realizados para que, posteriormente, a água tratada possa ser recuperada (JIMENEZ; DAL BOSCO; CARVALHO, 2004). Atente para o fato de que, para a escolha do tipo de tratamento a ser adotado, é necessário que se faça uma análise criteriosa dos aspectos técnicos e econômicos.



Faça você mesmo

A desinfecção para tratamento de águas pode ser realizada por meio de agentes químicos e físicos, sendo a adição de cloro o sistema mais utilizado atualmente. Faça uma busca na internet, em artigos científicos recentes, sobre novas tecnologias de desinfecção, considerando, sobretudo, a remoção de patógenos.

Sem medo de errar

Agora que conheceu os principais conceitos e legislações, e aprendeu sobre as técnicas e sistemas de tratamento de águas residuárias, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos lembrá-la?

Você é o responsável técnico pelo projeto teórico deste empreendimento e já está no estágio avançado do projeto. Nesta etapa você deve agregar ao projeto os principais sistemas de tratamento de águas residuárias (fase sólida e fase líquida). O esgoto doméstico possui características distintas de uma

região para outra, que estão relacionadas com o número de habitantes, os hábitos locais, as características econômicas do centro urbano, a educação, o comportamento e a conscientização popular. Considerando os fatores relacionados anteriormente, identifique quais são os sistemas de tratamento de águas residuárias para a fase líquida. Desses sistemas, qual é o mais recomendado para pequenas comunidades? Quais são os procedimentos para o lodo (fase sólida)?

Os principais sistemas de tratamento da fase líquida de águas residuárias são o lodo ativado, as lagoas de estabilização e a fossa séptica. O lodo ativado caracteriza-se pela introdução de oxigênio nos reatores para promover o crescimento das bactérias aeróbias, que irão degradar a matéria orgânica. As bactérias formam flocos, que após sedimentação, recebem o nome de lodo. Parte desse lodo retorna ao reator para garantir a concentração de flocos biológicos, permitindo assim a continuidade da degradação pelos microrganismos. As lagoas de estabilização baseiam-se nos princípios de autodepuração natural e, portanto, requerem zonas aeróbias e anaeróbias, ou o conjunto delas. Outro sistema de tratamento importante e mais recomendado para pequenas comunidades (como povoados rurais) é a fossa séptica, por ser de fácil manuseio e baixo custo. Nesse sistema, uma câmara fechada recebe os despejos por um tempo. Nessa câmara os sólidos irão sedimentar. O lodo então deve ser removido, encaminhado para os processos de redução do volume e da matéria orgânica (espessamento, estabilização, condicionamento químico e desaguamento) e, por fim, encaminhado para destinação final (aterros sanitários ou incineração). A fase líquida segue então para um reator para decomposição da matéria orgânica. Finalmente, para a desinfecção da fase líquida de águas residuárias recomenda-se a radiação ultravioleta (UV), por não gerar subprodutos tóxicos à biota aquática. Sendo assim, elabore um relatório técnico com os questionamentos anteriores como parte do produto a ser apresentado ao final desta unidade.



Atenção

Para garantir o bom funcionamento do sistema de lodo ativado é preciso controlar fatores como concentração de oxigênio dissolvido e temperatura.



Lembre-se

A desinfecção por adição de cloro é recomendada para tratamento de águas de abastecimento, e não para tratamento de águas residuárias, visto que o cloro residual é prejudicial à biota aquática.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender os aspectos legais pertinentes ao tratamento de águas residuárias.
3. Conteúdos relacionados	Tratamento biológico, lodo ativado, lagoa de estabilização, reator, fossa séptica, remoção de matéria orgânica, tratamento do lodo.
4. Descrição da SP	Em Ribeirão Preto-SP, na ETE de Caiçara, o sistema de tratamento de águas residuárias utilizado é o de lodo ativado por aeração prolongada (fluxo contínuo). Suponha que você seja um recém-contratado desta ETE e será responsável por manter o sistema funcionando, garantindo assim a eficiência do tratamento. Qual é a diferença entre este sistema e o sistema convencional de lodos ativados? Em que consiste este sistema de fluxo contínuo? Quais são as características do reator neste sistema?
5. Resolução da SP	O processo de lodo ativado consiste na introdução de oxigênio em uma unidade específica (tanques de aeração), garantindo que os microrganismos aeróbios cresçam em grandes quantidades e promovam a degradação da matéria orgânica. Porém, no sistema de lodos ativados por aeração prolongada (fluxo contínuo) a biomassa permanece mais tempo no reator (18 a 30 dias), promovendo um lodo já estabilizado. Isto permite que não seja necessário encaminhar o lodo para o digestor. Para que este sistema funcione, o reator (tanque de aeração) deve possuir maiores dimensões e apresentar menores concentrações de matéria orgânica por unidade de volume e menor disponibilidade de alimento.



Lembre-se

Existem diversos tipos de tratamento biológico que podem ser utilizados no tratamento de águas residuárias. Por isso, para a escolha do tipo adequado, deve-se considerar a vazão e a carga orgânica do efluente.



Faça você mesmo

O processo de lodos ativados possui diversas variantes, mas consiste basicamente na introdução de oxigênio no reator, para que os micror-

ganismos cresçam e degradem a matéria orgânica. Considerando as variantes citadas anteriormente, busque na internet, em artigos científicos, qual é o melhor sistema de lodo ativado para o tratamento de águas residuárias de um curtume.

Faça valer a pena

1. O sistema de lagoa de estabilização é um tratamento a nível secundário cujo objetivo principal é a degradação da matéria orgânica. Trata-se de um sistema altamente eficiente, sendo um dos mais utilizados no Brasil. Sobre este sistema é correto afirmar:

- a) O sistema compreende três lagoas, sendo todas anaeróbias.
- b) O sistema compreende apenas duas lagoas, ambas anaeróbias.
- c) O sistema compreende apenas duas lagoas, ambas aeróbias.
- d) O sistema compreende três lagoas, sendo todas aeróbias.
- e) O sistema compreende diversas lagoas, como facultativas, aeróbias e anaeróbias.

2. A degradação da matéria orgânica pode ocorrer por meio de diferentes sistemas (por exemplo, por meio da fossa séptica). A fossa séptica é projetada para receber efluentes de despejos domésticos. Neste sistema, a matéria orgânica é degradada por microrganismos:

- a) Aeróbios, apenas.
- b) Anaeróbios, apenas.
- c) Aeróbios e anaeróbios.
- d) Aeróbios facultativos, apenas.
- e) Anaeróbios facultativos, apenas.

3. Os sistemas de lagoas de estabilização são a forma mais simples para tratamento de esgotos, apresentando diversas variantes com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área. Faz parte deste sistema a lagoa de maturação, que possui como característica principal:

- a) Remoção exclusivamente de metais pesados.
- b) Degradação anaeróbia de matéria orgânica.
- c) Remoção exclusivamente de nutrientes.
- d) Destruição de organismos patogênicos.
- e) Remoção de metais pesados e organismos patogênicos.

Dimensionamentos de sistemas de tratamento de águas residuais

Diálogo aberto

Olá, aluno, seja bem-vindo!

Chegamos à última seção desta unidade! Assim, convido você a conhecer os principais parâmetros utilizados para o dimensionamento e a manutenção de sistemas de tratamento de águas residuárias.

Retomando a situação da realidade profissional, você é funcionário de uma empresa na área de saneamento ambiental. Diante disso, sua empresa irá construir uma nova estação de tratamento de água residual (ETAR) em determinado município, e você é o responsável técnico pelo projeto teórico do empreendimento. Você já levantou dados sobre as legislações vigentes, conheceu as definições de hidráulica importantes para o tratamento de águas residuárias, definiu os níveis de tratamento e identificou os principais sistemas e técnicas de tratamento. Agora, na última etapa de desenvolvimento do seu produto, que será o projeto teórico de uma estação de tratamento de água residuária, você deverá descrever os principais parâmetros a serem considerados no dimensionamento das estações de tratamento de águas residuárias domésticas.

Portanto, quais são os parâmetros? Qual é a importância destes parâmetros? Quais são as condições exigidas para o lançamento de águas residuárias após tratamento, segundo as Resoluções CONAMA 375/2006 e 430/2011?

Para responder a esses questionamentos é preciso que você tenha conhecimento sobre os níveis de tratamento e saiba quais são as suas finalidades. Além disso, para compreender os parâmetros de dimensionamento de estações de tratamento de águas residuárias, é preciso conhecer os sistemas de tratamento de águas residuárias e os padrões e condições que devem ser atendidos de acordo com a legislação vigente.

Nas seções anteriores você aprendeu definições importantes referentes ao tratamento de águas residuárias e estudou as principais legislações vigentes sobre o tema. Estudou também os níveis de tratamento e conheceu as principais técnicas e sistemas de tratamento. Nesta última seção iremos abordar os parâmetros utilizados para o dimensionamento das estações de tratamento de águas residuárias, com destaque para o tratamento do esgoto sanitário.

Entre os vários tipos de impurezas contidas no esgoto sanitário, alguns possuem maior importância nas diretrizes do tratamento escolhido, sendo avaliados por alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos, especificados no Quadro 4.3a.

Quadro 4.3a | Principais parâmetros no tratamento do esgoto sanitário

Físicos	Químicos	Biológicos
Temperatura Cor Turbidez Odor	Sólidos Potencial hidrogeni- ônico (pH) DBO5 DQO OD Nitrogênio total Fósforo total	Coliformes totais Coliformes fecais <i>Enterococcus</i> fecais Organismos patogê- nicos

Fonte: adaptado de Telles e Costa (2010, p. 29).



Vocabulário

Potencial hidrogeniônico (pH): indica a acidez, a neutralidade ou a alcalinidade de uma solução aquosa.

DBO5: medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica.

A temperatura da água residuária doméstica (esgoto sanitário) é ligeiramente superior à da água de abastecimento, variando entre 20°C e 25°C. Este é um parâmetro importante, pois está diretamente relacionado à decomposição da matéria orgânica. A faixa ideal de temperatura da atividade biológica dos microrganismos que degradam a matéria orgânica é de 25°C a 35°C. Além disso, segundo a Lei de Henry (1801), a solubilidade dos gases é menor em temperaturas elevadas, ou seja, em um efluente muito quente a solubilidade de oxigênio e dióxido de carbono é diminuída, afetando assim a decomposição da matéria orgânica por microrganismos aeróbios e anaeróbios. Contudo, Callister (2008) ressalta que temperaturas mais elevadas favorecem a sedimentação, pois diminuem a viscosidade dos fluidos. No caso dos

efluentes industriais a temperatura pode ser mais elevada, considerando sua origem no processo produtivo - por exemplo, água residuária de caldeiras.

Os parâmetros cor e turbidez são facilmente detectáveis nas estações de tratamento de águas residuárias domésticas. A cor ligeiramente cinza refere-se ao esgoto fresco, enquanto a cor cinza escura ou preta refere-se ao esgoto velho ou séptico. A turbidez é causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão. Esgotos mais frescos e mais concentrados apresentam maior turbidez (JUNIOR, 2014). Portanto, a cor e a turbidez expressam a idade do esgoto sanitário. Já o odor é causado pela formação de gases provenientes da decomposição da matéria orgânica. Porém, quando o odor é mais forte (de ovo podre) significa que o esgoto está há mais tempo em decomposição, devido à formação de gás sulfídrico (H_2S). Ressalta-se que os efluentes industriais, de acordo com o ramo e a atividade, podem possuir cor, turbidez e odores característicos. Por exemplo, nas indústrias têxteis, a cor das águas residuárias reflete as tintas utilizadas no processo produtivo.

Os sólidos podem ser classificados de acordo com seu tamanho (sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos), características químicas (sólidos voláteis e sólidos fixos) e decantabilidade (sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos em suspensão não sedimentáveis). Essas características são importantes para determinar a técnica e o sistema de tratamento. Por exemplo, conhecendo o tamanho dos sólidos presentes em uma água residuária que passará por tratamento, é possível determinar a melhor técnica de separação (tamanho das grades, caixa de areia, etc.). O mesmo é válido para as características químicas de decantabilidade (decantação, floculação, coagulação, etc.). Para cada tipo ou característica do sólido existem técnicas e sistemas mais apropriados de remoção.

A degradação biológica da matéria orgânica tende a reduzir o pH. Portanto, este deve ser controlado de forma a garantir a estabilização da matéria orgânica e a sobrevivência dos microrganismos. A DBO₅, DQO e OD são parâmetros indicadores de matéria orgânica carbonácea, que é baseada no carbono orgânico (compostos de proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas, etc.). São parâmetros importantes, pois estão relacionados ao consumo de oxigênio requerido pelos microrganismos para a decomposição. A DBO₅ está diretamente relacionada ao OD, pois quanto maior for a DBO₅ menor será a concentração de OD na água, uma vez que o mesmo é utilizado por microrganismos para degradação da matéria orgânica. Dessa forma, conhecendo-se as características da matéria orgânica, é possível determinar o melhor sistema de decomposição biológica (lodos ativados, lagoas de estabilização, etc.).

A autora Costa (2010), referência no assunto, ressalta que a presença de óleos e gorduras não é desejável nas estações de tratamento de esgoto, uma vez que podem causar entupimento, provocar odores desagradáveis, formar uma camada de matéria flutuante nos decantadores e entupir os filtros, inibir a atividade biológica e trazer problemas de manutenção. Recomenda-se, ainda, no tratamento prévio, o uso de um tanque para remoção de óleos e graxas (tanque de equalização). Os surfactantes são moléculas orgânicas com propriedade de formar uma espuma estável e difícil de degradar, e são provenientes, por exemplo, de detergentes. Hoje, utilizam-se detergentes biodegradáveis, evitando a formação dessa espuma.

Outros parâmetros químicos importantes para o dimensionamento das estações de tratamento são o nitrogênio e o fósforo totais. O nitrogênio pode ser encontrado como nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. O fósforo pode estar presente na água residuária em três formas: ortofosfato (diretamente disponível para o metabolismo biológico), polifosfato (mais complexo) e fósforo orgânico (nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos). Além disso, o fósforo é uma substância importante para a estabilização da matéria orgânica. Ambos, nitrogênio e fósforo, são relevantes para o crescimento das algas e indispensáveis para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos. Porém, em grandes quantidades podem causar a eutrofização, processo pelo qual o acúmulo de matéria orgânica na água aumenta a quantidade de biomassa (microrganismos decompositores), que leva a uma diminuição do OD, provocando a morte de muitos organismos.



Refleta

Imagine se todo o esgoto sanitário fosse lançado diretamente nos corpos d'água, sem tratamento. Quais seriam as consequências para a comunidade aquática?

Sobre os parâmetros biológicos, devemos atentar aos indicadores de contaminação fecal. Bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas são os microrganismos mais importantes no esgoto sanitário (NUVOLARI, 2003). Segundo Nuvolari (2003), as análises para se determinar a presença de microrganismos patogênicos são inviáveis devido a seus altos custos, além de necessitarem de tempo para se obter os resultados. De acordo com o autor, utilizam-se no mundo todo grupos de bactérias indicadoras de contaminação fecal, por estarem presentes no trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente. São usados, por exemplo, os coliformes totais, os coliformes fecais ou termotolerantes e os *Enterococcus* fecais.

Franco (2003) destaca que os coliformes totais referem-se a um grupo de bactérias pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, que são ativas na faixa de temperatura entre 35-37°C. Nem todos os coliformes são patogênicos. Destes, apenas a *Escherichia coli* tem como habitat primário o trato intestinal do homem e animais homeotérmicos. Apesar de estar presente no intestino humano, a *Escherichia coli* pode causar doenças como a gastroenterite e infecção urinária, por exemplo. Os demais coliformes, além de serem encontrados nas fezes, também estão presentes em outros ambientes, como na vegetação e no solo. O mesmo autor descreve os coliformes fecais como sendo um grupo de bactérias que apresenta a capacidade de continuar ativo mesmo quando incubado a temperaturas de 44-45°C, como no caso da *Escherichia coli*.

Franco (2003) ressalta que as bactérias do gênero *Enterococcus* pertenciam ao subgrupo do gênero *Streptococcus*, mas, a partir de 1984, passaram a pertencer ao gênero *Enterococcus*, sistemas e métodos sendo as espécies mais comuns *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium*. Dentre outros microrganismos patogênicos de grande relevância epidemiológica encontrados nos esgotos sanitários, podemos citar alguns gêneros, como *Salmonella*, *Shigella*, **Entamoeba** e *Giardia*, causadores das doenças febre tifoide, disenteria bacilar, disenteria e infecção intestinal, respectivamente. Estes são apenas alguns microrganismos de relevância para o dimensionamento da estação de tratamento de esgoto, sobretudo para a escolha do melhor sistema de desinfecção (ozonização, cloração, cloraminação, etc.).



Assimile

Os principais organismos patogênicos encontrados nos esgotos sanitários pertencem aos gêneros: *Salmonella*, *Shigella*, *Entamoeba*, *Giardia* e *Escherichia*.

Conhecer e especificar todos estes parâmetros é imprescindível para determinar os níveis de tratamento (prévio, primário, secundário e terciário), as melhores técnicas e os sistemas de tratamento, objetivando atender às condições e aos padrões de lançamento estabelecidos em lei. Cabe ressaltar que os parâmetros visam atender às condições de lançamento de efluentes em corpos receptores fixadas pela Resolução CONAMA 430/2011, e, portanto, são obrigatórios. O Art. 16 desta Resolução traz que o efluente pode ser lançado diretamente no corpo receptor desde que atenda às exigências de lançamento do inciso I, que são: pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40°C, ausência de materiais flutuantes, DBO5 com remoção mínima de 60%, entre outras. Além disso, no inciso II, há uma lista de padrões de lançamento

para inorgânicos, como arsênio, bário, chumbo, entre outros. Já o Art. 21 traz as condições para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários. Neste caso, algumas condições são as mesmas apresentadas anteriormente, a saber: pH entre 5 e 9 e temperatura inferior a 40°C. Porém, a DBO5 será de no máximo 120 mg/L ou poderá ser ultrapassada caso o sistema de tratamento remova 60% da DBO5.

Para águas residuárias industriais, outros parâmetros devem ser analisados considerando as características do efluente. O Quadro 4.3b traz alguns parâmetros, de acordo com o ramo (atividade) industrial.

Quadro 4.3b | Parâmetros para águas residuárias industriais.

Ramo/atividade	Parâmetros
Papel/fábrica de papel e papelão	DBO, DQO, sólidos, pH e metais
Produtos químicos/inseticidas	Fenóis e metais
Produtos minerais não metálicos/cimento	Sólidos, óleos e graxas, pH e metais
Serviços pessoais/lavanderias	DBO, DQO, óleos e graxas, pH

Fonte: adaptado de Telles e Costa (2010, p. 44)

Observe, por exemplo, que a DBO, importante parâmetro químico de indicação de matéria orgânica, não é relevante nos efluentes industriais de produtos minerais não metálicos. Logo, outros parâmetros devem ser adotados. Dessa forma, torna-se imprescindível conhecer as características da água residuária a ser tratada para que os parâmetros, as técnicas e os sistemas sejam devidamente determinados.



Faça você mesmo

Faça uma busca na internet a fim de encontrar artigos científicos sobre os parâmetros de águas residuárias industriais, sobretudo do ramo de fabricação de papel. Neste efluente industrial, qual é o principal parâmetro a ser considerado? Qual é a sua importância?

Terminamos aqui nossos estudos referentes ao tratamento de águas residuárias. É importante que você busque mais informações e aprofundamentos em outros estudos, para que a sua aprendizagem seja efetiva. Além disso, realize as atividades propostas como forma de fixar o conteúdo e identificar as suas dificuldades.

Agora que complementou seus estudos sobre tratamento de águas residuárias, sobretudo em relação aos parâmetros a serem considerados neste tratamento, você já tem condições de buscar a resolução da situação-problema. Vamos relembra-la?

Você é o responsável técnico pelo projeto teórico de uma estação de tratamento de águas residuárias e já está no estágio final do projeto. Agora, na última etapa do projeto teórico de uma estação de tratamento de água residuária, você deverá abordar os principais parâmetros a serem considerados no dimensionamento das estações de tratamento. Você já abordou os níveis e sistemas de tratamento que objetivam remover estes poluentes a fim de atender às condições e aos padrões fixados na legislação atual. Portanto, quais são os parâmetros utilizados no dimensionamento de estações de tratamento de águas residuárias domésticas? Qual é a importância destes parâmetros? Quais são as condições exigidas para o lançamento de águas residuárias após tratamento, segundo as Resoluções CONAMA 375/2006 e 430/2011?

Diversos parâmetros devem ser considerados para o dimensionamento de uma estação de tratamento, tendo como meta escolher a melhor técnica e o sistema mais adequado para atender aos objetivos de remoção de poluentes. Estes parâmetros são divididos em físicos (cor, odor, temperatura, turbidez), químicos (sólidos, pH, DBO₅, DQO, OD, nitrogênio total e fósforo total) e biológicos (observando a presença de coliformes, Enterococcus e organismos patogênicos). Conhecendo tais parâmetros é possível, além de escolher o melhor sistema de tratamento, garantir a operação e o funcionamento do sistema. Os parâmetros físicos permitem determinar a melhor técnica de separação de sólidos (sedimentação, e decantação, etc.) e verificar se haverá necessidade de adição de produtos químicos (coagulação, flotação, etc). Os parâmetros indicadores de matéria orgânica (DBO₅, DQO e OD) permitem a manutenção das condições necessárias para que os microrganismos consigam degradá-la. Conhecer os parâmetros indicadores de contaminação fecal é de suma importância para se determinar o melhor sistema de desinfecção, promovendo a saúde da população, o controle epidemiológico de doenças de vinculação hídrica e a manutenção da viabilidade ambiental. Independentemente da técnica e do sistema adotados no dimensionamento de uma estação de tratamento de águas residuárias, todas devem atender às condições e aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 430/2011, que em seu Art. 21 traz como condições de lançamento para águas residuárias domésticas, após tratamento: pH entre 5 e 9 e temperatura inferior a 40°C. Além disso, a DBO₅ deve ser de no máximo 120 mg/L ou poderá ultrapassar este valor caso o sistema de tratamento remova 60% da DBO₅.



Atenção

Os parâmetros de projeto e operação de tratamento de águas residuárias domésticas e industriais diferem de acordo com o ramo ou atividade.



Lembre-se

Alguns dos principais parâmetros utilizados no tratamento da água residuária doméstica (esgoto sanitário) são os indicadores de matéria orgânica e os indicadores de contaminação fecal.

Avançando na prática

Pratique mais

Instrução

Desafiamos você a praticar o que aprendeu transferindo seus conhecimentos para novas situações que podem ser encontradas no ambiente de trabalho. Realize as atividades e depois compare-as com as de seus colegas.

Conceituando e classificando os resíduos sólidos

1. Competência Geral	Conhecer os aspectos gerais relacionados ao saneamento, à qualidade e ao tratamento de água e resíduos sólidos.
2. Objetivos de aprendizagem	Compreender os aspectos legais pertinentes ao tratamento de águas residuárias.
3. Conteúdos relacionados	Sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, indicadores de contaminação fecal, condições de lançamento
4. Descrição da SP	Em Uberaba-MG, na ETE Rio Uberaba, o sistema de tratamento de águas residuárias utilizado é o do tipo reatores anaeróbios de fluxo ascendente, seguido de uma série de lagoas aeradas. Suponha que você seja um recém-contratado desta ETE e será responsável por manter o sistema funcionando, garantindo assim a eficiência do tratamento. Quais são os parâmetros químicos de operação a serem observados para garantir a eficiência de remoção da matéria orgânica nesta ETE?
5. Resolução da SP	Independentemente do tipo de sistema adotado, dentre os principais parâmetros de projeto e operação das estações de tratamento de esgoto, destacam-se os sólidos, os indicadores de matéria orgânica carbonácea, o nitrogênio total e o fósforo total.



Lembre-se

Existem vários tipos de poluentes contidos nas águas residuárias domésticas, porém alguns possuem maior importância nas diretrizes do trata-

mento escolhido, como os indicadores de contaminação fecal, devido ao alto potencial para transmissão de doenças.



Faça você mesmo

As águas residuárias domésticas apresentam basicamente os mesmos poluentes. Porém, as águas residuárias industriais apresentam variações em suas características quantitativas e qualitativas, e, em consequência, variam também os parâmetros analisados. Por exemplo, as águas residuárias do ramo de produtos químicos (tintas, corantes, desinfetantes) não apresentam matéria orgânica, logo o parâmetro DBO não é utilizado. Faça uma busca em artigos científicos sobre os principais parâmetros analisados em efluentes da indústria de produtos químicos.

Faça valer a pena

1. Diversos parâmetros são utilizados para dimensionamento de estações de tratamento de águas residuárias, pois permitem determinar a melhor técnica e sistema operacional. Estes parâmetros são divididos em físicos, químicos e biológicos. Das alternativas a seguir, a que representa um parâmetro químico é:

- a) Turbidez.
- b) Temperatura.
- c) Coliformes totais.
- d) Fósforo total.
- e) Cor.

2. A temperatura constitui um importante parâmetro nas estações de tratamento de águas residuárias, pois interferem na atividade biológica e, consequentemente, na degradação da matéria orgânica. Sobre este assunto, assinale a alternativa correta.

- a) A temperatura ideal de degradação é entre 10°C e 25°C.
- b) A temperatura ideal de degradação é entre 15°C e 25°C.
- c) A temperatura ideal de degradação é entre 20°C e 30°C.
- d) A temperatura ideal de degradação é entre 25°C e 45°C.
- e) A temperatura ideal de degradação é entre 25°C e 35°C.

3. A temperatura, além de influenciar a degradação da matéria orgânica, influencia também a sedimentação dos sólidos, de forma que temperaturas mais _____ favorecem a sedimentação, pois _____ a viscosidade dos fluidos. As palavras que completam corretamente a sentença anterior são, respectivamente:

- a) Elevadas e diminuem.
- b) Elevadas e aumentam.
- c) Baixas e diminuem.
- d) Baixas e aumentam.
- e) Baixas e não alteram.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** - NBR-9648. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário** - NBR-102209. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 12p.
- BORGES, J. T.; GUIMARÃES, J. R. **A cloração e o residual de cloro na água**: uma abordagem polêmica. In: Seminário Nacional de Microbiologia Aplicada ao Saneamento, Vitória, 2000. Anais. Vitória – ES, ABES, 2000.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 13 mar. 2016.
- BRASIL. **Resolução Conama, nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 13 de mar. 2016.
- BRASIL. **Resolução Conama, nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 13 mar. 2016.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Ministério das Cidades, 2014. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2014/Diagnostico_AE2014.zip. Acesso em: 13 mar. 2016.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais**: uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 590 p.
- FRANCO, B. D. G. M. **Microbiologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.
- JIMENEZ, R. S.; DAL BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolécita – influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Quím. Nova** [online], v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004. ISSN 1678-7064. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000500011>. Acesso em: 13 mar. 2016.
- JUNIOR, G. N. da R. C. **Introdução ao tratamento de esgoto**. 2014. Disponível em: http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/SE_aula12.pdf. Acesso em: 16 mar. 2016.
- NAKAJIMA, A.; TAHARA, M.; YOSHIMURA, T.; NAKAZAWA, H. Determination of free

radicals generated from light exposed ketoprofen. J. **Photochem. Photobiol. A Chemistry**, v. 174, p. 89-97, 2005.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo: Blucher, 2003. 520 p.

NUVOLARI, A.; COSTA, R. H. P. C. Tratamento de efluentes. *In*: TEIXEIRA, E. P. **Reúso da água**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010. 408 p.

ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL SOS MATA ATLÂNTICA. **Dados gerais (todos os Estados)**. Resultados de todos os municípios, pontos de coletas e porcentagem dos Índices de Qualidade da Água, 2015. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2015/03/SOSMA_Agua2015_DadosGerai1.pdf. Acesso em: 13 mar. 2016.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

TAMBOSI, J. L. **Remoção de fármacos e avaliação de seus produtos de degradação através de tecnologias avançadas de tratamento**. Tese (Doutorado) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

TELLES, D. A.; COSTA, R. P. (Coord). **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: lagoas de estabilização. Belo Horizonte: ABES, 1996. v. 3.

ISBN 978-85-8482-425-0



9 788584 824250 >