

Alterações ambientais

Daniela Duncan/Getty Images



Figura 6.1. Esta fotografia de um lixão ilustra um exemplo preocupante do descaso com o ambiente. Ela evidencia também a enorme quantidade de sacos plásticos usados para envolver o lixo. A degradação desse material plástico é muito lenta. Hoje em dia, é comum o uso de sacolas retornáveis – as chamadas *ecobags* – no lugar das sacolas plásticas para as compras do dia a dia. Já parou para pensar quantas embalagens plásticas deixariam de ser gastas por dia, no seu bairro e na sua cidade, se todos adotassem as *ecobags*?



Pense nisso

- Que outras medidas simples poderiam minimizar os impactos do lixo no ambiente? Por que o lixo é tão prejudicial?
- Você conhece algum caso em que tenha ocorrido quebra do equilíbrio ambiental na região onde você mora? Explique.
- Na cidade onde você mora há sistema de coleta e tratamento do lixo? E sistema de tratamento de esgoto? Como isso é feito? Por que saber disso é importante para você?
- Você conhece alguma espécie da fauna da região onde você mora que esteja em risco de extinção? Qual?
- Imagine que alguns representantes de uma espécie de caracol que não habita determinada região tenham sido trazidos e deixados livres na natureza. Quais seriam as consequências que a introdução dessa espécie poderia trazer para o ambiente?

1. Introdução

Em qualquer ecossistema, todos os componentes, vivos ou não vivos, mantêm equilíbrio entre si, podendo-se falar em **equilíbrio ambiental**. Tanto um organismo como um ecossistema em seu todo têm o poder de se adaptar a pequenas alterações, restabelecendo o equilíbrio. No entanto, modificações bruscas ou violentas normalmente não são compensadas em prazos razoáveis, impondo quebra duradoura do equilíbrio, com reflexos danosos para a saúde do organismo ou de todo o ecossistema.

Por motivos didáticos, analisaremos separadamente as alterações bióticas e as abióticas responsáveis pela quebra do equilíbrio ambiental, mas é importante lembrar que, nos ecossistemas, fatores bióticos e abióticos estão em constante interação.

2. Alterações bióticas

Entre as alterações bióticas que podem provocar desequilíbrio em um ecossistema destacam-se a **introdução de espécies** e a **eliminação** ou **extinção de espécies**.

2.1. Introdução de espécies

Quando uma espécie exótica (que se instala em locais onde não é naturalmente encontrada) é introduzida em um ecossistema, é difícil prever as consequências. Uma possibilidade é que a espécie exótica seja mais eficiente do que as espécies nativas na utilização dos recursos do ambiente. A disponibilidade dos recursos que estariam destinados às espécies nativas diminui e, como consequência disso, há redução da abundância dessas espécies. Isso caracteriza um desequilíbrio ecológico. A situação se agrava quando a espécie introduzida não tem predadores naturais no novo ambiente, o que acelera muito seu crescimento populacional.

Existem vários casos de introdução de espécies no Brasil e no mundo, com consequências danosas ao meio.



Colocando em foco

O CARAMUJO GIGANTE AFRICANO

O caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Fig. 6.2) é nativo da África e foi introduzido no Brasil na década de 1980 como uma alternativa ao consumo de *escargot*. Sem aceitação no mercado, porém, os caramujos foram soltos no ambiente, onde encontraram condições ideais para se reproduzir devido ao clima e à ausência de predadores. Hoje são considerados pragas em várias regiões do país e combatidos, muitas vezes, de modo indiscriminado, o que tem colocado em risco as populações de espécies nativas semelhantes a eles e que acabam confundidas com o *Achatina*, como é o caso do *Megalobulimus* sp. Leia mais sobre o assunto no texto a seguir.

Impactos no meio ambiente

O caramujo africano invasor *Achatina fulica* foi introduzido no Brasil a partir de estados do Sul e Sudeste em pelo menos três ocasiões. [...] Populações densas dessa espécie vêm causando incômodos à populações humanas, danos a jardins e pequenas plantações, além de atuarem como transmissoras de duas zoonoses (angiostrongilíase abdominal e meningoencefalite eosinofílica) e outras parasitoses de interesse veterinário. [...]

Atualmente, o Brasil vive a fase explosiva da invasão de *Achatina fulica*, estando presente em 24 dos 26 estados brasileiros (sem registro apenas no Acre e Amapá) e no Distrito Federal [...].



Artur Keunecke/Pulsar Imagens

Figura 6.2. Fotografia do caramujo gigante africano. A concha mede cerca de 8 cm de comprimento.

A *Achatina fulica* pode ainda atuar como praga agrícola ou levar à perda da biodiversidade local [...], em razão do seu potencial competitivo, predatório [...], ou de transmissão de doenças para animais selvagens [...]. Recentemente, [pesquisadores] relataram impactos à biodiversidade causados pela infestação de *Achatina fulica*, tanto decorrentes da competição por espaço e alimento com os moluscos nativos, quanto pela interferência na cadeia alimentar.

ZANOL, J. et. al. O caramujo exótico invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. *Biota Neotropica*, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/pt/fullpaper?bn00610032010+pt>>. Acesso em: mar. 2016.

2.2. Extinção de espécies

As espécies podem extinguir-se por processos que não dependem da atividade humana ou ser extintas em decorrência dela.

As extinções sempre ocorreram, mesmo antes da evolução da espécie humana, e continuarão ocorrendo, já que são resultado das constantes modificações dos ecossistemas e da seleção adaptativa. Provas evidentes da existência, no passado, de organismos atualmente extintos são os **fósseis**.

Quanto à ação humana contribuindo para a extinção de espécies, merecem ênfase o desmatamento e a caça indiscriminada e criminosa de diversos animais, principalmente daqueles que já encontram grande resistência do meio e apresentam baixo potencial biótico. Baleias e peixe-boi (Fig. 6.3) são exemplos de animais que vivem diante desses problemas.

A ação educativa faz-se necessária, aliada à ação fiscalizadora e punitiva. Não se pode permitir que o número de representantes de uma espécie atinja seu limiar, abaixo do qual não há mais poder de recuperação, e a espécie se extinga. Esse número mínimo de representantes varia de uma espécie para outra, pois depende de diferentes fatores, sempre relacionados com a resistência do meio, o potencial biótico e a variabilidade genética dentro da população.

As principais medidas legais de ordem geral que visam à proteção dos animais proíbem sua captura, pesca ou caça em época de reprodução, sua exportação e, em alguns casos, a caça em qualquer época. Um exemplo típico em relação à época de reprodução é a proibição legal da pesca durante a piracema, período em que os peixes sobem os rios para se reproduzir. A preservação dos habitats também é essencial para proteger suas espécies de modo geral, incluindo as mais ameaçadas de extinção.



Figura 6.3. Fotografia de um dos tanques de água do mar (oceanários) da base do Projeto Peixe-boi, na ilha de Itamaracá (PE). Eles foram construídos entre 1991 e 2000 e são uma das principais atrações do estado. Esse projeto visa à preservação da espécie. Um peixe-boi mede cerca de 2 m de comprimento.



Colocando em foco

LISTAS VERMELHAS

A União Internacional pela Conservação da Natureza (IUCN) é a maior organização ambiental internacional, atuando fortemente na conservação da biodiversidade ao redor do mundo. Ela é responsável, por exemplo, pelas **Listas Vermelhas**, que classificam plantas e animais de acordo com seus riscos de extinção. Para que essas listas sejam elaboradas, é necessário o esforço conjunto de milhares de pesquisadores de vários países, especializados nos mais diversos grupos de seres vivos. Abaixo, seguem alguns dos critérios, determinados pela IUCN, nos quais os pesquisadores se baseiam para determinar se a espécie está muito ou pouco ameaçada:

- **Indivíduos maduros:** refere-se ao número de indivíduos conhecido, estimado ou inferido, com capacidade de reproduzir-se.
- **População e tamanho da população:** número total de indivíduos da população. Por razões funcionais, principalmente em razão das diferenças entre as formas de vida, o tamanho da população se mede apenas com o número de indivíduos maduros.
- **Subpopulações:** grupos da população que estão separados geograficamente ou por outros fatores, dentre os quais o baixo intercâmbio genético ou demográfico.
- **Flutuações extremas:** pode-se dizer que flutuações extremas estão ocorrendo em certos táxons quando o tamanho da população ou a área de distribuição varia de forma muito ampla, rápida e frequente.
- **Localidade:** define uma área distinta geográfica ou ecologicamente, na qual apenas um evento pode afetar drasticamente todos os indivíduos da população nela presentes.

Fonte dos dados: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volume1/vol_1_parte2.pdf>.

Acesso em: mar. 2016.

3. Poluição dos ecossistemas

Toda e qualquer contaminação do ar, da água ou do solo por quantidades indesejáveis de matéria ou energia, prejudicando a vida, é considerada **poluição ambiental**. Vamos falar da poluição causada por liberação de energia ou de matéria no ambiente.

A poluição gerada pela liberação de energia, como luz, calor e som, é particularmente grave para o ser humano e geralmente observada nas grandes cidades. Afeta principalmente a saúde mental, pois causa irritação, nervosismo, fadiga e outros sintomas relacionados aos órgãos do sistema nervoso e aos órgãos dos sentidos.

3.1. Poluição sonora

O barulho ou o alto volume de aparelhos de som ou outros aparelhos produz o que chamamos poluição sonora. A curto e a médio prazos, esse tipo de poluição provoca irritação nas pessoas, determinando alterações de comportamento; a longo prazo, provoca diminuição da audição e até surdez. Por esse motivo, danceterias estadunidenses, por exemplo, estão sendo obrigadas a afixar em seus ambientes internos o seguinte aviso: “Aqui você está sujeito à surdez”.

Em certas fábricas, o problema da poluição sonora é tão grave que os funcionários precisam usar protetores auriculares para operar máquinas barulhentas. Se não se protegerem, podem ficar surdos em curto intervalo de tempo.

3.2. Poluição por eutroficação

O termo eutroficação deriva de **eutrófico** (*eu* = verdadeiro; *trophein* = nutrir), que significa “bem nutrido”.

A eutroficação pode ser natural ou provocada por resíduos urbanos, industriais ou agrícolas.

O lançamento de esgoto doméstico diretamente nos rios sem tratamento adequado é uma das principais causas de eutroficação e tem sido responsável pela destruição da fauna e da flora de muitos rios que banham as grandes cidades.

O lançamento de dejetos humanos no meio ambiente traz outra preocupação em termos de saúde, pois contribui para a propagação de várias doenças, como as causadas por certos vermes, amebas, bactérias e vírus.

A **figura 6.4** a seguir resume os principais processos que ocorrem na eutroficação em um lago.

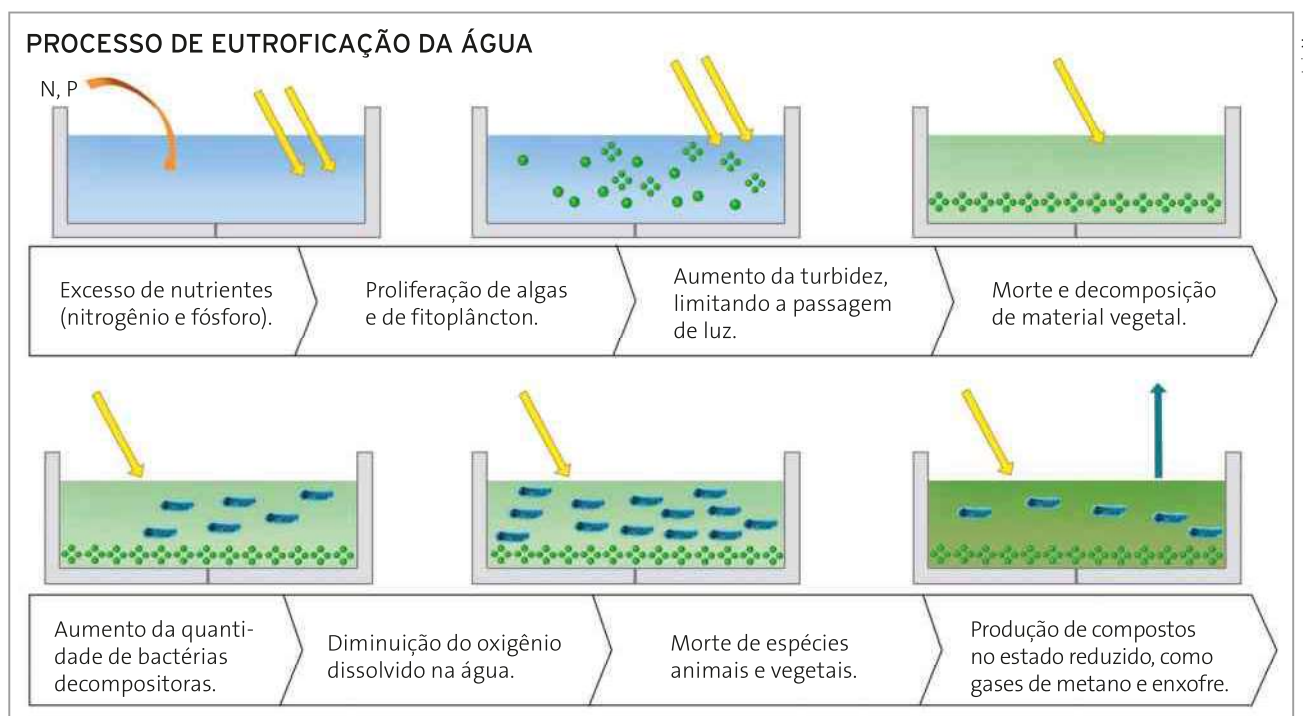


Figura 6.4. A eutroficação envolve uma série de processos que irão produzir desequilíbrio ecológico. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A eutroficação envolve várias etapas, que são explicitadas na imagem acima. São elas: 1) introdução de material rico em nitrogênio e fósforo no ambiente; 2) proliferação de algas diversas e de fitoplâncton tanto no fundo quanto na massa d'água; 3) aumento da turbidez, bloqueando a luz e fazendo com que a fotossíntese fique restrita apenas à lâmina mais superficial de água; 4) ao morrer, a matéria vegetal decanta e acumula-se no fundo do ambiente aquático; 5) crescimento da população de bactérias heterotróficas, favorecendo a decomposição aeróbica dos detritos; 6) consumo de gás oxigênio pelas bactérias, reduzindo o teor desse gás dissolvido na água; 7) morte dos organismos aeróbicos (insetos, crustáceos, peixes etc.), cuja decomposição consome gás oxigênio e agrava o problema da ausência desse gás (anoxia); 8) aparecimento, no meio anóxico, de compostos reduzidos e gases tóxicos como o metano e os compostos de enxofre.

3.3. Poluição térmica

O aumento da temperatura da água, provocando alteração no meio, é denominado poluição térmica. Em certos lagos e mares, o aumento da temperatura deve-se principalmente à ação de usinas elétricas e atômicas, pelo uso de sistemas de resfriamento dos reatores durante a geração de energia. Quando em equilíbrio em certo ambiente, as populações têm seu bom desempenho dentro da faixa normal de variação dos fatores ambientais, entre eles a temperatura. A isso,

se acresce o fato de que a tolerância de certas espécies a variações além dessa faixa pode ser maior do que de outras.

A poluição térmica desloca a temperatura do meio, interferindo no sucesso de cada espécie em relação às demais. Com isso, as abundâncias das diversas populações da comunidade se alteram, caracterizando o desequilíbrio ecológico. Em cenários mais graves, podem ocorrer extinções de populações, acompanhadas ou não pela colonização do local por novas espécies. A elevação da temperatura propicia, além disso, o desenvolvimento de fungos e bactérias, muitos dos quais causam doenças em alguns organismos, aumentando suas taxas de mortalidade.

Outro importante efeito do aumento da temperatura é a diminuição do teor de O_2 dissolvido na água (quanto mais quente, mais O_2 é perdido para o ar). Com isso, os organismos que dependem do gás oxigênio para respiração não conseguem sobreviver.

3.4. Poluição do ar

A poluição do ar pode ser causada pelo aumento da quantidade de gás carbônico, que acentua o efeito estufa causando o aquecimento global, pela introdução de partículas que ficam em suspensão no ar e pela introdução de outros gases poluentes. Entre esses, merecem destaque monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2) e hidrocarbonetos, como o metano (CH_4).

Um dos principais agentes poluidores da atmosfera é o motor a explosão dos veículos automotores. Quando a queima do combustível é completa, libera dióxido de carbono (CO_2), mas a combustão incompleta libera monóxido de carbono (CO) e fuligem.

O monóxido de carbono é um gás extremamente perigoso, inodoro, que se mistura ao ar e acaba sendo inspirado também. Ao passar para o sangue, associa-se à hemoglobina, pigmento vermelho do sangue e principal responsável pelo transporte de oxigênio em nosso corpo. A união do CO com a hemoglobina, no entanto, forma um composto relativamente estável: a **carboxi-hemoglobina**. A hemoglobina, associada ao monóxido de carbono, não pode transportar oxigênio, causando um tipo de asfixia que pode comprometer a vida. É sempre necessário extremo cuidado com os gases liberados por veículos parados com o motor em funcionamento em garagens, túneis e outros lugares onde a ventilação é limitada (Fig. 6.5).



Figura 6.5. Em túneis longos há necessidade de ventiladores para movimentação do ar, reduzindo os efeitos do monóxido de carbono. Na fotografia, túnel na Rodovia dos Imigrantes, em São Paulo, 2012.

Os motores a explosão não são os únicos agentes poluidores da atmosfera. Indústrias siderúrgicas e queimadas de florestas também são importantes fontes de poluentes.

As combustões incompletas de alguns combustíveis podem produzir, além do monóxido de carbono, alguns hidrocarbonetos gasosos e óxidos de nitrogênio. Esses dois subprodutos combinam-se na atmosfera em presença de luz solar, produzindo outras substâncias mais tóxicas: o ozônio (O_3) e o nitrato peroxiacetílico (PAN). Essas duas substâncias provocam nos humanos desconforto respiratório e irritação nos olhos, seguida de lacrimejamento.

O excesso de O_3 determina aumento na taxa respiratória das plantas, que acabam morrendo por consumir desnecessariamente a glicose armazenada. Além disso, o PAN inibe a fotossíntese, causando a morte da planta, uma vez que ela não pode mais sintetizar seus

alimentos. Certas variedades de plantas são muito sensíveis a esses fatores, e seu cultivo não tem sido mais possível em áreas próximas a grandes cidades.

Além da gasolina, a queima de outro derivado do petróleo, o óleo diesel, e a queima do carvão mineral pelas indústrias também liberam produtos tóxicos na atmosfera. É o caso do dióxido de enxofre (SO_2) e do dióxido de nitrogênio (NO_2), gases que causam distúrbios respiratórios no ser humano, como bronquite e asma. Esses gases reagem com o vapor-d'água da atmosfera, originando, respectivamente, ácido sulfúrico e ácido nítrico, que chegam à superfície sob a forma da chamada **chuva ácida**. Essa chuva pode provocar acidentes ecológicos graves, como destruição da vegetação (Fig. 6.6) e contaminação de solos e águas. O aumento da acidez da água de certos lagos, por exemplo, tem causado grande mortalidade de peixes. Além disso, a chuva ácida pode destruir monumentos, mármore, grades metálicas e carrocerias de carros.



Figura 6.6. Fotografia tirada na República Tcheca mostrando árvores mortas pela chuva ácida.

As partículas sólidas em suspensão no ar, da mesma forma que os gases componentes da atmosfera e os poluidores, são levadas pelas **correntes de convecção** para as camadas mais altas da atmosfera, por onde se dissipam. Esse processo diminui a poluição atmosférica local e reduz seus efeitos.

Inversão térmica

A troposfera torna-se cada vez mais fria à medida que aumenta a altitude (Fig. 6.7). No entanto, uma massa de ar quente pode penetrar na camada mais fria. Quando isso acontece, as correntes de convecção tornam-se fracas e incapazes de dispersar o ar, e com ele as substâncias poluidoras. Então, a atmosfera próxima ao solo torna-se densa, escura e imprópria à vida normal e saudável. Esse processo, caracterizado pela presença de uma massa de ar quente onde normalmente a atmosfera é fria, é conhecido por **inversão térmica** (Fig. 6.8).

A inversão térmica é particularmente grave em cidades industriais, pois aprisiona grande quantidade de poluentes no ar que a população respira.

SEM INVERSÃO TÉRMICA

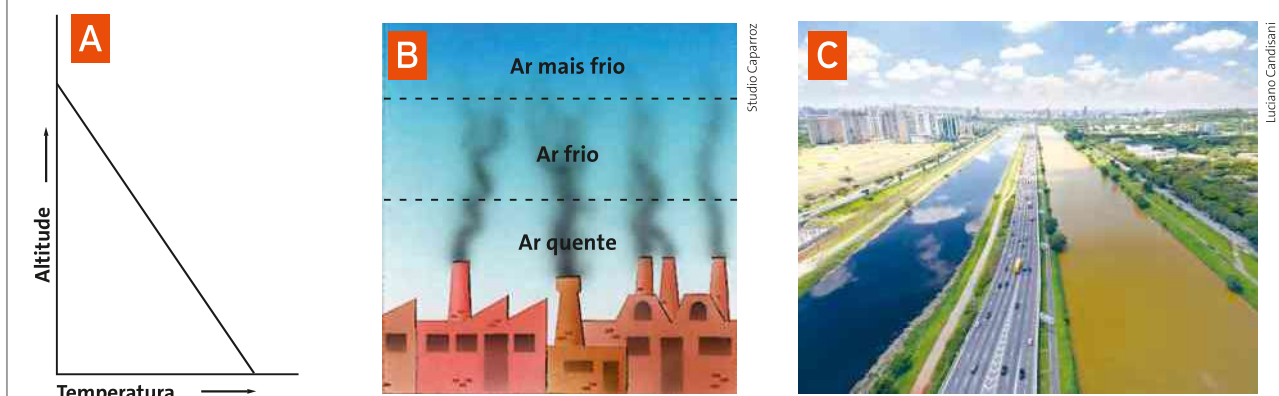


Figura 6.7. Características da atmosfera na ausência de inversão térmica: em A, gráfico da temperatura da atmosfera em função da altitude; em B, esquema de área industrializada; e em C, fotografia de parte da cidade de São Paulo em um dia sem inversão térmica. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

COM INVERSÃO TÉRMICA

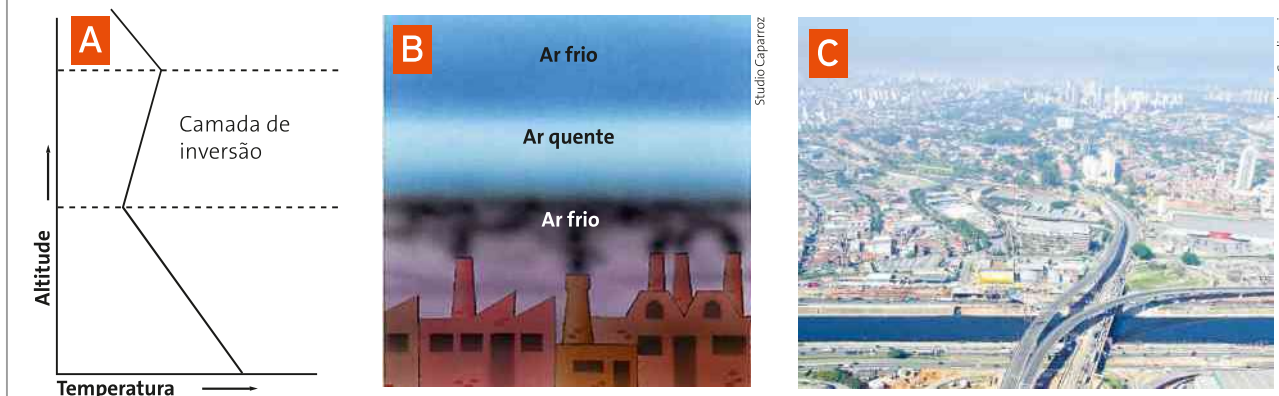


Figura 6.8. Características da atmosfera com inversão térmica: em A, gráfico da temperatura da atmosfera em função da altitude; em B, esquema de área industrializada; e em C, fotografia de parte da cidade de São Paulo em um dia com inversão térmica. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3.5. Aquecimento global

A temperatura média do planeta Terra está aumentando nas últimas décadas: fala-se atualmente em aquecimento global. Ainda há discordâncias a respeito das causas desse fenômeno. De um lado, uma corrente defende que esse aumento na temperatura média tem causas naturais. De outro, há defensores de que ações humanas têm influência sobre o aquecimento do planeta, principalmente em função do aumento do consumo de combustíveis fósseis e de queimadas, o que aumenta o teor de gás carbônico na atmosfera. Esta última é a corrente mais aceita pela maioria dos pesquisadores da área.

Em 2015, a concentração de gás carbônico (CO_2) na atmosfera ultrapassou pela primeira vez (nos últimos milhões de anos) a marca de 400 partes por milhão (ppm) em escala global. Essa marca é vista por muitas pessoas como um limite emblemático do

fracasso dos esforços globais em controlar as emissões desse gás na atmosfera, tido como o principal responsável pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas. Antes da Revolução Industrial, no século XVIII, a concentração de CO_2 na atmosfera era de aproximadamente 280 ppm.

Além do CO_2 , o gás metano (CH_4) é outra preocupação nos processos de intensificação do efeito estufa. Isso porque ele é 20 vezes mais potente na retenção de energia térmica do que o gás carbônico. Nos últimos 200 anos, a proporção de metano na atmosfera mais que dobrou. O CH_4 é liberado nos processos de decomposição de materiais orgânicos nos pântanos e charcos, em vazamento de gasodutos, durante a mineração de carvão, no derretimento do *permafrost* na Sibéria, na irrigação agrícola e por bovinos.

As potenciais consequências do aquecimento global são muitas e algumas delas estão resumidas no quadro a seguir (Fig. 6.9).

SINAIS DO AQUECIMENTO GLOBAL

Derretimento da banquisa Ártica

Desaparecimento da calota glacial em 20-30 anos

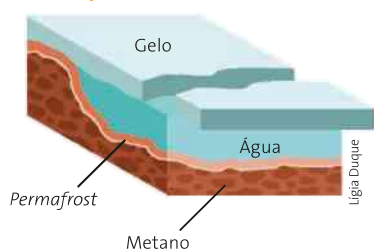
Cientistas concluíram que nos últimos 20 anos as geleiras da Groenlândia perderam, em média, 152 bilhões de toneladas de gelo por ano. O derretimento das calotas expõe o solo e a água do mar, que absorvem mais calor, acelerando o aquecimento e o derretimento das geleiras locais.

- Menor extensão de gelo em setembro de 1982
- Menor extensão de gelo em setembro de 2007

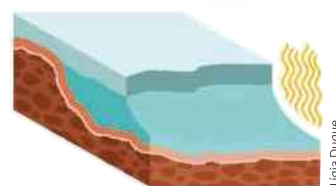


Liberação do metano do permafrost siberiano

A pressão e as baixas temperaturas mantêm o metano preso sob o *permafrost* (solo constantemente congelado).



A água do mar, quando aquecida, aumenta a temperatura do *permafrost*, possibilitando a liberação do metano, que se difunde na água e é liberado na atmosfera. Esse gás tem efeito estufa 20 vezes mais potente que o gás carbônico.



Acidificação dos oceanos pelo aumento da quantidade de CO₂ na água

A acidificação da água causa a morte dos corais e de suas fontes alimentares, como o plâncton. Diminui também a capacidade do fitoplâncton de realizar fotossíntese, ou seja, de absorver o CO₂.

Aumento do nível do mar

O aumento de um metro no nível do mar significaria cerca de 120 milhões de pessoas desabrigadas no mundo.



Alteração no ritmo de vida das espécies

Com o aumento da temperatura, algumas plantas antecipam a produção de flores e de frutos. Esse fenômeno altera não só a reprodução vegetal, mas também o ritmo de vida dos animais que utilizam esses recursos como alimento.

(Elementos da página representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Derretimento das geleiras de altitude

As geleiras, fontes de água insubstituíveis, podem desaparecer de várias cadeias de montanhas durante o século XXI.



Monte Kilimanjaro, na Tanzânia, em 1993 (à esquerda) e em 2015 (à direita).

Mudanças climáticas no Brasil

No mapa a seguir, são resumidas as consequências das mudanças climáticas mais diretamente relacionadas com o Brasil:



Fonte: Magrin, G.O. et al., 2014. Central and South America. In: *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B. Regional Aspects Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V. R. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Figura 6.9. Algumas consequências do aquecimento global.

3.6. Poluição por elementos radiativos

Elementos radiativos causam mutações genéticas que podem desencadear doenças, como o câncer, e até mesmo provocar a morte dos indivíduos. Além disso, mutações que ocorrem nas células produtoras de gametas podem ser transmitidas ao longo das gerações. Assim, a preocupação sobre o que fazer com o lixo radiativo e como evitar a poluição por esses elementos deve ser sempre muito grande.

Na década de 1980, ocorreram dois graves acidentes radiativos no mundo: em Chernobyl (na antiga União Soviética) e em Goiânia (no Brasil).

Em 1986, a usina atômica de Chernobyl teve um de seus quatro reatores nucleares destruído por uma explosão seguida de incêndio (Fig. 6.10). O acidente provocou a liberação de uma nuvem radiativa que atingiu não só as pessoas da cidade mais próxima (Kiev), como vários países da Europa. Foi, sem dúvida, o pior acidente nuclear da história, matando várias pessoas, mutilando outras e provocando doenças de vários tipos, desde câncer e lesões de pele até mutações genéticas preocupantes para as gerações futuras. Além de ter afetado diretamente o ser humano, essa nuvem radiativa contaminou a vegetação, os animais, o solo, os rios e os mares da região. Frutas, verduras, carne, leite e derivados não puderam mais ser consumidos, pois a radiação neles contida poderia contaminar as pessoas.

No Brasil, em 1987, uma pequena cápsula contendo um pó radiativo, o cézio-137, foi aberta por pessoas desavisadas, provocando um dos acidentes mais

graves já registrados no mundo envolvendo esse elemento radiativo. Nessa cápsula, havia apenas 19 g de cézio, que fazia parte de um equipamento de cézio-137 usado em radioterapia e que foi abandonado nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radioterapia. A cápsula foi removida do local por sucateiros para ser vendida como ferro-velho. Ao abri-la, as pessoas ficaram atraídas pela luminescência do cézio e manipularam o pó, passando-o pelo corpo e distribuindo-o entre parentes e amigos, inclusive crianças. Evidentemente não sabiam do perigo que estavam correndo. Um material como esse nunca poderia ter sido simplesmente deixado em um hospital desativado.

O saldo desse triste acontecimento: quatro mortes, uma pessoa com braço amputado e mais de duzentas pessoas contaminadas.

Mais recentemente, em 2011, no Japão, o reator Daichi I da usina nuclear de Fukushima teve seu sistema de refrigeração afetado por um *tsunami* provocado por um forte terremoto (magnitude de 8,9 pontos na escala Richter). Isso levou à explosão do reator, que liberou grandes quantidades de material radiativo, especialmente cézio-137.

Os fatos ocorridos em Chernobyl, em Goiânia e em Fukushima não podem ser esquecidos. Eles nos servem como alerta para o grande perigo que os acidentes nucleares podem representar e despertam a atenção para mais um problema a ser resolvido pela humanidade: o que fazer com o lixo radiativo.

Alguns países cogitam eliminar completamente sua dependência da energia nuclear. A Alemanha foi o primeiro a tomar essa decisão: em 2012, o governo alemão optou por desativar todas as suas 17 usinas nucleares até 2022.

3.7. Poluição por substâncias não biodegradáveis

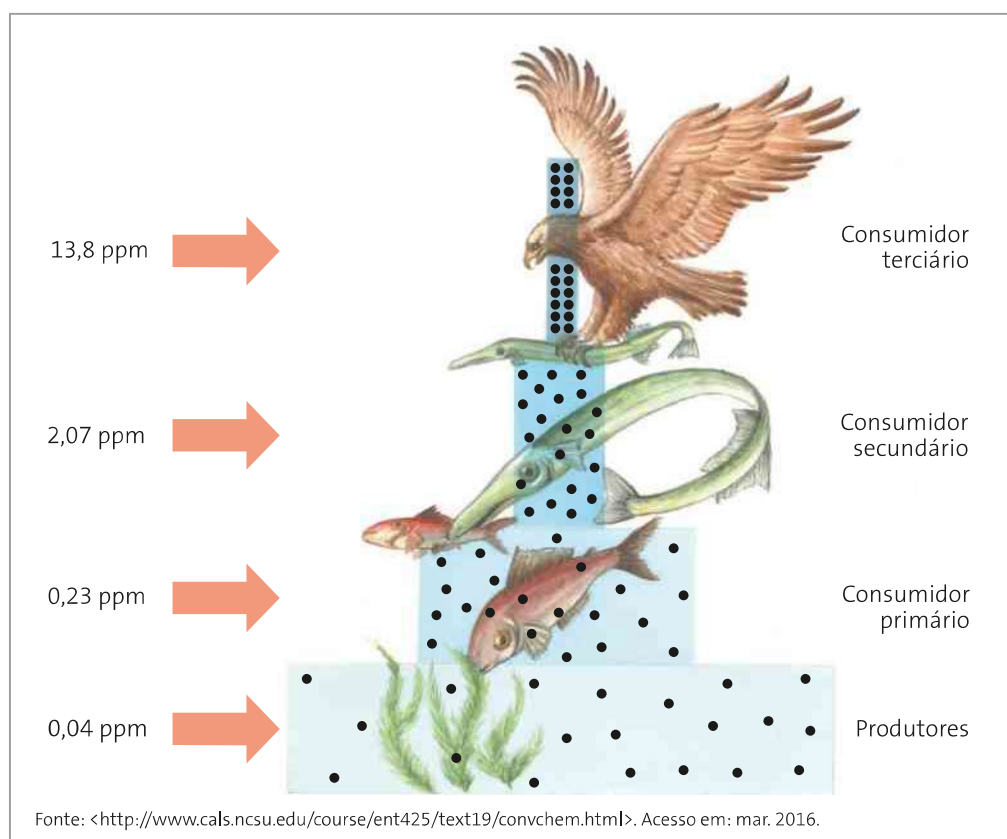
O aumento da quantidade de substâncias não biodegradáveis no ambiente traz sérios problemas aos ecossistemas. As substâncias biodegradáveis são decompostas por organismos, principalmente bactérias. Já os produtos não biodegradáveis não sofrem decomposição, caso principalmente das substâncias organocloradas e dos metais pesados, como o mercúrio. Essas substâncias podem se acumular nos tecidos dos organismos e vão se concentrando ao longo das cadeias alimentares, acarretando sérios problemas aos organismos.



Figura 6.10. Usina atômica de Chernobyl, em abril de 1986, após a explosão.

O mais persistente dos organoclorados é o dicloro-difenil-tricloroetano (DDT). Uma vez lançado no ambiente, ele permanece intacto por vários anos, acumulando-se nos tecidos dos organismos, passando inalterado pelos sucessivos níveis das cadeias alimentares.

No tecido dos produtores, como as plantas, a concentração de DDT pode ser baixa, mas os herbívoros, ao se alimentarem de produtores, acumulam a maior parte do DDT ingerido e excretam uma pequena porção. O mesmo processo ocorre com os carnívoros, com prejuízos para esses animais (Fig. 6.11).



Walter Caldeira

Figura 6.11. Pirâmide de energia mostrando o aumento da concentração de DDT (em partes por milhão — ppm) nos tecidos dos organismos ao longo de uma cadeia alimentar. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Aves que se alimentam em áreas de amplo uso de DDT colocam ovos com casca muito fina, que se quebra facilmente (Fig. 6.12). Isso causa elevada taxa de mortalidade entre os filhotes, levando a uma diminuição na densidade populacional desses animais.

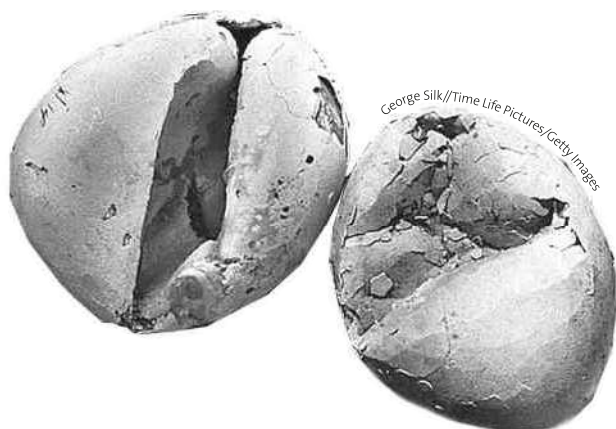


Figura 6.12. Fotografia de ovos de aves que se alimentam em áreas de amplo uso de DDT; os ovos se quebram porque a casca é muito fina.

Um poluente importante encontrado principalmente na água é o mercúrio, amplamente utilizado em indústrias químicas de tintas, de fungicidas, de pesticidas e de papel. Na forma inorgânica, o mercúrio é relativamente inócuo, por ser pouco absorvido no trato digestório. Entretanto, torna-se altamente tóxico quando associado a compostos orgânicos, caso principalmente do metilmercúrio. Essa substância, se ingerida, provoca lesões nervosas que podem levar o indivíduo à morte.

Assim como o DDT, o metilmercúrio concentra-se nos tecidos dos organismos ao longo das cadeias alimentares. Na baía de Minamata, no Japão, pescadores foram envenenados ao comer peixes contaminados por metilmercúrio, que foi introduzido nessa baía junto com dejetos lançados por uma indústria química.

A indústria química responsável por esse desastre lançava na água, desde 1930, seus dejetos contendo mercúrio. Somente 20 anos depois surgiram os sintomas da contaminação: peixes, moluscos e pássaros

começaram a morrer. Em 1956, foi registrado o primeiro caso de intoxicação humana: uma criança com danos cerebrais. Depois desse caso, surgiram vários outros com o mesmo quadro e passou-se a falar em doença ou mal de Minamata. Verificou-se depois que a doença era provocada pela contaminação por mercúrio.

Esse elemento não é facilmente detectável na água, por sua baixa concentração, mas, como se acumula no corpo dos organismos ao longo das cadeias alimentares, é mais fácil avaliar sua presença em um meio pela análise de tecidos do corpo dos organismos que vivem na região.

Colocando em foco

CONTROLE DE PRAGAS POR FEROMÔNIOS

O uso de pesticidas, como o DDT e outros, para o controle de pragas na agricultura não só resulta na contaminação do solo e da água como também deixa de ser eficiente a longo prazo. A resistência das pragas a esses pesticidas tem sido um fenômeno cada vez mais observado. Com frequência, as pragas tornam-se resistentes aos pesticidas ou então mais abundantes depois que o produto se dissipa, já que seus inimigos naturais também são destruídos pelo pesticida. Além disso, uma praga eliminada por esse processo pode ser substituída por outra, mais resistente.

Com o objetivo de desenvolver um controle mais eficiente de pragas, sem causar alterações ambientais, os cientistas estão produzindo uma nova geração de pesticidas baseada no uso de feromônios (do grego *féro* = transportar; *órmon* = excitar) sintetizados naturalmente por esses animais. Os feromônios (ou ferormônios) são substâncias usadas na comunicação química entre os animais, muitas vezes agindo como “atrativos sexuais”.

No caso dos insetos, as fêmeas produzem feromônios capazes de atrair os machos de sua espécie que estejam a até 5 km de distância. Sabendo desse processo natural de atração, com a ajuda desses feromônios, o ser humano pode capturar os machos de insetos, interrompendo a reprodução e reduzindo a população. Além de não causar prejuízos ao meio, esse processo tem outra vantagem: cada feromônio atrai apenas indivíduos da espécie que o produziu, portanto é altamente específico.

3.8. Poluição por derramamento de petróleo

Os derramamentos de petróleo no mar são causados principalmente por acidentes com navios petroleiros, em plataformas de petróleo e pela água usada na lavagem dos reservatórios de petróleo dos navios, que depois é lançada diretamente no mar.

O petróleo derramado forma extensas manchas na camada superficial das águas e, com isso, bloqueia a passagem de luz, afetando a fotossíntese dos organismos marinhos e impedindo as trocas de gases entre a água e o ar.

Os animais aquáticos também são diretamente afetados pelo petróleo, pois ele se impregna na superfície de seus corpos, matando-os por intoxicação. Quando essa impregnação ocorre nas brânquias dos peixes, há morte por asfixia. As aves marinhas podem ficar com as penas recobertas por petróleo, o que as impede de voar e de realizar a termorregulação, causando sua morte (Fig. 6.13).

Os mamíferos marinhos com o corpo impregnado de petróleo também não conseguem realizar a termorregulação e morrem.



 **Figura 6.13.** Fotografia de um atobá-marrom (*Sula leucogaster*), ave marinha que mede entre 65 cm e 85 cm de comprimento. O animal apresenta o corpo coberto por óleo, despejado por um navio que limpou os tanques nas proximidades do Atol das Rocas (RN).

Os derramamentos de petróleo que atingem as regiões de manguezais também são muito graves, pois, além de afetar árvores e animais que vivem no local, destroem a principal área de procriação para muitas espécies marinhas.

Alguns métodos são utilizados para conter a dispersão das manchas de petróleo derramado, entre eles barreiras físicas e sucção por bombas. O uso de detergentes não tem sido indicado, pois seus efeitos podem ser tão graves quanto os ocasionados pelo petróleo. O petróleo pode também ser degradado pela ação de bactérias específicas, mas esse processo é muito lento.

Tão importante quanto descobrir técnicas para retirar o petróleo das águas e das praias é procurar evitar seu derramamento por meio de medidas de segurança nos petroleiros e nas plataformas, assim como do cuidado na lavagem dos tanques dos navios.

3.9. O lixo

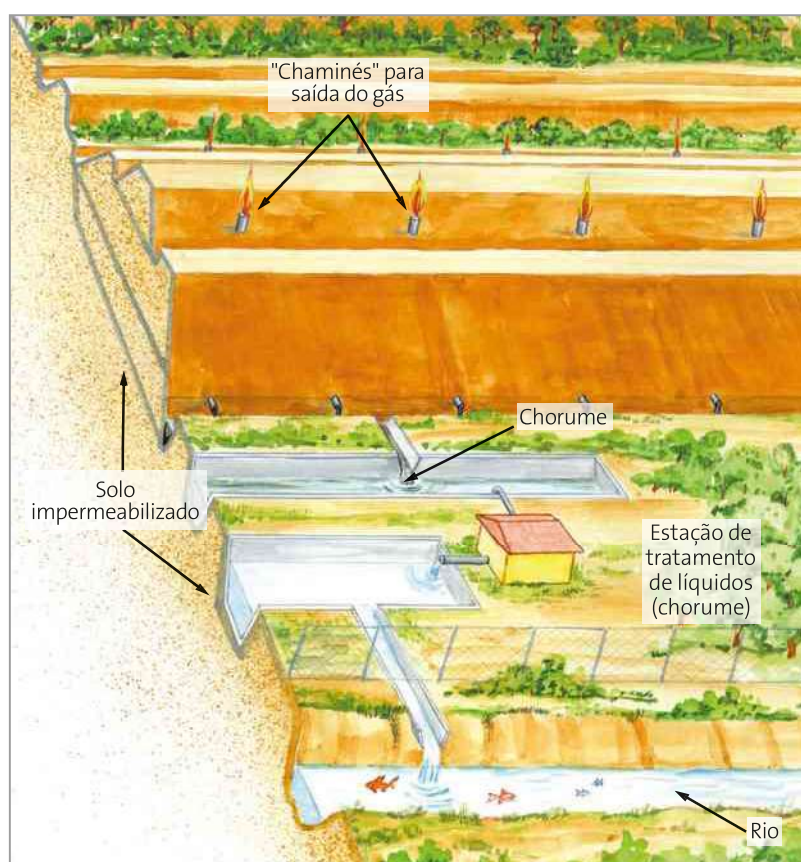
No Brasil, produz-se cerca de 600 g de lixo urbano por pessoa por dia, sendo que nas grandes cidades, como São Paulo, esse número alcança algo entre 1 kg e 1,2 kg por pessoa por dia. Nova Iorque é a cidade campeã em produção de lixo: cada pessoa produz em média cerca de 3 kg de lixo por dia. O que fazer com esse lixo, constituído por diversos materiais, como vidros, plásticos, metais, papéis, papelão e restos de comida? Considere que a população humana vem crescendo muito. A sociedade de consumo vem aumentando a quantidade de lixo produzido graças aos inúmeros itens descartáveis que procuram “facilitar” o dia a dia das pessoas.

O problema do lixo é muito sério. Algumas soluções têm sido propostas, mas os resultados ainda não são definitivos.

Uma das soluções mais antigas consiste simplesmente em remover o lixo de um local e transferi-lo para outro, formando os imensos **lixões** a céu aberto. Além do mau cheiro, esses lixões são responsáveis por intensa proliferação de insetos, como moscas e baratas, e de outros animais, como ratos, causando um grave problema de saúde pública. Fora isso, pessoas passaram a explorar esses lixões recolhendo restos de comida, objetos e outros itens, colocando em risco sua própria saúde. Em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que prevê a criação de planos para a eliminação de lixões e a posterior recuperação dos terrenos que eles ocupavam.

Atualmente, há formas mais adequadas para lidar com o lixo, como a construção de aterros sanitários, a incineração (queima) e a compostagem.

Nos **aterros sanitários** (Fig. 6.14), o solo é preparado de modo a receber uma impermeabilização e impedir que o lixo o contamine. São colocadas camadas alternadas de lixo e terra, evitando assim o mau cheiro e a proliferação de animais. Nesses aterros, bactérias anaeróbias realizam a decomposição da matéria orgânica; entre elas, há as que produzem o gás metano. Como essa produção é intensa, é importante haver locais próprios para a saída do gás, que pode ser coletado e usado como combustível. Quando não é aproveitado, geralmente esse gás é queimado nas chaminés adaptadas ao substrato dos aterros.



Fonte: *Lixo municipal*: manual de gerenciamento integrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT, 1995.

Figura 6.14. Esquema de um aterro sanitário. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A **incineração** é realizada principalmente nos casos de lixo contaminado, como o de hospitais. Apesar de ser executado em incineradores apropriados, esse processo sempre gera poluição do ar pela emissão de fumaça.

A **compostagem** (Fig. 6.15) consiste em transformar a parte orgânica do lixo em compostos, que podem servir de fertilizante para o solo. O processo é bastante útil, porque, além de ser uma solução para o lixo orgânico, também contribui para a agricultura e participa do processo de reciclagem da matéria orgânica.

Para realizar a compostagem, é necessário separar a matéria orgânica do resto do lixo. Por isso, em algumas cidades, as prefeituras têm feito a **coleta seletiva** (Fig. 6.16), facilitando o tratamento do lixo urbano e a reciclagem de certos materiais. Nesses casos, separa-se a matéria orgânica que se decompõe facilmente (como restos de comida) de outros materiais, como vidro, metal, papel e plástico, que podem ser reciclados, isto é, reaproveitados na fabricação de novos produtos (Fig. 6.17).



Figura 6.15. Matéria orgânica secando em terreiro de usina de compostagem e reciclagem de lixo no município de Pingo D'água, MG, 2013. Após essa etapa, a matéria orgânica é colocada para ser decomposta, resultando na produção de adubo orgânico.



Figura 6.16. Na coleta seletiva de lixo há recipientes próprios para vidro (cor verde), metal (cor amarela), papel (cor azul) e plástico (cor vermelha).



Figura 6.17. Este símbolo representa os 3 R's: reduzir, reutilizar e reciclar.



Colocando em foco

BIORREMEDIAÇÃO

Biorremediação é um processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente. Este processo biotecnológico de remediação tem sido intensamente pesquisado e recomendado pela comunidade científica atual como uma alternativa viável para o tratamento de ambientes contaminados, tais como águas superficiais, subterrâneas e solos, além de resíduos e efluentes industriais em aterros ou áreas de contenção. Embora outras tecnologias que usam processos físicos e/ou químicos sejam também indicadas para descontaminar ambientes poluídos, o processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação e metais tóxicos.

GAYLARDE, C. C. et. al. Biorremediação: aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. In: *Biologia Ciência e Desenvolvimento*, n. 34, jun. 2005. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio34/biorremediacao_34.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

5. Desenvolvimento sustentável

A preocupação com a preservação da vida tem sido motivo de reuniões mundiais para se tentar propor medidas em termos globais.

Uma dessas reuniões aconteceu em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, e ficou conhecida como **Eco-92**. Representantes de 170 países estiveram presentes e, como resultado dessa grande conferência, foi elaborado um documento chamado **Agenda-21**, definido como um plano de ação global para o século XXI.

A Agenda-21 defendia a necessidade de investimento em programas de **desenvolvimento sustentável**. Nesse modelo de desenvolvimento, considera-se que o avanço econômico e a conservação do meio ambiente são compatíveis e devem estar intimamente relacionados. Os recursos naturais são suficientes para atender às necessidades de todos, desde que manejados de forma sustentável. Para isso, segundo a Agenda-21, deveriam ser elaborados planos de manejo que considerassem não apenas as características do meio ambiente, mas também a cultura, a história e a situação social da comunidade que depende de determinados recursos naturais.

Em 1997, houve uma reunião na Organização das Nações Unidas (ONU), a **Rio+5** (5 anos após a Eco-92), na qual foram apontadas algumas lacunas ou pontos mal definidos na Agenda-21, que dificultavam sua implementação.

Também em 1997 aconteceu um encontro mundial na cidade de Kyoto, no Japão, onde foi elaborado um dos mais ambiciosos projetos de combate ao aquecimento global: o **Protocolo de Kyoto**. Ele estabeleceu que os países industrializados deveriam, até 2012, reduzir em média 5,2% de suas emissões de gases causadores do efeito estufa (principalmente CO₂) em relação aos níveis alarmantes detectados em 1990.

O Brasil foi um dos primeiros países a assinar o Protocolo de Kyoto. No entanto, alguns países industrializados se negaram a validar esse documento por não concordarem com a meta de redução na emissão de CO₂ estabelecida para eles.

Foi nesse contexto que aconteceu a **Rio+10**, entre 26 de agosto e 4 de setembro de 2002, na África do Sul. Participaram da cúpula 191 países, para retomar as questões apontadas na Eco-92.

Para os ambientalistas, os resultados da Rio+10 foram decepcionantes diante da grande expectativa que o encontro gerou. Um dos pontos positivos da Rio+10 foi a adesão da Rússia, do Canadá e da China ao Protocolo de Kyoto.

Em 2012 realizou-se a conferência **Rio+20**. O tema principal foi o desenvolvimento sustentável, fundado em três pilares: econômico, social e ambiental. Dentro desse tema, a ONU escolheu as seguintes abordagens:

- economia “verde” no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza;
- estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

Em setembro de 2015, os 193 Estados-membros da ONU adotaram formalmente a **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, composta pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com o então secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, no discurso de abertura do encontro: “A nova agenda é uma promessa dos líderes para a sociedade mundial. É uma agenda para acabar com a pobreza em todas as suas formas, uma agenda para o planeta”.



Colocando em foco

OS 17 OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR O NOSSO MUNDO

As Nações Unidas definiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Fig. 6.19) como parte de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável que deve finalizar o trabalho dos ODM [Objetivos de Desenvolvimento do Milênio] e não deixar ninguém para trás.

Essa agenda, lançada em setembro de 2015 durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, foi discutida na Assembleia Geral da ONU, onde os Estados-membros e a sociedade civil negociaram suas contribuições.

O processo rumo à agenda de desenvolvimento pós-2015 foi liderado pelos Estados-membros com a participação dos principais grupos e partes interessadas da sociedade civil. A agenda reflete os novos desafios de desenvolvimento e está ligada ao resultado da Rio+20 – a Conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável – que foi realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro, Brasil.

[...]

Os Objetivos e metas estimularão a ação para os próximos 15 anos em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta [...].

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.

Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.

Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.

Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (*).

Objetivo 14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis

Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima.



Figura 6.19. Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Fontes: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>; <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acessos em: mar. 2016.

6. Conservação biológica

Como já vimos, a manutenção dos ecossistemas depende da manutenção das interações dos organismos entre si e dos organismos com o ambiente. Uma vez que essas interações estão associadas à obtenção dos recursos para a sobrevivência das espécies, conservar a integridade das interações é essencial para a manutenção das populações naturais e, portanto, da **biodiversidade**. Atualmente há por volta de 2 milhões de espécies descritas nos ecossistemas do mundo e há estimativas de que existam muitas mais ainda não conhecidas.

Quanto mais se expandem as populações humanas e quanto mais avança a tecnologia, mais tensas ficam as relações humanas com a natureza. Com mais pessoas para sustentar e com tecnologias que demandam cada vez mais matérias-primas, aumenta a necessidade de exploração dos recursos naturais e portanto amplifica-se as ações que alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (Fig. 6.20). Essas ações incluem a destruição de habitats, a introdução de espécies exóticas e o uso não sustentável dos recursos existentes, resultando na perda de espécies com redução da biodiversidade.



Figura 6.20. Área de vegetação transicional entre a Amazônia e a Caatinga desmatada para a extração de areia, em Teresina, PI (2015).

A Biologia da Conservação é uma área que integra conhecimentos da Ecologia propriamente dita, da Fisiologia, da Genética, da Biologia Molecular e da Biologia Evolutiva com o propósito de conservar a diversidade biológica em seus três níveis: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas.

A **diversidade genética** refere-se não só à variação genética dentro das populações, um dos quesitos importantes para a evolução das espécies, mas também entre populações das diferentes espécies. A redução da diversidade genética também afeta o ser humano, pois a eliminação de variedades genéticas de certas espécies pode contribuir para a perda de importantes recursos genéticos que poderiam ser usados para aumentar a

produção e a qualidade das culturas. Por exemplo, em resposta a surtos de um vírus que atacou plantações de arroz pelo mundo, agrônomos pesquisaram os genes de indivíduos de 7000 populações de arroz (*Oriza sativa*) e de espécies aparentadas em busca de alguma resistência ao vírus. Finalmente encontraram na Índia uma única população selvagem (de *Oriza nivara*, espécie próxima à do arroz) resistente ao vírus, e os cientistas foram bem-sucedidos ao incorporarem essa característica genética a variedades comerciais de arroz, que passaram a resistir ao vírus, salvando-se a produção.

A **diversidade de espécies**, por sua vez, pode ser afetada em nível local, regional ou global. Uma espécie é considerada extinta quando desaparece de todos os ecossistemas em que ocorria antes. Seja em que nível for, a extinção de espécies pode afetar profundamente outras espécies da mesma comunidade, por conta da alteração das interações biológicas de que muitas delas dependem para sobreviver. É o que ocorre quando espécies que são presas ou predadores são eliminadas, ou quando espécies de plantas perdem seus polinizadores e dispersores de sementes, reduzindo assim seu próprio sucesso reprodutivo, por exemplo.

A **diversidade de ecossistemas**, finalmente, diz respeito à variação entre os ecossistemas. A redução desse tipo de diversidade relaciona-se com a extinção ou a modificação de comunidades biológicas inteiras. É o que vemos no Brasil, onde, por exemplo, diversos ecossistemas de Cerrado caracterizados por diferentes comunidades vêm sendo contínua e rapidamente convertidos em ecossistemas agrícolas de baixíssima diversidade de espécies (plantações de soja, cana-de-açúcar e algodão principalmente).

A perda de ecossistemas implica em perda dos chamados **serviços ecossistêmicos**, isto é, os processos ecológicos através dos quais os ecossistemas ajudam a sustentar os seres humanos. Incluem-se aí a purificação do ar, mantendo estável sua composição; a degradação biológica de resíduos diversos em ambientes terrestres e aquáticos (como vemos acontecer nos rios após um ponto de descarga de esgotos, por exemplo); o controle natural de pragas por meio de organismos vivos e muitos outros.

Uma das metas da conservação biológica é a manutenção desses serviços ao longo do tempo de modo sustentável.

6.1. Unidades de conservação

Um dos recursos utilizados pelo ser humano para a proteção e a manutenção da biodiversidade em seus três níveis é a criação de áreas chamadas **unidades de conservação**.

No Brasil, todas as unidades de conservação (UC) são cadastradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). De acordo com o SNUC, uma unidade de conservação consiste em um “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e [com] limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

Historicamente, um dos fatores que dificultava a administração das áreas de proteção era a falta de integração das três esferas de governo (federal, estadual e municipal). Atualmente, o SNUC possibilita uma visão de conjunto das áreas naturais a serem preservadas e estabelece mecanismos que regulamentam a participação da sociedade na gestão das UCs, potencializando a relação entre o Estado, os cidadãos e o meio ambiente.

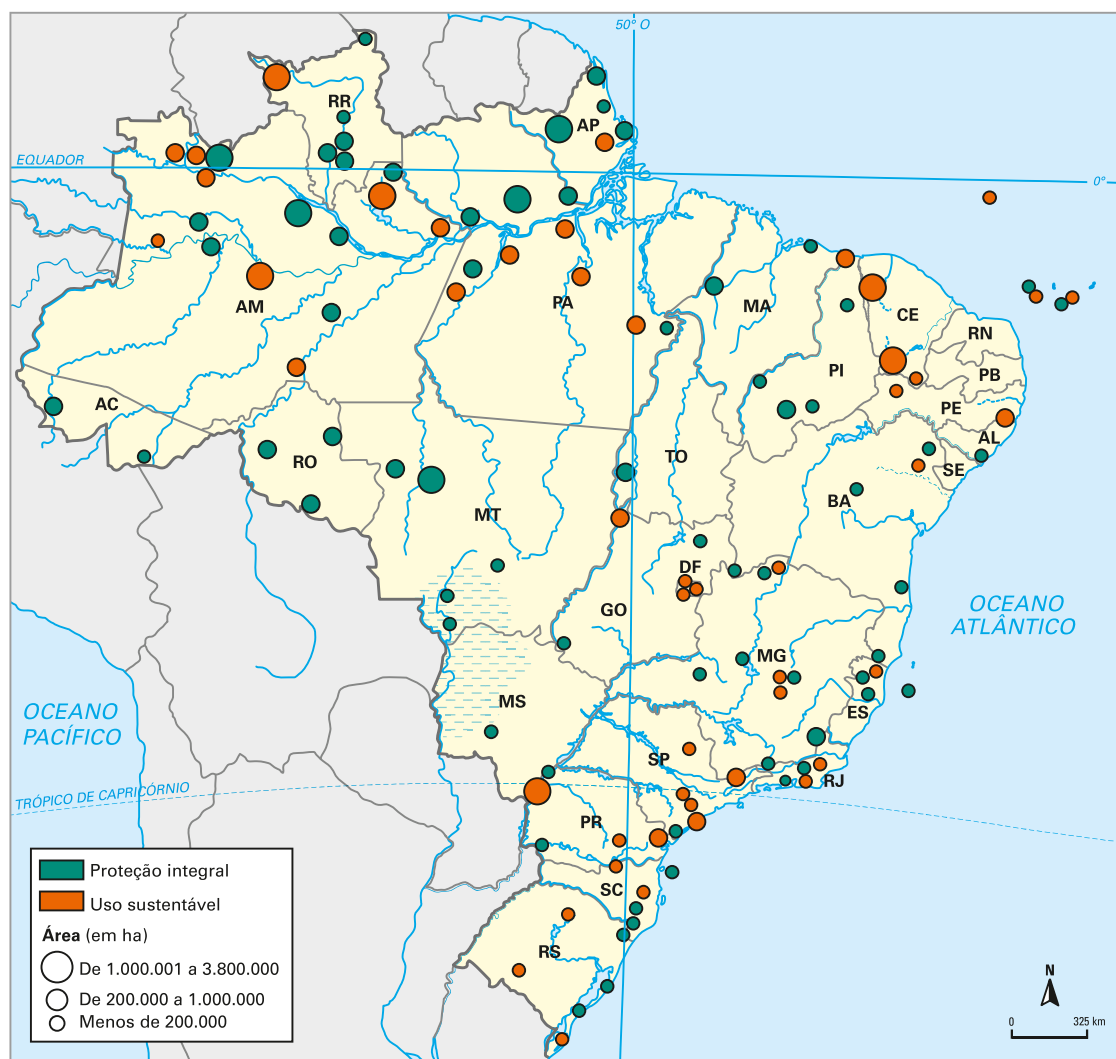
Tipos de unidades de conservação

O SNUC atualmente inclui 12 tipos de áreas protegidas, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: há aquelas que precisam de maiores cuidados, por sua fragilidade e suas particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.

Há então duas categorias principais subdivididas: a de proteção integral e a de uso sustentável (Fig. 6.21).

As UCs de **proteção integral** visam à preservação da natureza, permitindo apenas o uso indireto de seus recursos naturais. Já as UCs de **uso sustentável** têm como objetivo a conservação da natureza, considerando o uso direto e sustentável de parcela de seus recursos naturais, com exceção da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), à qual aplica-se a restrição de uso imposta às UCs de proteção integral.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL



Fonte: CALDINI, V. L. M.; ÍSOLA, L. *Atlas Geográfico Saraiva*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

Figura 6.21. Mapa da localização de algumas das unidades de conservação no Brasil. Por imposição da escala cartográfica, estão mapeadas apenas as unidades com áreas representativas.

A tabela que se segue (Fig. 6.22) apresenta as disposições legais quanto ao uso de cada um dos 12 tipos de UC:

	Unidade de conservação	Composição*	População residente	Visitação pública	Pesquisa científica
Proteção integral	Estação Ecológica	Área pública	Não permitida	Não permitida, exceto com motivos educacionais	Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva Biológica				
	Parque Nacional				
	Monumento Natural	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob normas e restrições	
	Refúgio de Vida Silvestre				
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob condições pré-estabelecidas	Permitida sob condições pré-estabelecidas
	Área de Relevante Interesse Ecológico				Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Floresta Nacional				Área pública
	Reserva Extrativista	Não permitida	Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições		
	Reserva de Fauna		Permitida e incentivada sob condições pré-estabelecidas		
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável		Não permitida (exceto comunidades tradicionais)	Permitida sob condições pré-estabelecidas	
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Área privada	Permitida	Permitida sob condições pré-estabelecidas	Permitida sob condições pré-estabelecidas

* UCs com domínio exclusivamente público, dependendo de sua categoria, permitirão a permanência de comunidades tradicionais em seu interior após seu reconhecimento.
 Fonte: Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/index.php?p=3339>. Acesso em: abr. 2016.

▲ **Figura 6.22.** Tabela dos tipos de unidades de conservação e suas características, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.



Colocando em foco

TERRAS INDÍGENAS NO BRASIL

A vulnerabilidade dos povos indígenas em relação à civilização ocidental já ficou historicamente evidenciada nos mais diversos lugares do mundo.

No Brasil, isso transparece na redução de um total da ordem de 3 milhões de indígenas à época do descobrimento para cerca de 800 000 atualmente, segundo dados da Funai (Fundação Nacional do Índio, órgão indigenista oficial do Estado brasileiro). Não são raros hoje em dia profundos conflitos entre indígenas e garimpeiros, madeireiros e grileiros de terras, que buscam nas terras indígenas muitos recursos naturais, incluindo o próprio solo.

Nesse cenário, a sobrevivência dos cerca de 300 povos indígenas que hoje habitam o Brasil depende muito da proteção das autoridades, e isso se dá em parte por meio da demarcação de áreas naturais capazes de permitir seu sustento.

De acordo com a Funai, Terras indígenas (TI) são “porções do território nacional, de propriedade da União, habitadas por um ou mais povos indígenas, por ele(s) utilizadas para suas atividades produtivas, imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e necessárias à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições”. As terras indígenas adicionalmente são espaços privilegiados para a conservação da diversidade biológica, já que abrigam populações humanas antigas e naturais nessas áreas.

As terras indígenas estão subordinadas diretamente à administração federal e são, por lei, inalienáveis (não podem ser vendidas), indisponíveis (não podem ser utilizadas por estranhos) e os direitos sobre ela são imprescritíveis.

A Constituição de 1988 consagrou o princípio de que os indígenas são os primeiros e naturais senhores da terra nacional. Esta é a fonte primária de seu direito, anterior a qualquer outro. Consequentemente, o direito dos indígenas a uma terra determinada independe de prova de posse e sim apenas do reconhecimento governamental. No Brasil existem aproximadamente 544 terras indígenas (dados de 2014), sendo a maior parte localizada na área da Amazônia Legal. Cabe à sociedade de modo geral e aos povos indígenas em particular a reivindicação de regularização de suas terras inicialmente junto à Funai.



Figura 6.23. Fotografia da celebração dos 20 anos da homologação do Território Indígena Yanomami, na Aldeia do Demini, em Barcelos (AM), 2012.



Figura 6.24. Fotografia aérea da Aldeia do Demini, localizada no Território Indígena Yanomami, em Barcelos (AM), 2012.



Tema para discussão

Os nomes de empresas e/ou marcas que aparecem nesta página e na seguinte foram utilizados com finalidade didática, sem intenção de propaganda, positiva ou negativa. Eles estão contextualizados e sua omissão pode comprometer o entendimento do tema abordado.

REGISTRE
NO CADERNO



Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1 469 hectares de terras

A catástrofe socioambiental provocada pelo rompimento de barragem da mineradora Samarco em Mariana (MG), no [dia 5/11/2015], atingiu 663 km de rios e resultou na destruição de 1469 hectares de vegetação, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP), aponta laudo técnico preliminar do Ibama. No distrito de Bento Rodrigues, 207 das 251 edificações (82%) foram soterradas.

Os rejeitos de mineração formaram uma onda de lama que afetou diretamente 663 km no Rio Doce e seus afluentes, chegando ao oceano em 21/11 [2015], no município de Linhares, no Espírito Santo. [...]

O volume total da barragem era de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro, e pelo menos 34 milhões de m³ foram lançados no meio ambiente. “É indiscutível que o rompimento da barragem de Fundão trouxe consequências ambientais e sociais graves e onerosas, em escala regional, devido a um desastre que atingiu 663,2 km de corpos d’ água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além de impactos ao estuário do Rio Doce e à região costeira”, aponta o laudo. “O nível de impacto foi tão

profundo e perverso, ao longo de diversos estratos ecológicos, que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local, visando o reequilíbrio das espécies na bacia.”

Das mais de 80 espécies de peixes apontadas como nativas da bacia antes da tragédia, 11 são classificadas como ameaçadas de extinção e 12 são endêmicas do Rio Doce — ou seja, existiam apenas lá. “A mortalidade instantânea é apenas um dos impactos aos organismos aquáticos”, apontam os técnicos. “Muito mais do que os organismos em si, os processos ecológicos responsáveis por produzir e sustentar a riqueza e a diversidade do Rio Doce foram afetados.”

Marcello Lourenco/Tyba



▲ Vista aérea da região litorânea do município de Linhares (ES), com a lama chegando ao mar após o rompimento de barragem da mineradora Samarco, em 2015.

[...]

Foram constatados danos ambientais e sociais diretos, tais como morte e desaparecimento de pessoas; isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; mortandade de animais de produção e impacto à produção rural e ao turismo, com interrupção de receita econômica; restrições à pesca; mortandade de animais domésticos; mortandade de fauna silvestre; dizimação de ictiofauna silvestre em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água, bem como a suspensão de seus usos para as populações e a fauna, como abastecimento e dessedentação; além da sensação de perigo e desamparo da população em diversos níveis.

De acordo com o documento, a força do volume lançado com o rompimento da barragem pode ter revolido e colocado novamente em suspensão os sedimentos de fundo dos rios afetados, que pelo histórico de uso já continham metais pesados.

As medidas para reparação dos danos à vegetação e dos impactos à fauna, à qualidade da água e socioeconômicos, entre outros, deverão ser realizadas por pelo menos dez anos, avaliam os técnicos do Ibama. [...]

IBAMA. Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1.469 hectares de terras. Publicado em: dez. 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/onda-de-rejeitos-da-samarco-atingiu-663-km-de-rios-e-devastou-1469-hectares-de-terras>>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. De acordo com o texto, quais foram os impactos ambientais e sociais causados pela catástrofe?
2. O texto diz que as medidas de reparação dos danos devem ser executadas ao longo de pelo menos dez anos. Pesquise, com os colegas, a respeito de que ações foram ou ainda são tomadas pelos órgãos governamentais (federais, estaduais e municipais) e pela empresa com relação à mitigação de danos ambientais e sociais. Com os dados, façam uma apresentação na classe e ouçam a apresentação dos colegas. Promovam uma discussão a respeito dos dados obtidos e da responsabilidade social e ambiental que deve ser desenvolvida principalmente nas empresas durante o exercício de suas atividades.